Firmato digitalmente da
Pietro Maspes
CN = Maspes Pietro
C = IT

Regione Liguria | Comune Magliolo | Comune Rialto | Comune Tovo San Giacomo | Provincia Savona

PARCO EOLICO PIAN DEI BUOI - 8MW

Studio di fattibilità acustica

Risposta alle integrazioni Prot-2025-0179893

Rel. 06.b

Progetto definitivo
Comuni di Magliolo - Rialto - Tovo San Giacomo (SV)
Località Piano dei Buoi
Rev. 00 - Marzo 2025

IL PROGETTISTA

Dott. ing. PIETRO MASPES n. 456 Sezione a - Civile ambientale b - Industriale c - Dell'informazione ORDINE INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SAVONA

Bissi Marco
16.04.2025
11:09:55
GMT+02:00

BH Wind s.r.l.
Via Zara, 5
23100 SONDRIO
tel. +39.0342.211159
fax. +39.0342.517163

www.bissiholding.com - info@bissiholding.com
C.F. - P.Iva. 01055440141
R.E.A. SO - 79322
Con Unico Socio

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Bissi Holding S.p.A.

SOMMARIO

1. Premessa 3
2. Descrizione dell'area oggetto dell'intervento, dell'impianto e individuazione dei ricettori 4
2.1. L'area oggetto dell'intervento 4
2.2. Individuazione dei ricettori 7
3. Caratteristiche del progetto 11
4. Clima acustico ante-operam 13
5. Valutazione impatto acustico dell'impianto 15
Rumore Residuo 16
Emissioni dell'impianto 16
6. Incremento dei livelli sonori dovuti al traffico indotto 25
7. Misure di mitigazione 26
8. Programma dei rilevamenti di verifica 26
9. Conclusioni 28
10. Allegati 29
Allegato A - schede tecniche aerogeneratori utilizzati 30
Allegato B - Descrittori acustici 31
Allegato C - Normativa di riferimento e definizioni 34

1.Premessa

Il sottoscritto **ing. Pietro Maspes**, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Sondrio al n. 456 e Tecnico Competente in Acustica Ambientale (iscrizione ENTECA n. 1918), ha ricevuto incarico dalla società **BH Wind S.r.l.**, con sede in Sondrio, via Zara 5, per la redazione della presente relazione, in ottemperanza a quanto richiesto dalla **Direzione Generale Ambiente** della **Regione Liguria**, nell'ambito del procedimento di Verifica di Assoggettabilità a VIA relativo alla realizzazione del **parco eolico "Pian dei Buoi"**, costituito da due aerogeneratori da 4 MW ciascuno, situati nei Comuni di Magliolo, Rialto e Tovo San Giacomo (SV) – Rif. S1038 (Class./Fasc. 2025/13.17.1.0.0/10).

In particolare, la Regione ha richiesto le seguenti integrazioni alla valutazione previsionale di impatto acustico:

- effettuazione di idonee misure fonometriche presso i recettori individuati, per la caratterizzazione del rumore residuo in fase ante-operam;
- revisione dello "Studio di fattibilità acustica", con ricalcolo dei livelli di immissione sulla base dei valori misurati, sia per il periodo diurno che per quello notturno;
- confronto dei livelli di immissione così ottenuti con i limiti previsti dalla zonizzazione acustica del Comune in cui ricade ciascun recettore;
- inserimento, nello Studio, degli stralci dei Piani di zonizzazione acustica di tutti i Comuni coinvolti;
- individuazione di opportune misure di mitigazione qualora emergessero superamenti dei limiti nei ricettori considerati.

Le valutazioni sono state condotte facendo riferimento sia a misure fonometriche eseguite in loco sia a modelli di propagazione del suono, finalizzati a quantificare l'effettivo impatto dell'impianto sul contesto ambientale. In tale quadro, si è operata una distinzione tra i livelli di rumore residuo e quelli imputabili al nuovo impianto.

La finalità ultima del documento è quella di verificare la compatibilità dell'impianto con il sistema ambientale nel suo complesso.

Il presente studio è stato redatto in conformità con quanto previsto dalla normativa acustica nazionale e regionale, con particolare riferimento a quanto previsto dall'art. 8 della L 447/95, .della R. N. 12/98 e della DGR N. 534/1999 – "Criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della documentazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 2, comma 2, della l.r. 20.3.1998, n. 12."

I dati utilizzati per la redazione della presente relazione sono stati forniti dalla società BH Wind S.r.l. di Sondrio, nell'ambito del procedimento di Verifica di Assoggettabilità a VIA, con particolare riferimento alla documentazione predisposta dallo studio Emmeci del tecnico Massimo Cappellini.

2.Descrizione dell'area oggetto dell'intervento, dell'impianto e individuazione dei ricettori

2.1. L'area oggetto dell'intervento

Il parco eolico sorgerà sul crinale che separa i comuni di Magliolo e Tovo San Giacomo da quello di Rialto, in provincia di Savona. Si tratta di un'area rurale dell'entroterra ligure, molto distante da insediamenti e aree con significativa presenza antropica.

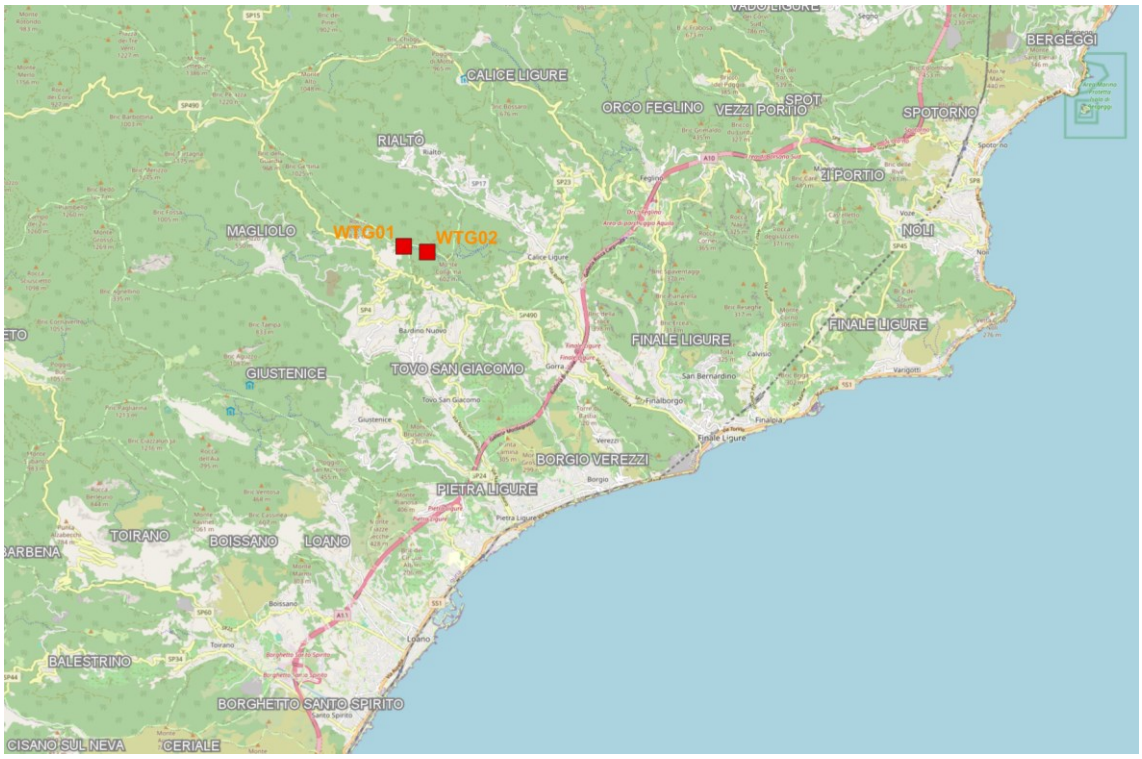


Figura 1: inquadramento dell'area (fonte Openstreetmap)

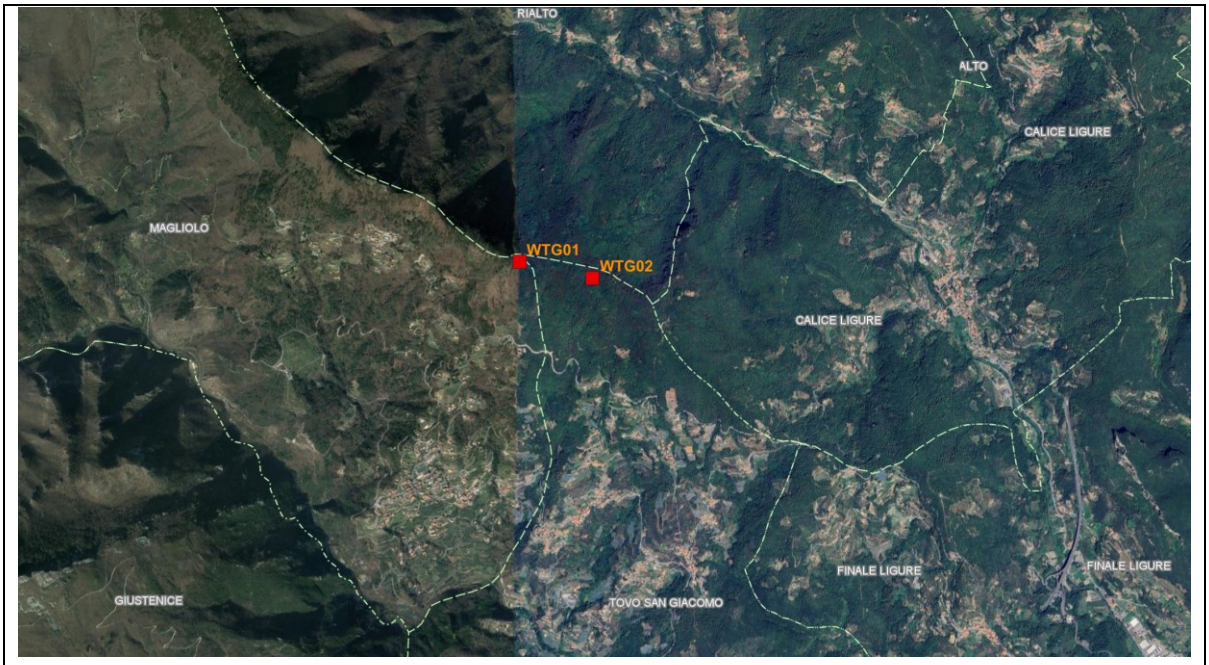


Figura 2: inquadramento da ortofotocarta Google

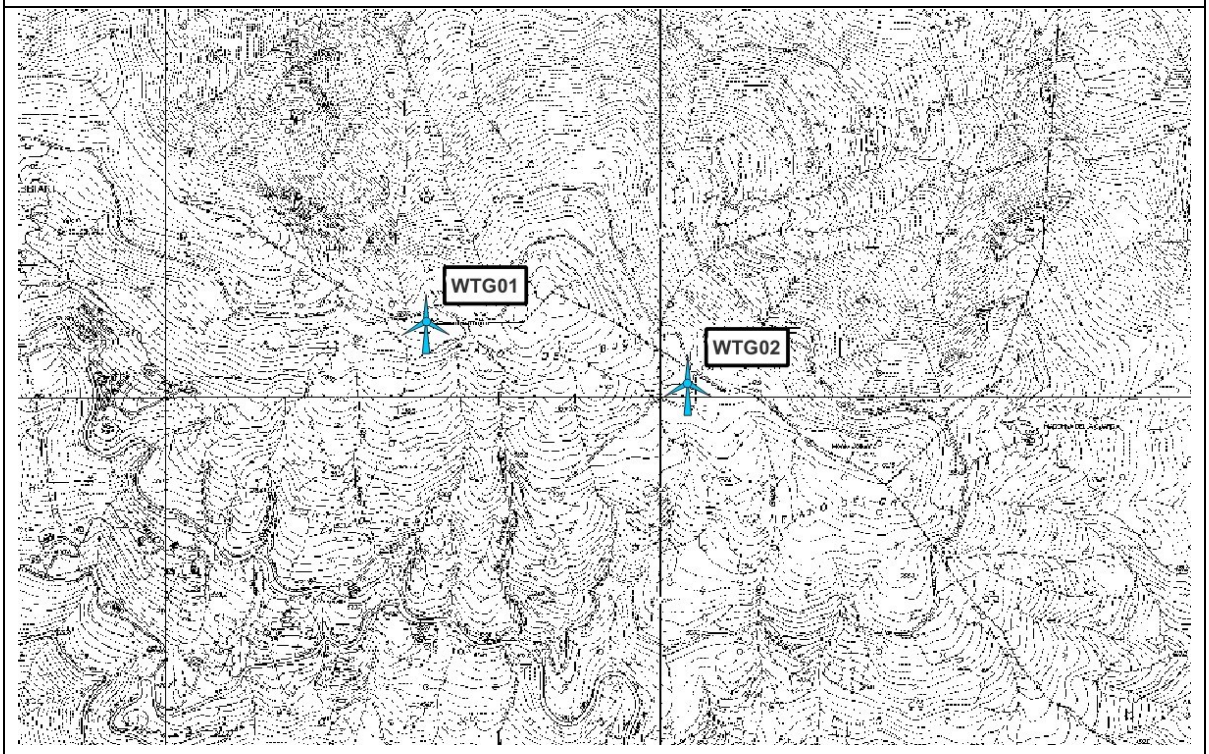


Figura 3: inquadramento su ctr

I Comuni di Calice, Magliolo, Rialto e Tovo San Giacomo sono dotati di una zonizzazione acustica del proprio territorio, dalla quale emerge che l'impianto, essendo collocato in un'area decentrata rispetto alle destinazioni residenziali, ricade in classe I.

Le zonizzazioni disponibili, tuttavia, sono solo in formato cartaceo e non risultano georeferenziate né integrate tra loro, rendendo più complessa un'analisi unitaria e sovrapposta.

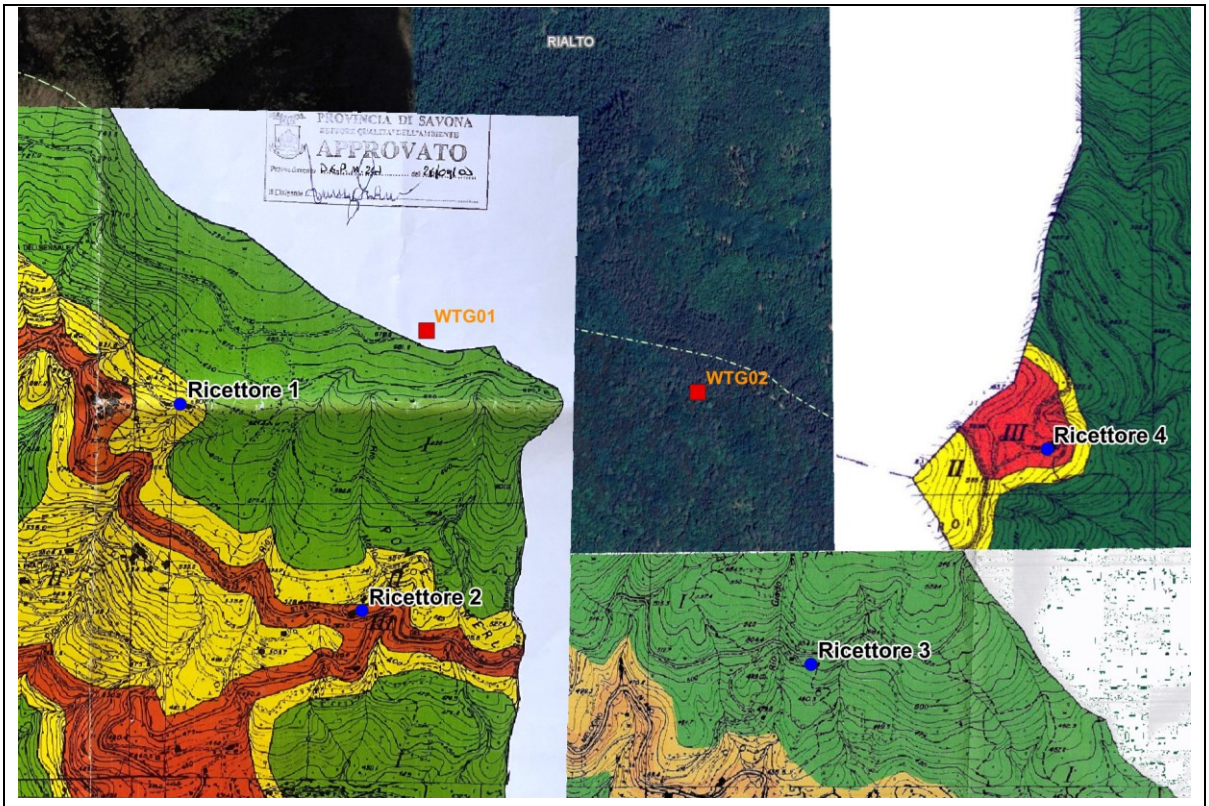


Figura 4: Zonizzazioni acustiche dei territori comunali

Si nota come le classi interessate dall'area di intervento siano la I, la II e la III in relazione alla presenza di infrastrutture viabilistiche (classe III) e di abitati (Classe II).

Si descrivono di seguito le tre classi acustiche identificando le aree interessate.

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."

Limiti assoluti di legge	tempi di riferimento	
	diurno (06:00 – 22:00)	notturno (22:00 – 06:00)
Limite assoluto di emissione	55 dB(A)	45 dB(A)
Limite assoluto di immissione	**60 dB(A)**	**50 dB(A)**
Valori di qualità	57 dB(A)	47 dB(A)

La classe III riguarda una fascia di rispetto delle principali infrastrutture viabilistiche che interessano l'area, con particolare riferimento alla Strada Provinciale SP490. A queste si aggiunge l'area di

pertinenza del Santuario della Madonna della Guardia.

CLASSE II – AREE A PREVALENTE DESTINAZIONE 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."

Limiti assoluti di legge	**tempi di riferimento**	
	diurno (06:00 – 22:00)	**notturno (22:00 – 06:00)**
Limite assoluto di emissione	50 dB(A)	40 dB(A)
Limite assoluto di immissione	55 dB(A)	45 dB(A)
Valori di qualità	52 dB(A)	42 dB(A)

Riguarda gli insediamenti residenziali presenti lungo il versante, una fascia di transizione dalla classe III delle infrastrutture viabilistiche e dal Santuario della Madonna della Guardia.

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."

Limiti assoluti di legge	**tempi di riferimento**	
	diurno (06:00 – 22:00)	**notturno (22:00 – 06:00)**
Limite assoluto di emissione	45 dB(A)	35 dB(A)
Limite assoluto di immissione	50 dB(A)	40 dB(A)
Valori di qualità	47 dB(A)	47 dB(A)

Attiene a tutte le porzioni del versante lontane da insediamenti o da infrastrutture viabilistiche.

2.2. Individuazione dei ricettori

Come anticipato, l'area oggetto di studio è **rurale e in prevalenza boscata**.

Per quanto riguarda l'individuazione dei ricettori, è stato possibile accertare quanto segue:

- **Non sono presenti ricettori sensibili** (quali scuole, ospedali, case di cura, ecc.)

potenzialmente esposti al rumore dell'impianto, poiché i centri abitati dotati di tali funzioni si trovano a notevole distanza.

- Gli **unici ricettori meritevoli di attenzione** sono alcuni edifici sparsi in ambito rurale, costituiti prevalentemente da vecchie cascine o opifici abbandonati.
- Nello specifico, sono stati individuati i seguenti ricettori:
    - **R01** – Edificio residenziale in località Cà Nova, nel Comune di Magliolo;
    - **R02** – Edificio residenziale lungo la Strada Provinciale, sempre nel Comune di Magliolo;
    - **R03** – Rustico abbandonato situato sul versante di Tovo San Giacomo. Pur non trattandosi attualmente di un ricettore attivo, è stato **considerato in via prudenziale**, nell'ipotesi di un possibile futuro recupero a destinazioni che prevedano la permanenza di persone;
    - **R04** – Santuario della Madonna della Guardia.

Nell'immagine che segue sono stati evidenziati i ricettori più esposti, per i quali la verifica del rispetto dei limiti di legge costituisce garanzia anche per la tutela degli altri ricettori eventualmente presenti nell'intorno.

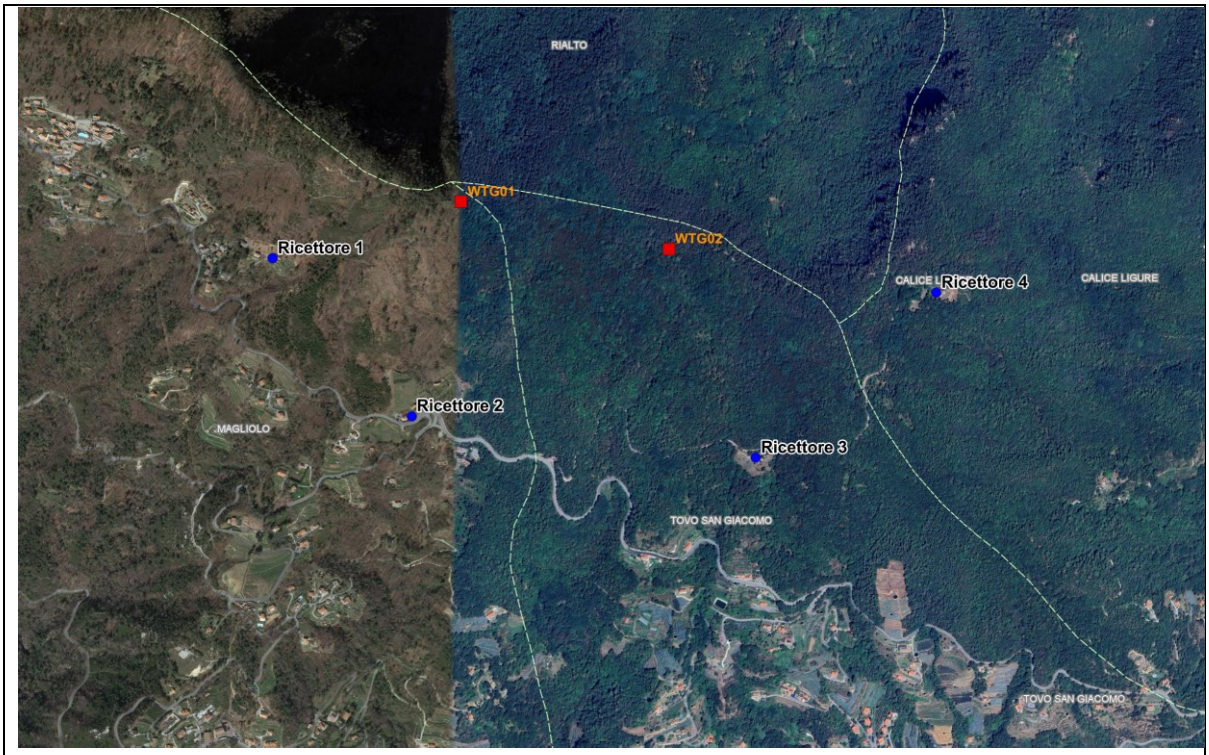
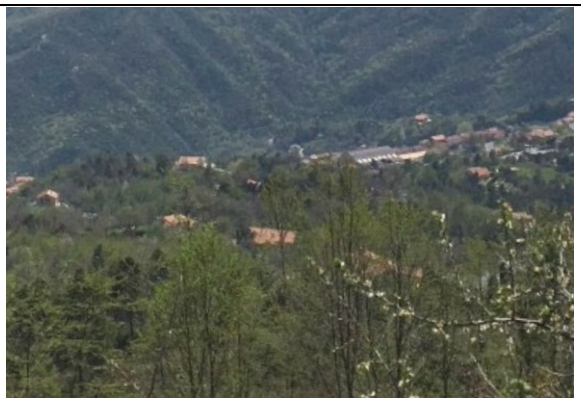
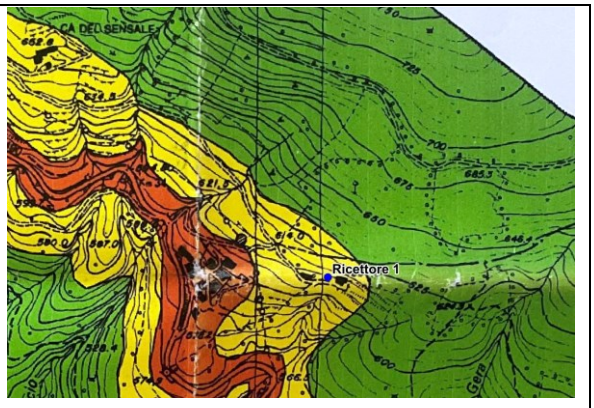


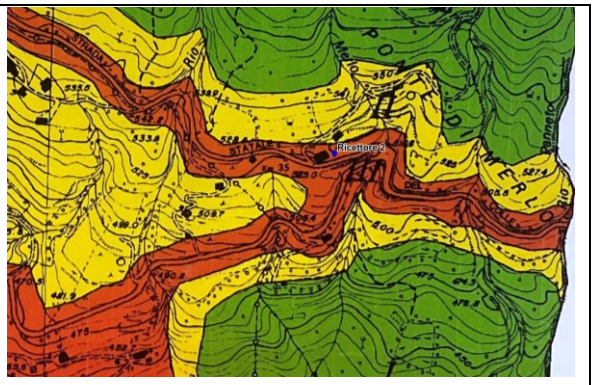
Figura 5: localizzazione ricettori R1, R2, R3 R4

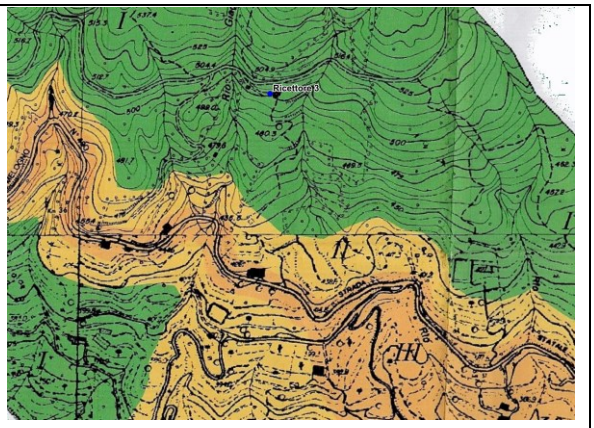


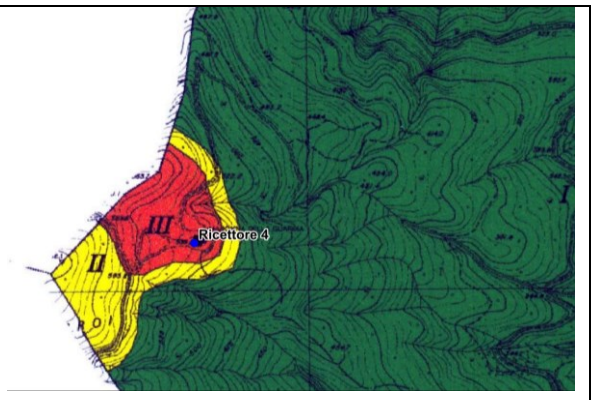
Ricettore 1 - Edificio Residenziale in località Cà Nova a Magliolo



Classe Acustica II

	
Ricettore 2 - Edificio Residenziale lungo Strada Provinciale a Magliolo	Classe Acustica III

	
Ricettore 3 - rustico abbandonato sul versante a Tovo San Giacomo	Classe Acustica I

	
Ricettore 4 - Santuario della Madonna della Guardia	Classe Acustica III

3.Caratteristiche del progetto

Per le caratteristiche delle opere in progetto si rimanda agli elaborati allegati alla Verifica di Assoggettabilità alla VIA.

Il progetto in esame consiste nella realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica caratterizzato da due aerogeneratori, ciascuno con una potenza nominale di 4 MW, posizionati tra i comuni di Magliolo, Rialto e Tovo San Giacomo, tutti in provincia di Savona. La cabina elettrica di consegna è situata nel Comune di Finale Ligure (SV) e sarà collegata alla cabina primaria CP di Finale Ligure attraverso un sistema di interconnessione di tipo ENTRA ESCI.

Il soggetto proponente è la società BH Wind S.r.l. con sede in via Zara 5, Sondrio, operante nel settore delle energie rinnovabili.

L'impianto si trova in Località Pian dei Buoi, al confine tra i Comuni di Magliolo (SV), Rialto (SV) e Tovo San Giacomo (SV), in un'area appartenente all'Appennino Ligure di Ponente, situata tra l'unità di paesaggio Valle Maremola e l'Anfiteatro del Melogno.

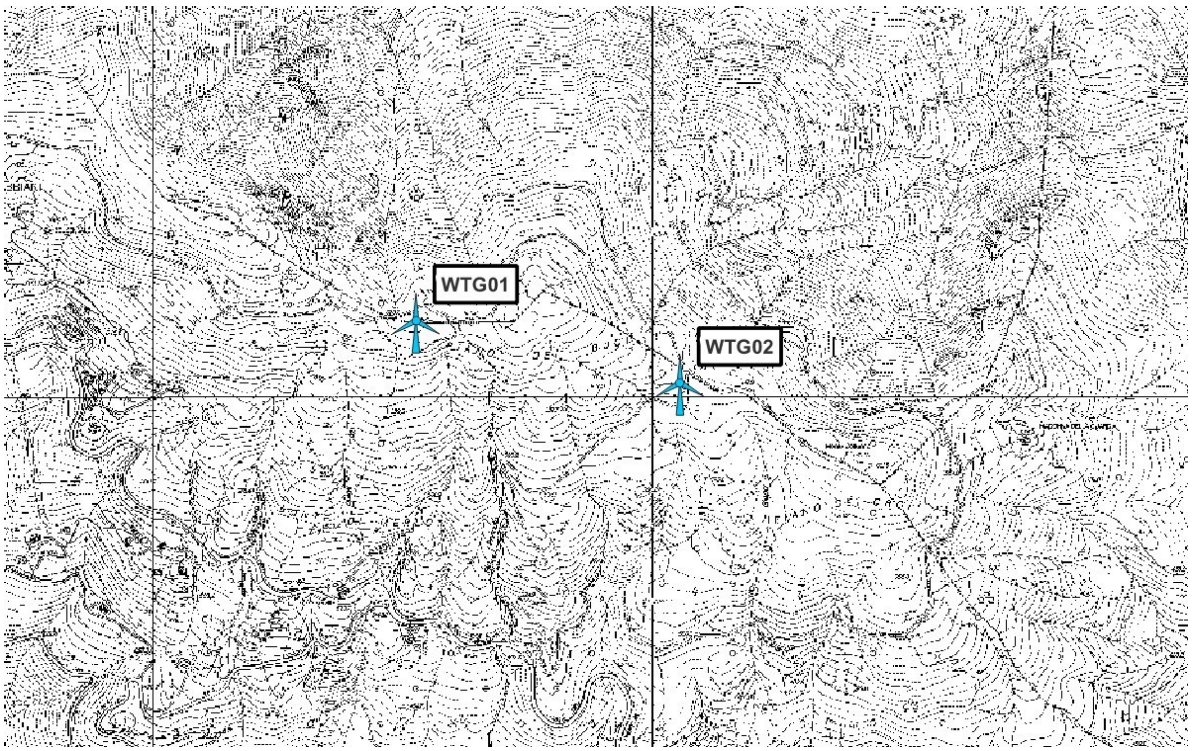


Figura 1 – inquadramento su CTR

Il modello dell'aerogeneratore scelto per la realizzazione dell'impianto è l'ENERCON E138 EP3 – 4.2 MW. Le caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore scelto per il progetto in questione sono state fornite dal committente.

La scelta dell'area di installazione è scaturita dalla conoscenza del territorio e in particolare dagli aspetti principali che hanno guidato il proponente nella definizione del layout proposto:

- Ventosità dell'area dedotta dall'acquisizione di dati metereologici ed in particolare dell'intensità del vento e della sua direzione misurati in sito
- L'area di interesse è circondata da altri impianti eolici attualmente in esercizio
- Assenza di vincoli ostativi all'installazione
- Scarsa antropizzazione
- Facilità di accesso al sito

	WTG01	**WTG02**
Comune di installazione	Rialto	Tovo San Giacomo
Provincia	Savona	Savona
Foglio	21	1
Mappale	302	1
Latitudine WGS84 [°]	44°12'25,22" N	44°12'21,32" N
Longitudine WGS84 [°]	8°15'18,98" E	8°15'42,88" E
Altitudine [m.s.l.m.]	675	622
Modello aerogeneratore	E-138 EP3	E-138 EP3
Potenza nominale [kW]	4.200	4.200
Altezza del mozzo [m]	111	111
Diametro del rotore [m]	138,25	138,25

Coordinate aerogeneratori

Numero di pale	3
Diametro del rotore [m]	138,25
Superficie del rotore [m2]	15.011
Giri nominali [Rpm]	4,4 – 10,8
Velocità cut-in [m/s]	2,5
Velocità cut-off [m/s]	28,0
Materiale	E-glass fibre reinforced epoxy

Caratteristiche aerogeneratori

Nella successiva tabella sono riportati i valori della potenza sonora forniti dalla committenza.

Massimo rumore prodotto dalla macchina a prescindere dalla modalità di funzionamento

WindSpeed	LwaRef
[m/s]	[dB(A)]
5,0	96,3
5,5	97,6
6,0	99,0
6,5	100,5
7,0	101,9
7,5	103,3
8,0	104,7
8,5	105,6
9,0	105,8
9,5	105,9
10,0	105,9
10,5	105,9
11,0	106,0
11,5	106,0
12,0	106,0
12,5	106,0
13,0	106,0
13,5	106,0
14,0	106,0
14,5	106,0
15,0	106,0

Il valore di **106.0** dB corrisponde al livello di potenza sonora massimo raggiungibile in funzione della velocità del vento ammessa per il funzionamento dell'aerogeneratore. Lo si raggiunge per velocità del vento, a 10 m d'altezza, superiori a 11 m/s.

4. Clima acustico ante-operam

Il clima acustico dell'area in cui sorgerà l'impianto è stato valutato mediante una campagna di misure fonometriche, che ha interessato il solo periodo di riferimento diurno (dalle ore 6:00 alle ore 22:00), in relazione agli orari di funzionamento previsti per l'impianto.

I dati acquisiti sono stati forniti direttamente dalla committente BH Wind S.r.l. e derivano da una campagna eseguita dal **P.I. Massimo Cappellini**, iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica Ambientale con il n. 2522.

Tali dati saranno utilizzati anche in fase di monitoraggio, per la valutazione dell'effettivo contributo dell'impianto al clima acustico dell'area.

Le verifiche dei livelli di rumore ambientale, sia assoluto che differenziale, andrebbero idealmente effettuate in ambiente abitativo; tuttavia, non essendo stato possibile accedere alle abitazioni più prossime all'impianto, le misurazioni sono state eseguite in ambiente esterno.

I ricettori sono quelli individuati al precedente capitolo *2.2. Individuazione dei ricettori*:



Di seguito la tabella con i valori residui misurati in periodo di riferimento diurno e notturno:

LIVELLI DI RUMORE RESIDUO MISURATI				
Punto di misura	**Ora**	**LAeq residuo**	**Classe acustica**	**Comune**
Ricettore 1 diurno	14.30	53.0	III	Magliolo
Ricettore 1 notturno	23.30	49.0	III	Magliolo
Ricettore 2 diurno	14.00	56.0	III	Magliolo
Ricettore 2 notturno	23.00	51.0	III	Magliolo
Ricettore 3 diurno	09.30	48.0	I	Tovo San Giacomo
Ricettore 3 notturno	22.30	47.5	I	Tovo San Giacomo
Ricettore 4 diurno	09.00	47.0	III	Calice Ligure
Ricettore 4 notturno	22.00	45.0	III	Calice Ligure

I valori delle misurazioni sono stati utilizzati per la creazione del modello di calcolo sia in periodo di riferimento diurno sia notturno.

5.Valutazione impatto acustico dell'impianto

Per avere una realistica previsione dell' impatto acustico imputabile all'impianto si deve tener conto di numerosi fattori: in primo luogo la topografia della zona, in quanto la propagazione dei suoni è condizionata della morfologia. Un altro dato importante è la localizzazione di ricettori più vicini, identificati nelle abitazioni più prossime all'impianto.

Non si può poi prescindere dal clima acustico proprio del luogo che, nello specifico, risulta influenzato dalla vicinanza di strade caratterizzate da volumi di traffico anche significativi.

In subordine vi sono le attività antropiche che è necessario considerare nel modello, soprattutto in periodo diurno (anche se, al fine di permanere in favore di sicurezza, nel presente modello sono state ignorate).

Per verificare gli effetti della propagazione del rumore dell'impianto si sono fatte delle verifiche mediante il software dedicato CadnA, un sofisticato strumento in grado di simulare tutte le sorgenti sonore tenendo in considerazione i principali parametri che influenzano l'emissione di rumore e la propagazione in ambiente esterno.

Il software utilizza algoritmi di calcolo che permettono di costruire un modello della propagazione del suono tenendo conto della topografia del suolo e di diverse fonti di emissione.

La definizione del modello si articola in 3 fasi:

1. Creazione del modello tridimensionale del contesto.
2. Caratterizzazione acustica del sito.
3. Individuazione dei punti di ricezione.

Il programma restituisce diversi tipi di rappresentazione dei risultati: mappe orizzontali delle curve isofoniche; sezioni verticali delle curve isofoniche; tabelle riassuntive dei livelli puntuali di pressione sonora.

Utilizzando la base cartografica fotogrammetrica regionale si è costruito il modello assegnando livelli di rumore alle fonti principali di emissione in loco, ossia la strada provinciale e i rumori di fondo dell'ambiente naturale.

Si sono fatte delle simulazioni con le condizioni attuali (senza impianto eolico) calibrando il modello sulla base dei valori realmente misurati durante la campagna di fonometrie.

L'operazione naturalmente implica alcune semplificazioni ed astrazioni.

Rumore Residuo

Ai fini della **costruzione del modello del rumore residuo**, sono state considerate le seguenti **sorgenti sonore**:

- Le **Strade Provinciali SP4 e SP490**, modellate alla quota di 1 m dal piano stradale lungo l'intero asse viario, con una **potenza sonora (PWL') pari a 76 dB** nel periodo diurno, ridotta a **73,5 dB** in quello notturno;
- I **raccordi della SP4**, a senso unico di marcia, anch'essi modellati alla quota di 1 m dal piano stradale, con **PWL' pari a 72 dB** di giorno e **68 dB** di notte;
- Il **rumore ambientale diffuso** attribuito a **sorgenti naturali** (vento, fauna, vegetazione), modellato mediante quattro sorgenti puntuali aventi **PWL compresi tra 110 e 120 dB**, posizionate convenzionalmente a 1.000 m di quota.

Va precisato che la ricostruzione del modello acustico a partire da valori misurati comporta inevitabili semplificazioni e astrazioni, per cui i valori riportati sulle tavole allegate possono non coincidere esattamente, al decimale, con i risultati delle misurazioni effettuate sul campo.

Emissioni dell'impianto

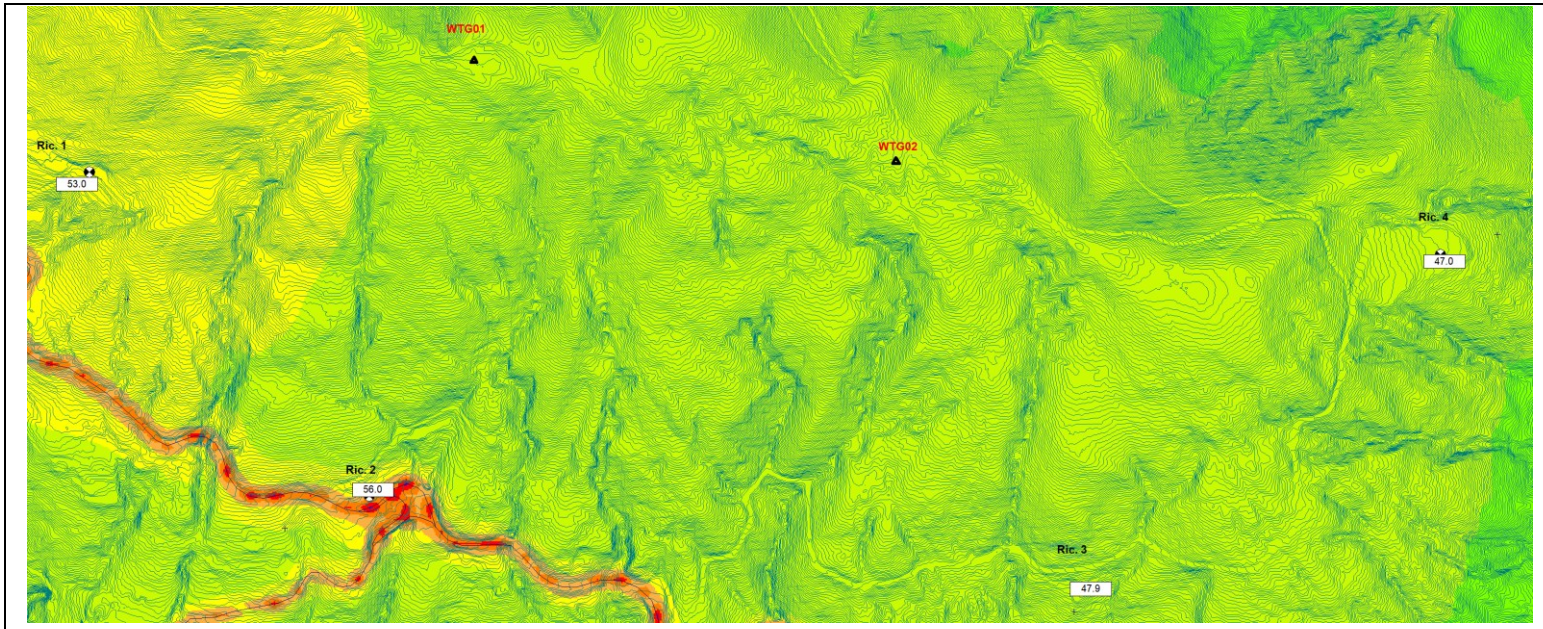
Per quanto attiene alle emissioni dell'impianto, sono state modellate prevedendo 2 sorgenti con **PWL = 106 dB(A)**, pari quindi alla potenza massima erogabile dall'impianto, alla quota di 111 m dal piano di campagna.

Costruzione del modello e verifica dei risultati

Nelle pagine che seguono si riportano gli esiti del modello di calcolo nelle seguenti 6 tavole tematiche:

1. Costruzione del modello sulla scorta dei valori misurati in campo nel periodo diurno e notturno.
2. Trasposizione del modello alla quota di 4 m dal piano di campagna (primo piano edifici).
3. Emissione dovuta ai due aerogeneratori del campo eolico alla quota di 1,5 m e 4,0 dal piano campagna (uguale in periodo diurno e notturno).
4. Rumore Ambientale (Residuo + Emissione) alla quota di 1,5 m dal piano campagna.
5. Rumore Ambientale (Residuo + Emissione) alla quota di 4,0 m dal piano campagna.

Le quote considerate per l'analisi acustica sono 1,5 m e 4,0 m dal piano di campagna, in quanto i ricettori maggiormente esposti risultano svilupparsi per un massimo di due piani fuori terra.



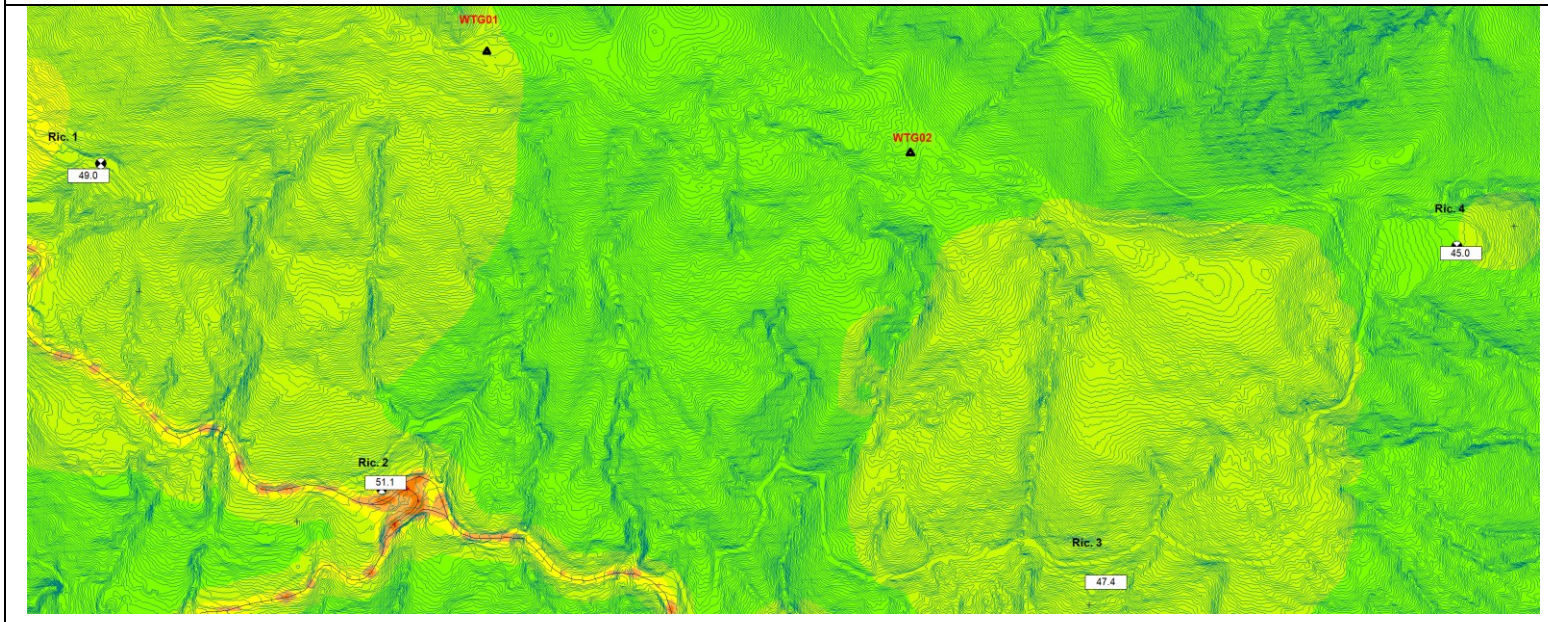
> 30.0 dB
> 35.0 dB
> 40.0 dB
> 45.0 dB
> 50.0 dB
> 55.0 dB
> 60.0 dB
> 65.0 dB
> 70.0 dB
> 75.0 dB
> 80.0 dB

Rumore residuo

Periodo di riferimento:

Diurno

Quota relativa: 1,5 m



Rumore residuo

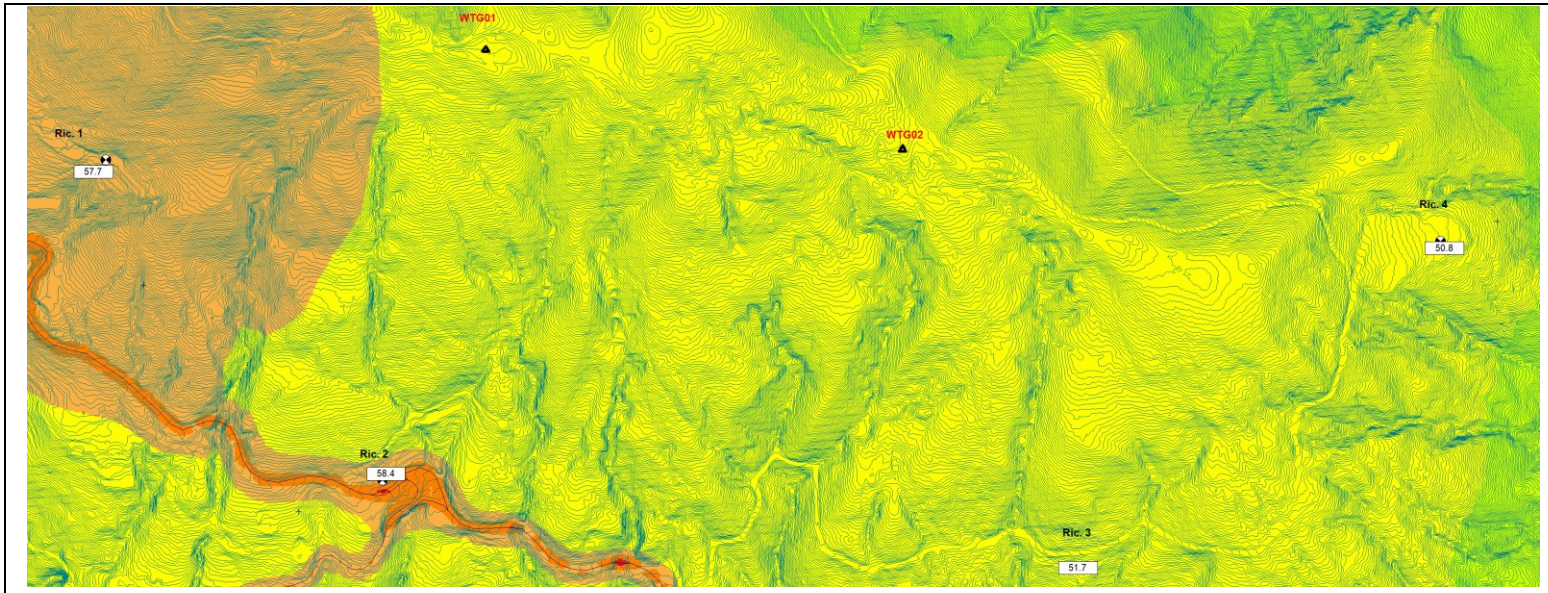
Periodo di riferimento:

Notturno

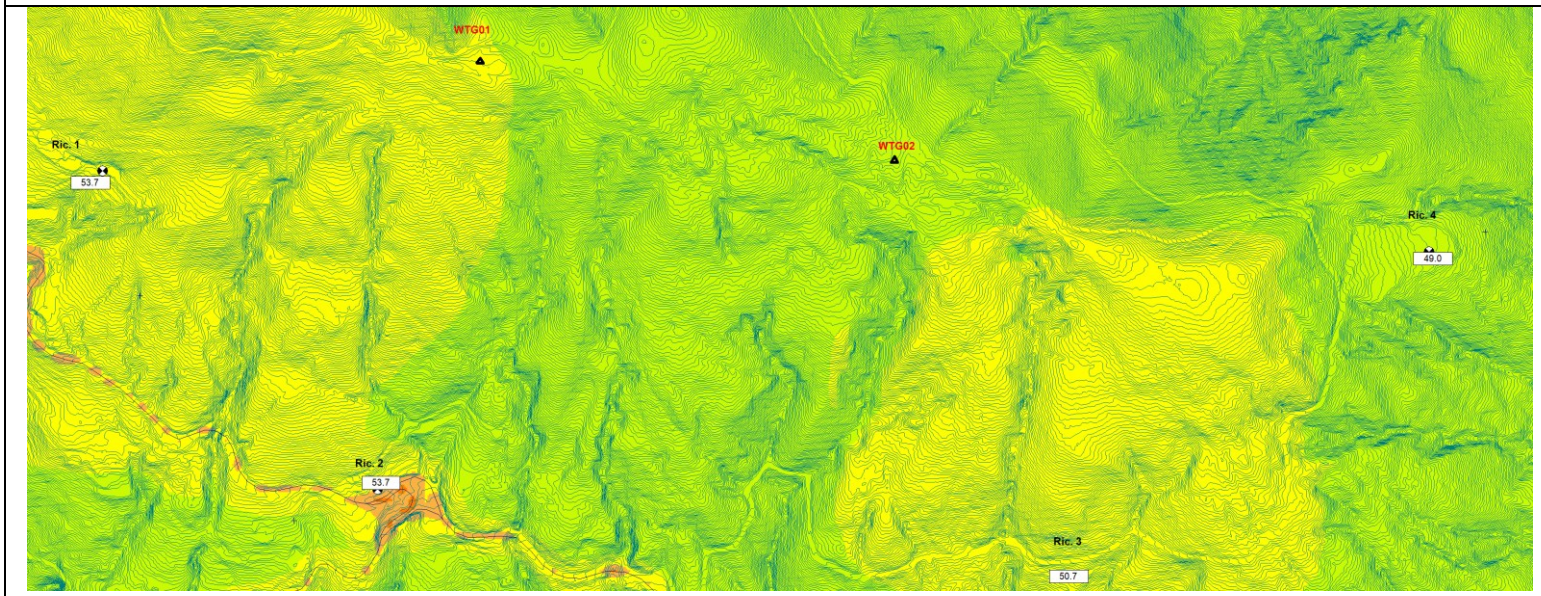
Quota relativa: 1,5 m

Parco eolico Pian dei Buoi

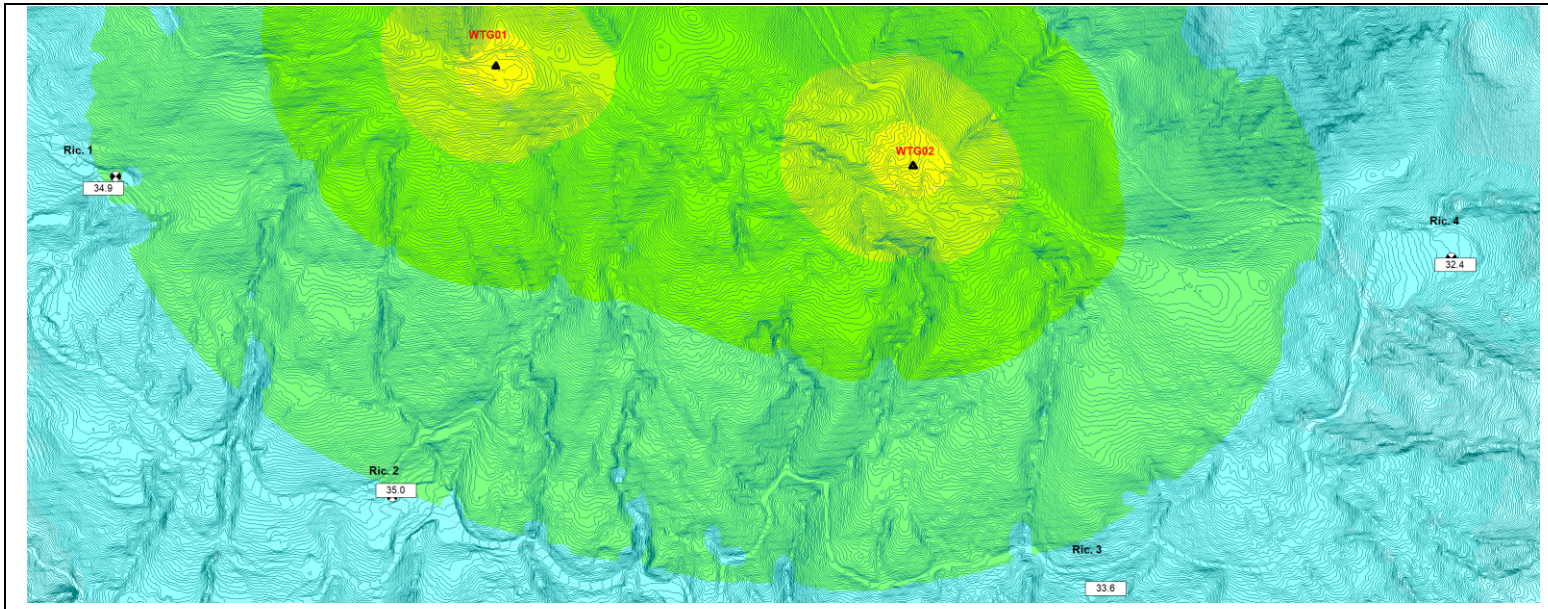
1 - Costruzione del modello sulla scorta dei valori misurati in campo nel periodo diurno e notturno.



> 30.0 dB > 35.0 dB > 40.0 dB > 45.0 dB > 50.0 dB > 55.0 dB > 60.0 dB > 65.0 dB > 70.0 dB > 75.0 dB > 80.0 dB
Rumore residuo **Periodo di riferimento:** **Diurno** **Quota relativa: 4,0 m**



Rumore residuo **Periodo di riferimento:** **Notturno** **Quota relativa: 4,0 m**
Parco eolico Pian dei Buoi 2 – Trasposizione del modello alla quota di 4 m dal piano di campagna (primo piano edifici).



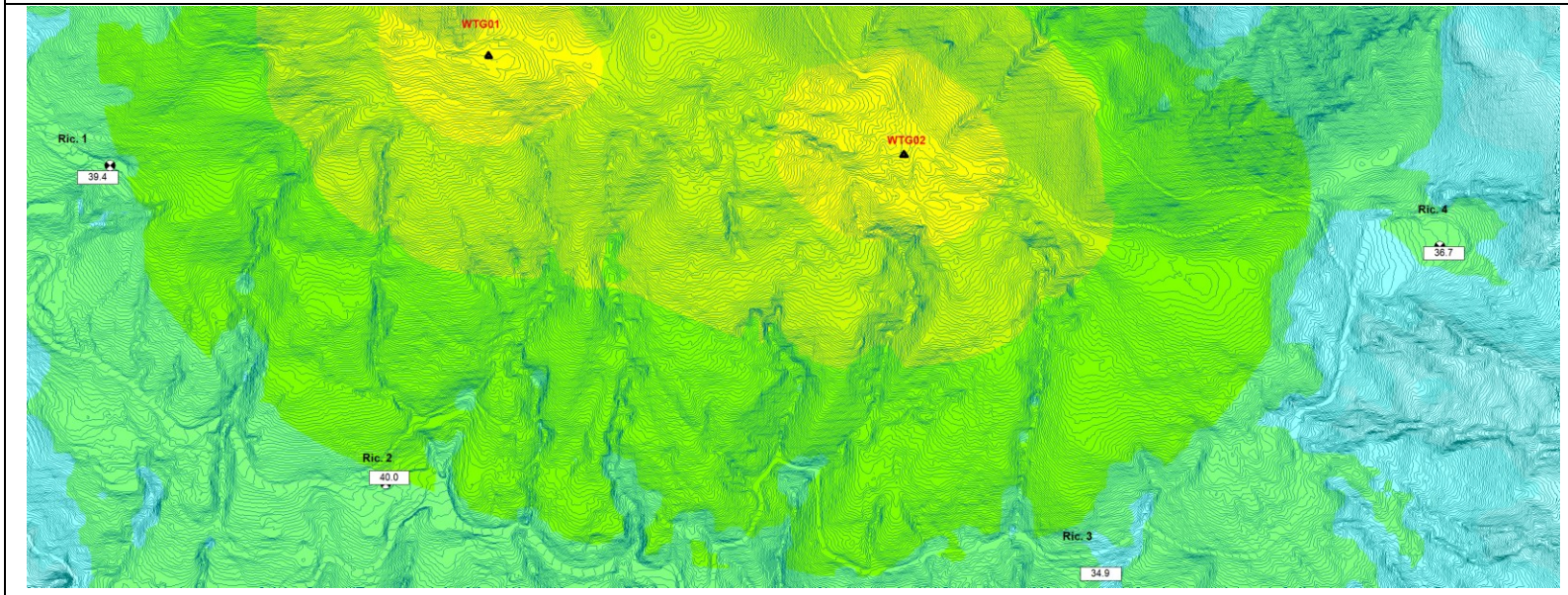
> 30.0 dB
> 35.0 dB
> 40.0 dB
> 45.0 dB
> 50.0 dB
> 55.0 dB
> 60.0 dB
> 65.0 dB
> 70.0 dB
> 75.0 dB
> 80.0 dB

Emissione

Periodo di riferimento:

Diurno e Notturno

Quota relativa: 1,5 m



Emissione

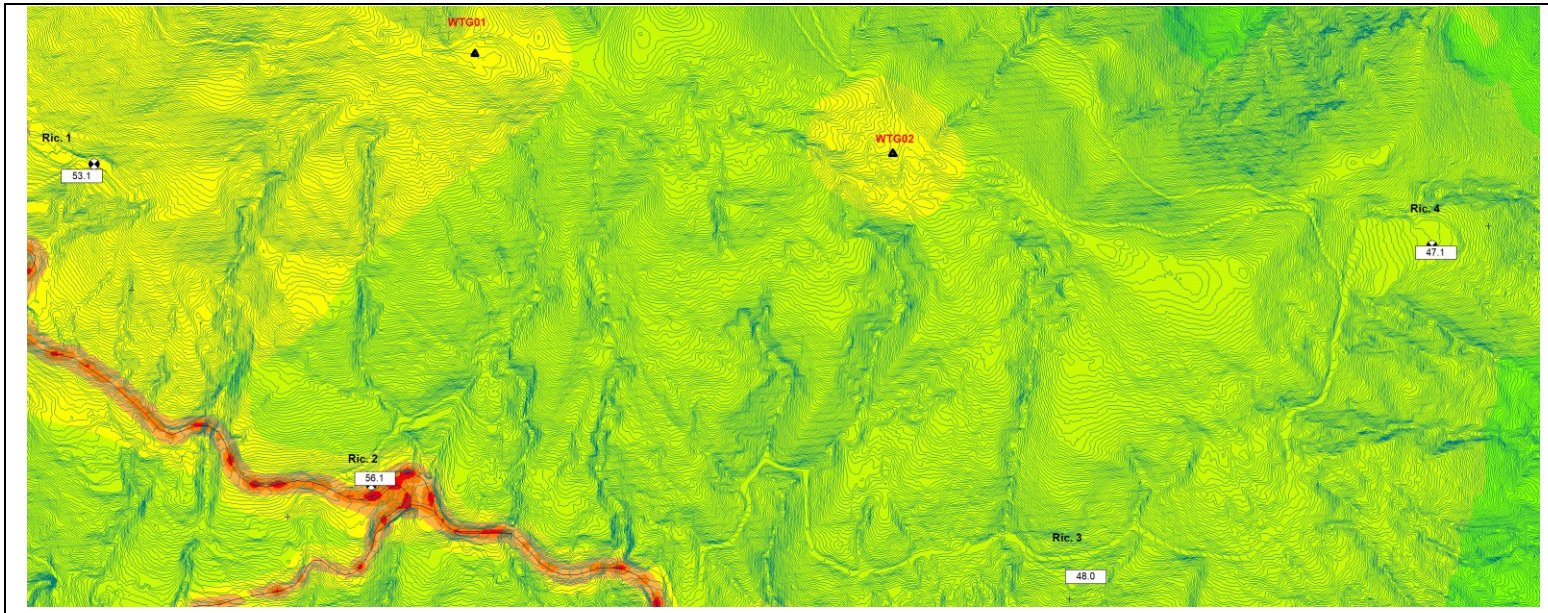
Periodo di riferimento:

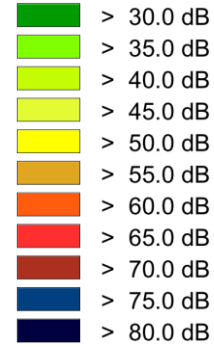
Diurno e Notturno

Quota relativa: 4,0 m

Parco eolico Pian dei Buoi

3 – Emissione dovuta ai due aerogeneratori del campo eolico alla quota di 1,5 m e 4,0 dal piano campagna.



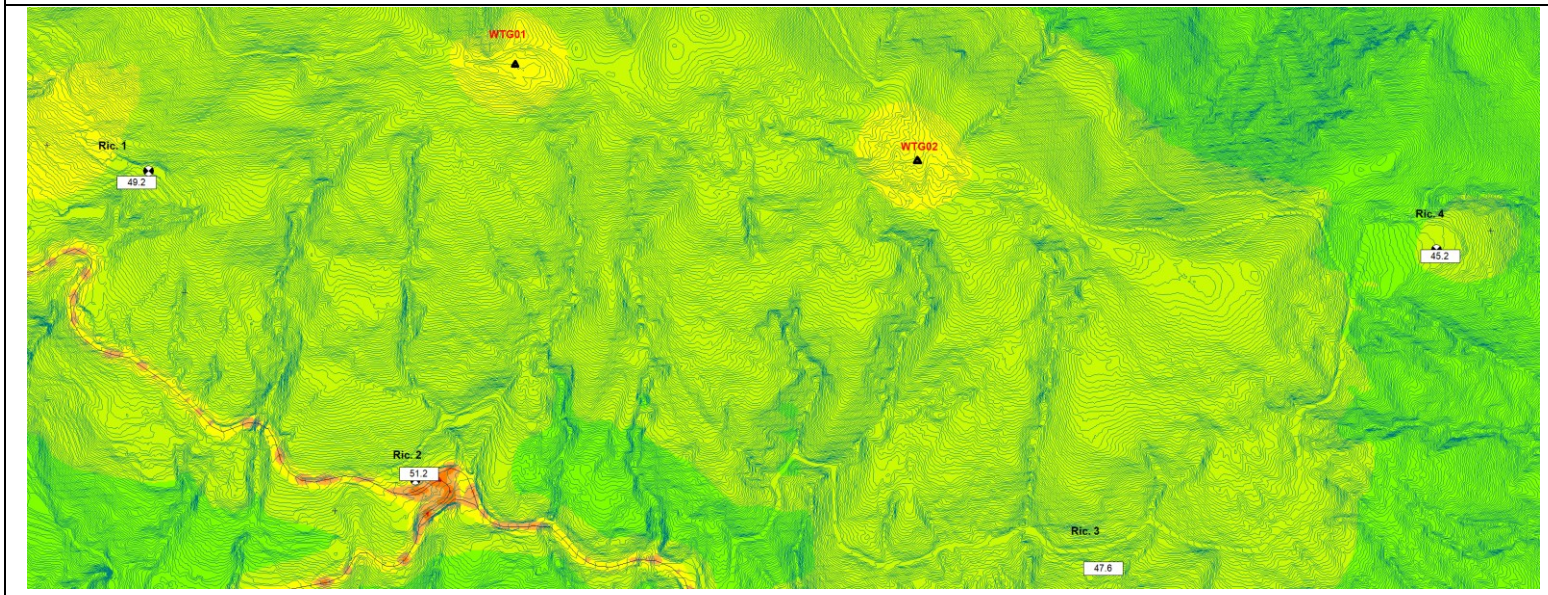


Rumore Ambientale

Periodo di riferimento:

Diurno

Quota relativa: 1,5 m



Rumore Ambientale

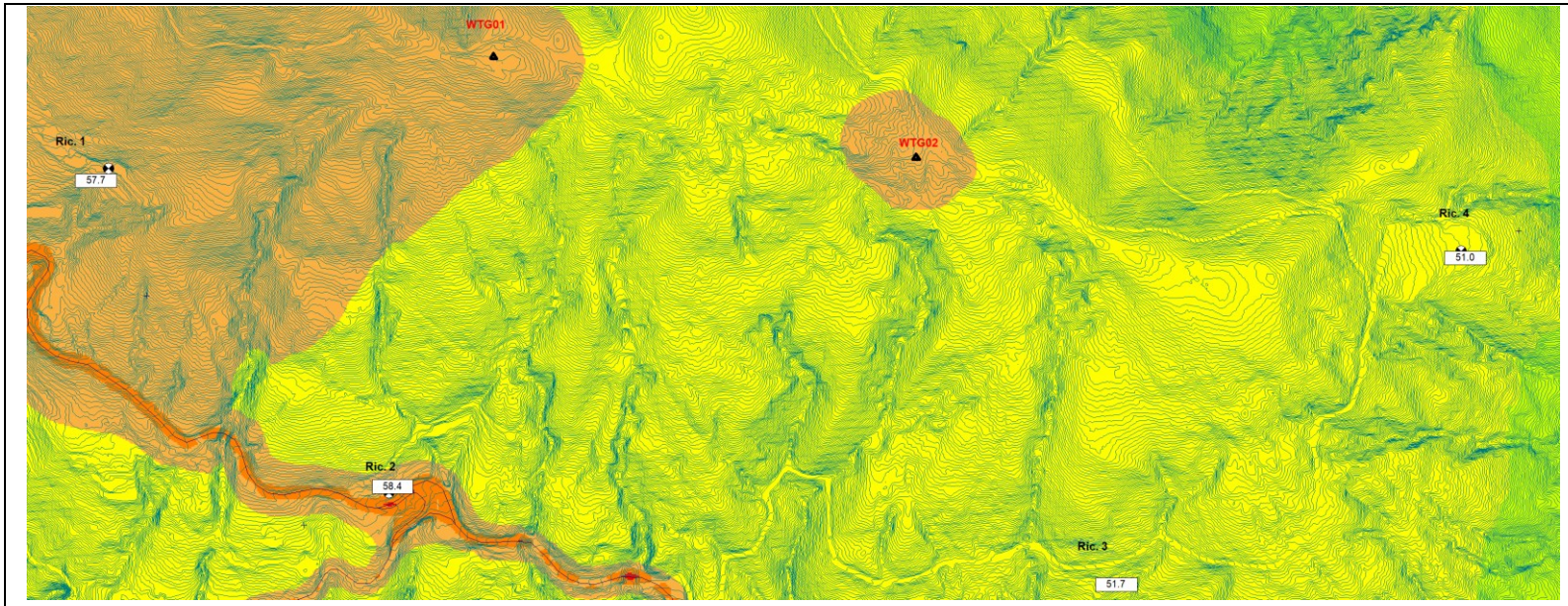
Periodo di riferimento:

Notturno

Quota relativa: 1,5 m

Parco eolico Pian dei Buoi

4 – Rumore Ambientale (Residuo + Emissione) alla quota di 1,5 m dal piano campagna.



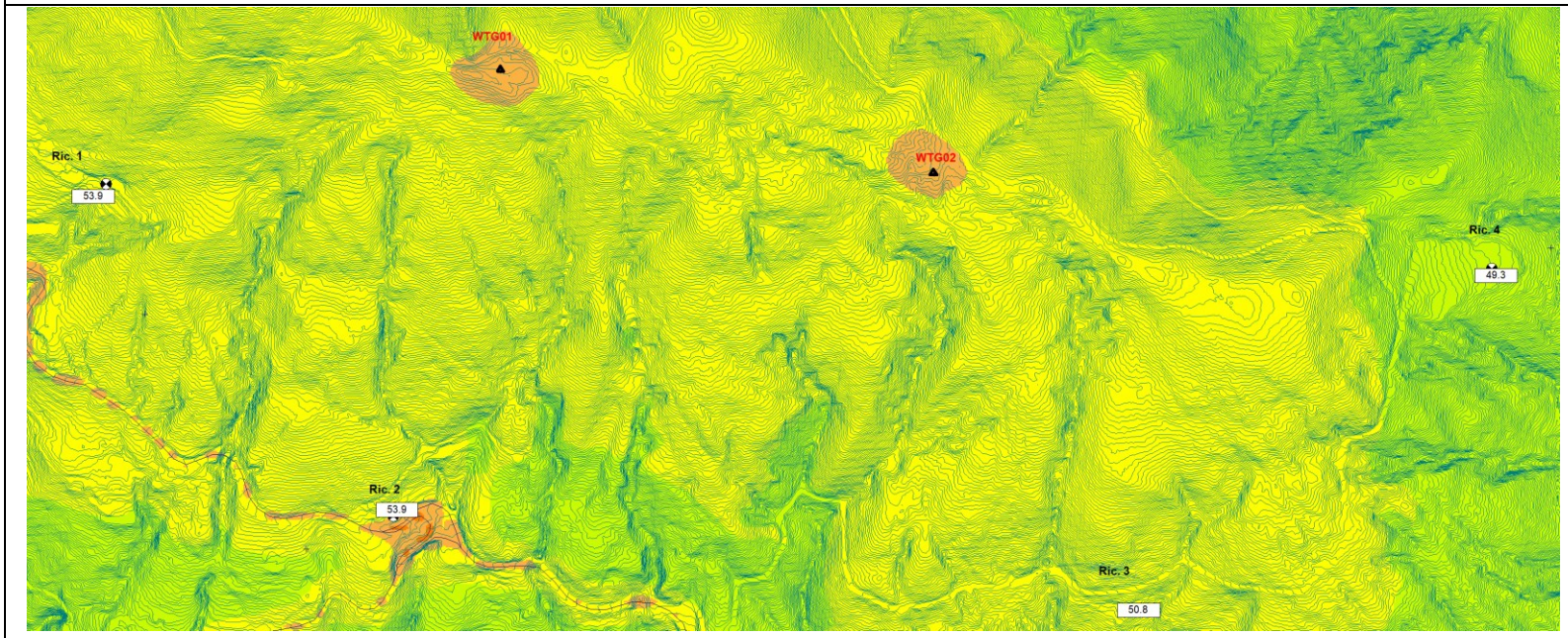
> 30.0 dB
> 35.0 dB
> 40.0 dB
> 45.0 dB
> 50.0 dB
> 55.0 dB
> 60.0 dB
> 65.0 dB
> 70.0 dB
> 75.0 dB
> 80.0 dB

Rumore Ambientale

Periodo di riferimento:

Diurno

Quota relativa: 4,0 m



Rumore Ambientale

Periodo di riferimento:

Notturno

Quota relativa: 4,0 m

Parco eolico Pian dei Buoi

5 – Rumore Ambientale (Residuo + Emissione) alla quota di 4,0 m dal piano campagna.

I **valori restituiti dal modello di propagazione del suono** sono riportati nelle **tabelle sinottiche** che seguono, predisposte per le **quote di 1,5 m e 4,0 m dal piano di campagna**.

Per ciascun ricettore vengono indicati:

- il livello di **rumore residuo**;
- il livello di **emissione dell'impianto**;
- il livello di **rumore ambientale**, inteso come somma di rumore residuo ed emissione.

È inoltre riportata la **classe acustica** assegnata a ciascun ricettore, ai fini della corretta applicazione dei **limiti assoluti di emissione e di immissione** previsti dalla normativa.

Nei tre blocchi successivi, per ogni ricettore, viene verificato:

- il **rispetto dei limiti assoluti di emissione** (*Si*` se rispettato, *No* se non rispettato);
- il **rispetto dei limiti assoluti di immissione** (*Si*` se rispettato, *No* se non rispettato);
- l'**applicabilità del criterio differenziale**, ovvero:
  - *diurno*, se **RA ≥ 50 dB(A)**;
  - *notturno*, se **RA ≥ 40 dB(A)**;
- il **rispetto del criterio differenziale**, inteso come differenza tra rumore ambientale e rumore residuo non superiore a:
  - **5 dB(A)** in periodo diurno;
  - **3 dB(A)** in periodo notturno.

Verifica del rispetto dei limiti di legge alla quota relativa di 1,5 m sul modello digitale

Periodo di riferimento diurno

Ricettore	residuo	Livelli assoluti di emissione	Rumore ambientale	Classe acustica	Δ limiti emissione assoluti			Δ limiti immissione assoluti			Δ limiti immissione differenziali		
					Limite Emiss. Day	Rispettato se >0		Limite Imm. Day	Rispettato se >0		Applicabile se RA > 50	ok se < 5	
	dB(A)	dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)			dB(A)	
R1 - Residenza Cà Nova	53,0	34,9	53,1	II	50	15,1	Sì	55	1,9	Sì	Sì	0,1	Ok
R2 - edifico presso Strada Provinciale	56,0	35,0	56,1	III	55	20,0	Sì	60	3,9	Sì	Sì	0,1	Ok
R3 - Rustico abbandonato	47,9	33,6	48,0	I	45	11,4	Sì	50	2,0	Sì	No	0,1	Ok
R4 - Madonna della Guardia	47,0	32,4	47,1	III	55	22,6	Sì	60	12,9	Sì	No	0,1	Ok

Periodo di riferimento notturno

Ricettore	residuo	Livelli assoluti di emissione	Rumore ambientale	Classe acustica	Δ limiti emissione assoluti			Δ limiti immissione assoluti			Δ limiti immissione differenziali		
					Limite Emiss. Night	Rispettato se >0		Limite Imm. Night	Rispettato se >0		Applicabile se RA > 40	ok se < 3	
	dB(A)	dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)			dB(A)	
R1 - Residenza Cà Nova	49,0	34,9	49,2	II	40	5,1	Sì	45	-4,2	No	Sì	0,2	Ok
R2 - edifico presso Strada Provinciale	51,1	35,0	51,2	III	45	10,0	Sì	50	-1,2	No	Sì	0,1	Ok
R3 - Rustico abbandonato	47,4	33,6	47,6	I	35	1,4	Sì	40	-7,6	No	Sì	0,2	Ok
R4 - Madonna della Guardia	45,0	32,4	45,2	III	45	12,6	Sì	50	4,8	Sì	Sì	0,2	Ok

Commento tecnico ai risultati della verifica alla quota di 1,5 m sul modello digitale

Dall'analisi dei dati riportati in tabella, relativi ai ricettori valutati alla quota di 1,5 metri dal suolo, si osserva quanto segue:

- **Il contributo acustico degli aerogeneratori è trascurabile:**
  In tutti i casi, i livelli di emissione dovuti al campo eolico risultano significativamente inferiori rispetto ai livelli di rumore residuo, con differenze sempre superiori a 10 dB(A) sia nel periodo **diurno** sia in quello **notturno**. Questo comporta che il **rumore ambientale** (che include il contributo dell'impianto) sia pressoché coincidente con il **rumore residuo**, a conferma che la presenza del campo eolico **non modifica in modo percepibile il clima acustico presso i ricettori**.
- **Tutti i limiti di emissione assoluti sono rispettati:**
  Anche nei punti di classe acustica più restrittiva (classe I), i valori di emissione restano ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa. Ciò dimostra la conformità del progetto rispetto alla regolamentazione vigente.
- **I livelli differenziali di immissione sono irrilevanti:**
  Dove applicabile (cioè nei casi in cui il rumore ambientale supera i 50 dB(A) di giorno o i 40 dB(A) di notte), il livello differenziale risulta sempre **inferiore a 0,2 dB(A)**, valore che rientra ampiamente nei limiti di legge (5 dB di giorno, 3 dB di notte). Questo dato conferma ulteriormente l'**assenza di impatto acustico percepibile** da parte dell'impianto.
- **Rumore residuo elevato anche in aree scarsamente antropizzate:**
  In alcuni casi, i livelli di rumore residuo risultano relativamente alti anche presso ricettori isolati o con scarsa presenza umana. Tale circostanza è riconducibile a **sorgenti naturali diffuse** (ad es. fauna selvatica, vento tra la vegetazione), fenomeni acustici noti e compatibili con contesti rurali e naturalistici.
- **Eventuali superamenti dei limiti di immissione non sono imputabili all'impianto:**
  In alcuni ricettori si registra un lieve superamento dei limiti assoluti di immissione, ma ciò è **dovuto esclusivamente al rumore residuo** e **non dipende in alcun modo dall'impianto eolico**, come chiaramente evidenziato dal confronto tra i dati di emissione e i livelli ambientali.
- **Condizioni di misura rappresentative e conservative:**
  Le rilevazioni acustiche sono state eseguite con **velocità del vento inferiori a 5 m/s**, come richiesto dalla normativa per garantire l'attendibilità delle misurazioni. Considerando che l'esercizio a pieno regime degli aerogeneratori avviene con **venti più sostenuti**, è ragionevole ipotizzare che in tali condizioni il rumore residuo ambientale sia **pari o superiore** a quello rilevato. Ne consegue che anche durante il funzionamento a massima potenza, il contributo sonoro dell'impianto continuerà a risultare **acusticamente trascurabile**.

Verifica del rispetto dei limiti di legge alla quota relativa di 4,0 m sul modello digitale

Periodo di riferimento diurno

Ricettore	residuo	Livelli assoluti di emissione	Rumore ambientale	Classe acustica	Δ limiti emissione assoluti			Δ limiti immissione assoluti			Δ limiti immissione differenziali		
					Limite Emiss. Day	Rispettato se ≥0		Limite Imm. Day	Rispettato se ≥0		Applicabile se RA ≥ 50	ok se ≤ 5	
	dB(A)	dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)			dB(A)	
R1 - Residenza Cà Nova	57,7	39,4	57,7	II	50	10,6	Sì	55	-2,7	No	Sì	0,0	Ok
R2 - edifico presso Strada Provinciale	58,4	40,0	58,4	III	55	15,0	Sì	60	1,6	Sì	Sì	0,0	Ok
R3 - Rustico abbandonato	51,7	34,9	51,7	I	45	10,1	Sì	50	-1,7	No	Sì	0,0	Ok
R4 - Madonna della Guardia	50,8	36,7	51,0	III	55	18,3	Sì	60	9,0	Sì	Sì	0,2	Ok

Periodo di riferimento notturno

Ricettore	residuo	Livelli assoluti di emissione	Rumore ambientale	Classe acustica	Δ limiti emissione assoluti			Δ limiti immissione assoluti			Δ limiti immissione differenziali		
					Limite Emiss. Night	Rispettato se ≥0		Limite Imm. Night	Rispettato se ≥0		Applicabile se RA ≥ 40	ok se ≤ 3	
	dB(A)	dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)			dB(A)	
R1 - Residenza Cà Nova	53,7	39,4	53,9	II	40	0,6	Sì	45	-8,9	No	Sì	0,2	Ok
R2 - edifico presso Strada Provinciale	53,7	40,0	53,9	III	45	5,0	Sì	50	-3,9	No	Sì	0,2	Ok
R3 - Rustico abbandonato	50,7	34,9	50,8	I	35	0,1	Sì	40	-10,8	No	Sì	0,1	Ok
R4 - Madonna della Guardia	49,0	36,7	49,3	III	45	8,3	Sì	50	0,7	Sì	Sì	0,3	Ok

Campiti in tinta grigia i ricettori privi di un secondo piano fuori terra (ricettore non presente alla quota di 4 m)

Commento tecnico ai risultati della verifica alla quota di 4,0 m sul modello digitale

L'analisi dei livelli acustici calcolati alla quota di 4 metri evidenzia un comportamento coerente con quanto rilevato alla quota inferiore, confermando la **sostanziale irrilevanza acustica del campo eolico presso i ricettori anche ai piani elevati**. In dettaglio:

- **Assenza di impatto acustico da parte degli aerogeneratori:**
  Anche alla quota di 4 m, il confronto tra i livelli di emissione imputabili all'impianto e i livelli di rumore residuo mostra che **non si registra alcun incremento percepibile** del rumore ambientale. I livelli di **emissione e ambientali coincidono** quasi perfettamente, e le differenze con il rumore residuo sono minime o nulle, dimostrando che la **presenza dell'impianto non altera il clima acustico** percepito ai piani superiori degli edifici.
- **Tutti i limiti di emissione assoluti sono rispettati:**

I valori di emissione rimangono **inferiori ai limiti previsti per ogni classe acustica**, inclusi i ricettori in classe I. Il margine di rispetto è sempre positivo, anche nelle condizioni notturne, confermando la **conformità normativa dell'impianto in ogni scenario orario**.

- **Nessuna criticità nei livelli differenziali di immissione:**
  Nei casi in cui il livello differenziale risulta applicabile (ovvero con residuo ≥ 50 dB(A) di giorno o ≥ 40 dB(A) di notte), i valori restano **ampiamente al di sotto dei limiti di accettabilità** (≤ 5 dB di giorno, ≤ 3 dB di notte). I differenziali osservati sono **estremamente contenuti (≤ 0,3 dB(A))**, a riprova della **piena compatibilità acustica dell'impianto eolico con il contesto ambientale**.
- **Alcuni superamenti dei limiti di immissione non sono riconducibili all'impianto:**
  Come per la quota inferiore, in alcune situazioni i livelli di **rumore residuo superano i limiti assoluti di immissione**, soprattutto nelle ore notturne. Tali superamenti sono **preesistenti** e **non determinati dall'impianto**, come chiaramente indicato dalla differenza nulla o trascurabile tra il rumore ambientale e quello residuo.
- **Validità delle condizioni di misura e considerazioni conservative:**
  Le valutazioni sono state effettuate con **condizioni di vento inferiori a 5 m/s**, limite massimo indicato dalla normativa per garantire l'affidabilità delle misure. Considerando che gli aerogeneratori operano a pieno regime con **venti più forti**, è verosimile che in tali condizioni il **rumore residuo sia maggiore o pari a quello misurato**. Ne consegue che anche nelle condizioni di massimo esercizio dell'impianto, **il contributo acustico resterà irrilevante**.
- **Nota sui ricettori evidenziati:**
  I ricettori evidenziati in grigio non presentano piani elevati o non dispongono di elementi rilevabili a quota 4 m; per tali casi non è stato effettuato il confronto acustico a questa quota.

6.Incremento dei livelli sonori dovuti al traffico indotto

Non è da considerare un significativo aumento di traffico veicolare indotto dall'opera realizzata, essendo previsti solo passaggi occasionali per manutenzione e controllo del corretto funzionamento della centrale eolica.

7.Programma dei rilevamenti di verifica

Al termine della realizzazione dell'impianto sarà necessario effettuare specifici rilevamenti acustici, da condursi nelle diverse condizioni di esercizio, al fine di verificare la corrispondenza tra i dati misurati e le previsioni del modello.
Si ritiene necessario che una prima campagna di rilevamento venga effettuata entro un anno dall'entrata in vigore dell'impianto.
In relazione ai risultati potranno essere programmate misure di verifica ogni 5 – 8 anni di funzionamento.
Verifiche specifiche potranno essere programmate in caso di:

- Modifiche significative all'impianto o al numero di aerogeneratori.
- Segnalazioni di disturbo da parte della popolazione locale.
- Richieste specifiche da parte delle autorità competenti.

Sebbene i risultati del modello previsionale indichino una probabilità molto bassa di necessità di interventi correttivi, qualora dalle verifiche emergessero eventuali criticità, sarà possibile procedere con l'adozione delle opportune misure di mitigazione.

8.Misure di mitigazione

Alla luce di quanto precedentemente esposto, e considerato che l'apporto acustico degli aerogeneratori al clima sonoro percepito presso i ricettori risulta non solo conforme ai limiti normativi vigenti, ma anche **del tutto trascurabile rispetto ai livelli di rumore residuo**, **non si ritiene necessario predisporre alcuna misura di mitigazione**.

In riferimento alla richiesta formulata da ARPAL (nota acquisita dalla Regione Liguria con prot. n. 2025-0129409 del 05/03/2025), si riportano comunque, in via del tutto preliminare e cautelativa, le possibili azioni mitigative che potrebbero eventualmente rendersi necessarie a seguito delle verifiche fonometriche da effettuarsi ad impianto realizzato e in esercizio.
Sulla base dei risultati della presente analisi previsionale, che evidenzia livelli sonori di emissione pienamente compatibili con i limiti normativi vigenti, si ritiene poco probabile il ricorso a misure correttive. Qualora tuttavia dovessero emergere situazioni puntuali di superamento o criticità, si ipotizzano come interventi prioritari misure di tipo leggero e a basso impatto ambientale, preferibilmente basate su

tecniche naturali. Tra queste si segnalano:

- la messa a dimora di siepi in prossimità dei ricettori sensibili;
- la realizzazione di macchie di vegetazione o l'inserimento di elementi boscati nei pressi dei ricettori.

Nel caso tali interventi non fossero sufficienti a garantire adeguati livelli di comfort acustico o risultassero di difficile attuazione per ragioni logistiche o ambientali, si potrà valutare, sempre in corrispondenza dei pochi ricettori potenzialmente più esposti, l'installazione di specifiche barriere fonoisolanti con caratteristiche adeguate al contesto.

Infine, qualora anche queste soluzioni si rivelassero non risolutive, e sempre previo accordo con i proprietari degli edifici interessati, si potranno adottare misure di mitigazione dirette sull'involucro edilizio, quali:

- la posa di serramenti e infissi con prestazioni acustiche superiori a quanto previsto dal DPCM 5/12/1997;
- l'installazione di schermature localizzate a protezione di aree particolarmente esposte.
- Trattamenti fonoassorbenti su superfici esterne o interne: come pannelli per logge, balconi, verande o porticati.

Naturalmente queste azioni si affiancano a quelle inerenti alla corretta gestione e configurazione dell'impianto eolico, come:

- Manutenzione ottimizzata delle pale: l'accumulo di sporcizia può aumentare l'emissione sonora; la manutenzione programmata aiuta a contenerla.
- Trattamenti superficiali delle pale: ad esempio, l'applicazione di serrations (denti posteriori sul bordo d'uscita) o rivestimenti fonoassorbenti per ridurre il rumore aerodinamico.

Le ipotesi sopra indicate costituiscono un primo quadro di riferimento e saranno oggetto di verifica e approfondimento successivo, sulla base delle misurazioni fonometriche in campo e della caratterizzazione puntuale delle eventuali immissioni. Solo a seguito di tali analisi potranno essere progettate e dimensionate in modo appropriato le misure più efficaci e sostenibili, fermo restando quanto anticipato, ossia che si ritiene improbabile che si renda necessario installare specifiche opere di mitigazione.

9.Conclusioni

L'analisi previsionale condotta, mediante modellazione acustica sviluppata su base digitale tridimensionale, ha evidenziato come l'installazione dell'impianto eolico in progetto non comporti alterazioni significative del clima acustico nei pressi dei ricettori sensibili, sia in periodo diurno sia notturno.

In tutti i ricettori considerati, sia alla quota di 1,5 m sia a quella di 4,0 m dal suolo, il contributo acustico degli aerogeneratori risulta del tutto trascurabile, con differenziali inferiori a 0,3 dB(A) e livelli ambientali sostanzialmente coincidenti con quelli residui. I limiti assoluti di emissione risultano ampiamente rispettati, così come i limiti di immissione differenziali, ove applicabili.

In alcuni casi si rilevano superamenti dei limiti assoluti di immissione, riconducibili esclusivamente al rumore residuo preesistente e non imputabili all'impianto. Tali condizioni sono compatibili con il contesto rurale e naturalistico in cui si inserisce il progetto e sono principalmente legate alla presenza di sorgenti sonore naturali (vento, fauna, vegetazione).

Le condizioni di misura e di modellazione, conformi alle indicazioni normative (velocità del vento inferiore a 5 m/s), forniscono un quadro conservativo e rappresentativo del contesto reale. Anche in condizioni di massimo esercizio degli aerogeneratori, è ragionevole ritenere che l'apporto acustico dell'impianto continuerà a rimanere ininfluente.

Infine, si conferma che, una volta realizzato l'impianto, sarà necessario procedere con rilevamenti acustici in campo, finalizzati alla verifica della corrispondenza tra modello previsionale e situazione reale. Qualora emergessero scostamenti significativi o criticità, sarà comunque possibile attuare misure di mitigazione acustica, ancorché al momento ritenute improbabili.

Le classificazioni acustiche attualmente vigenti nei comuni interessati dalla realizzazione dell'impianto risultano piuttosto datate e, in alcuni casi, non pienamente rappresentative dei livelli di rumore residuo rilevati in sito. In considerazione di tali discrepanze, potrebbe essere opportuno procedere a una revisione degli strumenti di classificazione acustica comunale, al fine di renderli più coerenti con l'effettivo clima acustico dell'area.

Sondrio, 11 aprile 2025



Ing. Pietro Maspes
(Tecnico competente in acustica ambientale
D.G.R. Lombardia n° 36 / 8 gennaio 2003)

10.Allegati

- Allegato A - Schede tecniche aerogeneratori utilizzati
- Allegato B - Descrittori acustici
- Allegato C - Normativa di riferimento e definizioni

Allegato A - schede tecniche aerogeneratori utilizzati

Technical data sheet

Power-optimised sound modes

ENERCON E-138 EP3 E3 / 4260 kW wind energy converter with TES (Trailing Edge Serrations)

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

Publisher

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany
Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109
E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Managing Directors: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411
VAT ID no.: DE 181 977 360

Copyright notice

The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.

ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.

The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.

If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.

Registered trademarks

Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.

Reservation of right of modification

ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

Document details

Document ID	D02438336/0.0-en
Note	Original document. Source document of this translation: D02438336/0.0-de/2021-07-26

Date	Language	DCC	Plant/department
2021-07-27	en	DA	WRD Management Support GmbH / Documentation Department

Applicable documents

The titles of the documents listed are the titles of the original language versions, with translations of these titles in brackets where applicable. The titles of superordinate standards and guidelines are indicated in the original language or as an English translation. Document IDs always refer to the original language versions. If the document ID does not contain a revision, the most recent revision of the document applies. This list contains documents concerning optional components if necessary.

Document ID	Title
IEC 61400-12-1:2017	Wind energy generation systems – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines
IEC 61400-11:2012	Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques
-	Power Performance Warranty for ENERCON Wind Energy Converters

Table of contents

1 Available operating modes 6

2 General information 7
2.1 Power Performance 7
2.2 Information on sound power levels 7
2.3 Operating parameters 7
2.4 Site properties 8
2.5 Turbulence intensity 9

3 Operating mode NR I s 11
3.1 Calculated power, cp and ct values – operating mode NR I s 11
3.2 Calculated sound power levels – operating mode NR I s 14

4 Operating mode NR II s 16
4.1 Calculated power, cp and ct values – operating mode NR II s 16
4.2 Calculated sound power levels – operating mode NR II s 19

5 Operating mode NR III s 21
5.1 Calculated power, cp and ct values – operating mode NR III s 21
5.2 Calculated sound power levels – operating mode NR III s 24

List of abbreviations

Abbreviations

HH	Hub height

Variables, units, formulas

L_{WA}	Sound power level
v_H	Wind speed at hub height
v_s	Standardised wind speed
σ_P	Serial product variation
σ_R	Uncertainty in measurement

1 Available operating modes

The following table shows which operating modes are available for which tower versions or hub heights.

Tab. 1: Available operating modes

Operating mode	Tower version and hub height (HH)		
	E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01	E-138 EP3 E3-HST-131-FB-C-01	E-138 EP3 E3-HT-160-ES-C-01
	HH 111 m	HH 131 m	HH 160 m
NR I s	x	x	x
NR II s	x	x	x
NR III s	x	x	x

x = Available

- = Not available

2 General information

In addition to the technical properties of the wind energy converter listed in this document, it is imperative to note the supplement to this document. An overview of the supplements is available to Sales (D0950052 'Übersicht Beiblätter zu den Schall- und Leistungsdatenblättern' (Overview of supplements to the sound and performance data sheets)).

2.1 Power Performance

The power values, power coefficients (c_p values) and thrust coefficients (c_t values) given in this document are predicted values. Based on the current development status of this wind energy converter type, ENERCON considers it sufficiently likely that these values will be reached. The power performance of the wind energy converter is only guaranteed under the conditions described in the document 'Power Performance Warranty for ENERCON Wind Energy Converters'.

2.2 Information on sound power levels

Allocation of the sound power levels (L_{WA}) to the standardised wind speed (v_s) at a height of 10 m is valid only if based on a logarithmic wind shear law with a roughness length of 0.05 m. Allocation of the sound power levels to the wind speed at hub height (v_H) is valid for all hub heights (HH). During measurements, the wind speed is determined based on the power output and the power curve.

Due to uncertainties in sound measurements (σ_R) and series product variations (σ_P), the sound power level values indicated in this document allow for an uncertainty of σ_R = 0.5 dB(A) and σ_P = 1.2 dB(A). The 90 % confidence interval applies:

$$L_{e,max} = L_W + 1{,}28 \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

If, during measurement, the difference between total noise and extraneous noise is less than 6 dB(A), a greater uncertainty should be assumed. The guideline is IEC 61400-11:2012.

The sound power levels are calculated for the conditions stated in tab. 2, p. 8. A prevailing turbulence intensity distribution of 6 % to 12 % is assumed.

This data sheet does not constitute a warranty of compliance with project-specific or site-specific sound power levels.

2.3 Operating parameters

The settings of the wind energy converter's reactive power generation and wind farm open-loop and closed-loop control systems influence the power performance. The calculated power curves, c_p and c_t curves listed in this document apply only to operation without limitations.

2.4 Site properties

The power, c_p and c_t curves and sound power levels listed in this document have been calculated for the conditions described in tab. 2, p. 8 with undamaged leading edges and clean rotor blades. The calculations are based on experience with wind energy converters in a wide variety of locations.

Tab. 2: Site conditions

Parameter	Value (10-minute mean)
Standard air density	1.225 kg/m^3
Relative air humidity	70 %
Temperature	15 °C
Turbulence intensity	According to ch. 2.5, p. 9
Wind shear exponent	0.0 to 0.3
Maximum difference of wind direction between upper and lower blade tip	10°
Maximum flow inclination	±2°
Terrain	According to IEC 61400-12-1:2017
Snow/ice	No
Rain	No

Otherwise, the framework conditions according to IEC 61400-12-1:2017 apply.

2.5 Turbulence intensity

The table below defines the range of validity for the power curves, c_p and c_t curves with regard to the turbulence intensities that may prevail on site. See tab. 2, p. 8 for further restrictions.

Tab. 3: Turbulence intensity

Wind speed in m/s	Lower limit of turbulence intensity in %	Upper limit of turbulence intensity in %
0.00	20.00	40.00
0.50	20.00	40.00
1.00	20.00	40.00
1.50	20.00	40.00
2.00	20.00	40.00
2.50	20.00	40.00
3.00	18.32	34.02
3.50	16.45	30.55
4.00	15.05	27.95
4.50	13.96	25.93
5.00	13.09	24.31
5.50	12.38	22.99
6.00	11.78	21.88
6.50	11.28	20.95
7.00	10.85	20.15
7.50	10.48	19.46
8.00	10.15	18.85
8.50	9.86	18.31
9.00	9.61	17.84
9.50	9.38	17.41
10.00	9.17	17.03
10.50	8.98	16.68
11.00	8.81	16.37
11.50	8.66	16.08
12.00	8.52	15.82
12.50	8.39	15.57
13.00	8.27	15.35
13.50	8.15	15.14
14.00	8.05	14.95
14.50	7.95	14.77
15.00	7.86	14.60

Wind speed in m/s	Lower limit of turbulence intensity in %	Upper limit of turbulence intensity in %
15.50	7.78	14.45
16.00	7.70	14.30
16.50	7.63	14.16
17.00	7.56	14.03
17.50	7.49	13.91
18.00	7.43	13.79
18.50	7.37	13.69
19.00	7.31	13.58
19.50	7.26	13.48
20.00	7.21	13.39
20.50	7.16	13.30
21.00	7.12	13.22
21.50	7.07	13.14
22.00	7.03	13.06
22.50	6.99	12.99
23.00	6.95	12.92
23.50	6.92	12.85
24.00	6.88	12.78
24.50	6.85	12.72
25.00	6.82	12.66
25.50	6.79	12.60
26.00	6.76	12.55
26.50	6.73	12.50
27.00	6.70	12.45
27.50	6.68	12.40
28.00	6.65	12.35

3 Operating mode NR I s

3.1 Calculated power, cp and ct values – operating mode NR I s

Tab. 4: Calculated power, c_p and c_t values for E-138 EP3 E3 / 4260 kW – operating mode NR I s

Wind speed v in m/s	Power P in kW	c_p value	c_t value
0.00	0	0.00	0.00
0.50	0	0.00	0.00
1.00	0	0.00	0.00
1.50	0	0.00	0.00
2.00	2	0.03	0.77
2.50	19	0.13	1.05
3.00	69	0.28	1.04
3.50	146	0.37	0.97
4.00	250	0.43	0.94
4.50	383	0.46	0.92
5.00	540	0.47	0.90
5.50	729	0.48	0.89
6.00	952	0.48	0.89
6.50	1210	0.48	0.88
7.00	1501	0.48	0.86
7.50	1818	0.47	0.83
8.00	2152	0.46	0.79
8.50	2489	0.44	0.75
9.00	2815	0.42	0.69
9.50	3117	0.40	0.64
10.00	3383	0.37	0.58
10.50	3604	0.34	0.53
11.00	3777	0.31	0.48
11.50	3903	0.28	0.43
12.00	3990	0.25	0.38
12.50	4046	0.23	0.34
13.00	4080	0.20	0.30
13.50	4080	0.18	0.27
14.00	4080	0.16	0.24
14.50	4080	0.15	0.21

Wind speed v in m/s	Power P in kW	c_p value	c_t value
15.00	4080	0.13	0.19
15.50	4080	0.12	0.17
16.00	4080	0.11	0.16
16.50	4080	0.10	0.14
17.00	4080	0.09	0.13
17.50	4080	0.08	0.12
18.00	4080	0.08	0.11
18.50	4080	0.07	0.10
19.00	4080	0.07	0.10
19.50	4080	0.06	0.09
20.00	4080	0.06	0.08
20.50	4078	0.05	0.08
21.00	4032	0.05	0.07
21.50	3960	0.04	0.07
22.00	3855	0.04	0.06
22.50	3710	0.04	0.06
23.00	3526	0.03	0.05
23.50	3304	0.03	0.05
24.00	3049	0.02	0.04
24.50	2774	0.02	0.04
25.00	2249	0.02	0.03
25.50	1950	0.01	0.02
26.00	1666	0.01	0.02
26.50	1397	0.01	0.02
27.00	1149	0.01	0.01
27.50	928	0.01	0.01
28.00	787	0.00	0.01

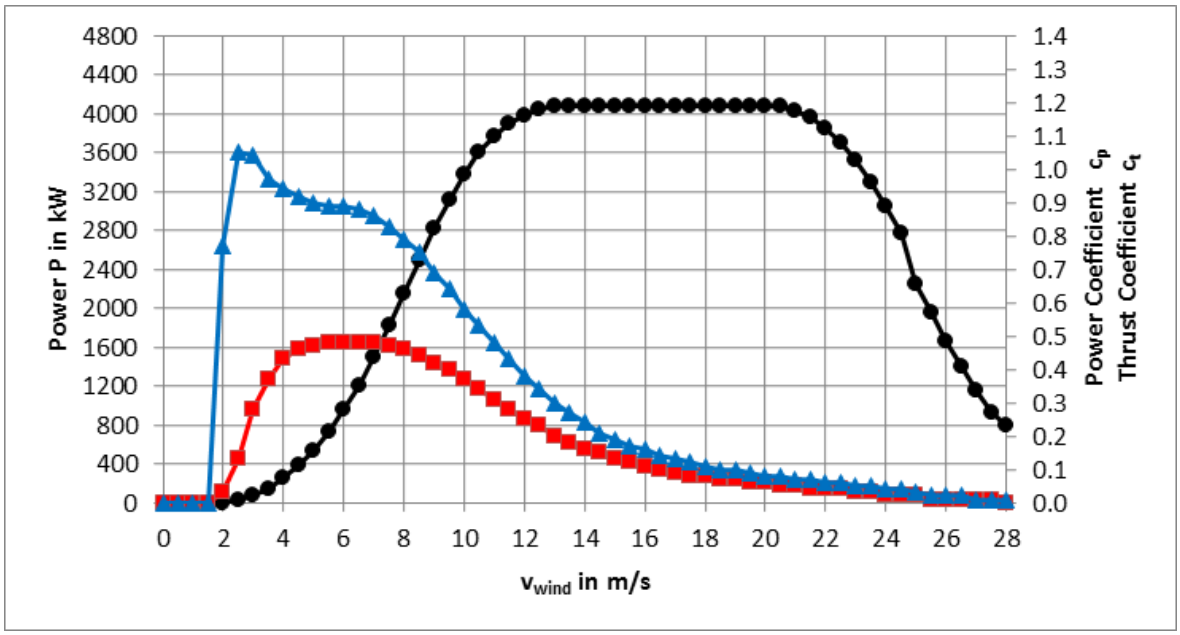


Fig. 1: Power, c_p and c_t curves for E-138 EP3 E3 / 4260 kW – operating mode NR I s

	Power P in kW
	c_t value
	c_p value

3.2 Calculated sound power levels – operating mode NR I s

In operating mode NR I s the wind energy converter operates in a power-optimised mode. The highest expected sound power level is 105.0 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described inch. 2.2, p. 7. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 5: Technical specifications

Parameter	Value	Unit
Nominal power (P_n)	4080	kW
Nominal wind speed	13.0	m/s
Minimum operating speed		
■ E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01	4.4	rpm
■ E-138 EP3 E3-HST-131-FB-C-01	4.4	rpm
■ E-138 EP3 E3-HT-160-ES-C-01	4.4	rpm
Speed setpoint	10.6	rpm

Tab. 6: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed v_s at a height of 10 m

v_s at a height of 10 m	Sound power level in dB(A)		
	HH 111 m	HH 131 m	HH 160 m
3 m/s	94.8	94.9	95.2
3.5 m/s	96.5	96.8	97.2
4 m/s	98.5	98.8	99.3
4.5 m/s	100.6	101.0	101.5
5 m/s	102.7	103.1	103.6
5.5 m/s	104.6	104.7	104.9
6 m/s	105.0	105.0	105.0
6.5 m/s	105.0	105.0	105.0
7 m/s	105.0	105.0	105.0
7.5 m/s	105.0	105.0	105.0
8 m/s	105.0	105.0	105.0
8.5 m/s	105.0	105.0	105.0
9 m/s	105.0	105.0	105.0
9.5 m/s	105.0	105.0	105.0
10 m/s	105.0	105.0	105.0
10.5 m/s	105.0	105.0	105.0
11 m/s	105.0	105.0	105.0
11.5 m/s	105.0	105.0	105.0
12 m/s	105.0	105.0	105.0

v_s at a height of 10 m	Sound power level in dB(A)		
	HH 111 m	HH 131 m	HH 160 m
95 % P_n	105.0	105.0	105.0

Tab. 7: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height v_H

v_H	Sound power level in dB(A)
5 m/s	96.3
5.5 m/s	97.6
6 m/s	99.0
6.5 m/s	100.5
7 m/s	101.9
7.5 m/s	103.3
8 m/s	104.6
8.5 m/s	105.0
9 m/s	105.0
9.5 m/s	105.0
10 m/s	105.0
10.5 m/s	105.0
11 m/s	105.0
11.5 m/s	105.0
12 m/s	105.0
12.5 m/s	105.0
13 m/s	105.0
13.5 m/s	105.0
14 m/s	105.0
14.5 m/s	105.0
15 m/s	105.0

4 Operating mode NR II s

4.1 Calculated power, cp and ct values – operating mode NR II s

Tab. 8: Calculated power, c_p and c_t values for E-138 EP3 E3 / 4260 kW – operating mode NR II s

Wind speed v in m/s	Power P in kW	c_p value	c_t value
0.00	0	0.00	0.00
0.50	0	0.00	0.00
1.00	0	0.00	0.00
1.50	0	0.00	0.00
2.00	2	0.03	0.77
2.50	19	0.13	1.05
3.00	69	0.28	1.04
3.50	146	0.37	0.97
4.00	250	0.43	0.94
4.50	383	0.46	0.92
5.00	540	0.47	0.90
5.50	729	0.48	0.89
6.00	951	0.48	0.88
6.50	1205	0.48	0.87
7.00	1485	0.47	0.84
7.50	1782	0.46	0.80
8.00	2084	0.44	0.75
8.50	2379	0.42	0.69
9.00	2658	0.40	0.64
9.50	2915	0.37	0.58
10.00	3146	0.34	0.52
10.50	3346	0.32	0.47
11.00	3512	0.29	0.43
11.50	3642	0.26	0.39
12.00	3737	0.24	0.35
12.50	3804	0.21	0.31
13.00	3849	0.19	0.28
13.50	3870	0.17	0.25
14.00	3870	0.15	0.22
14.50	3870	0.14	0.20

Wind speed v in m/s	Power P in kW	c_p value	c_t value
15.00	3870	0.13	0.18
15.50	3870	0.11	0.16
16.00	3870	0.10	0.15
16.50	3870	0.09	0.14
17.00	3870	0.09	0.12
17.50	3870	0.08	0.11
18.00	3870	0.07	0.11
18.50	3870	0.07	0.10
19.00	3870	0.06	0.09
19.50	3870	0.06	0.08
20.00	3870	0.05	0.08
20.50	3870	0.05	0.07
21.00	3862	0.05	0.07
21.50	3813	0.04	0.06
22.00	3738	0.04	0.06
22.50	3628	0.04	0.05
23.00	3480	0.03	0.05
23.50	3294	0.03	0.05
24.00	3070	0.02	0.04
24.50	2825	0.02	0.04
25.00	2317	0.02	0.03
25.50	2015	0.01	0.02
26.00	1729	0.01	0.02
26.50	1456	0.01	0.02
27.00	1202	0.01	0.01
27.50	975	0.01	0.01
28.00	828	0.00	0.01

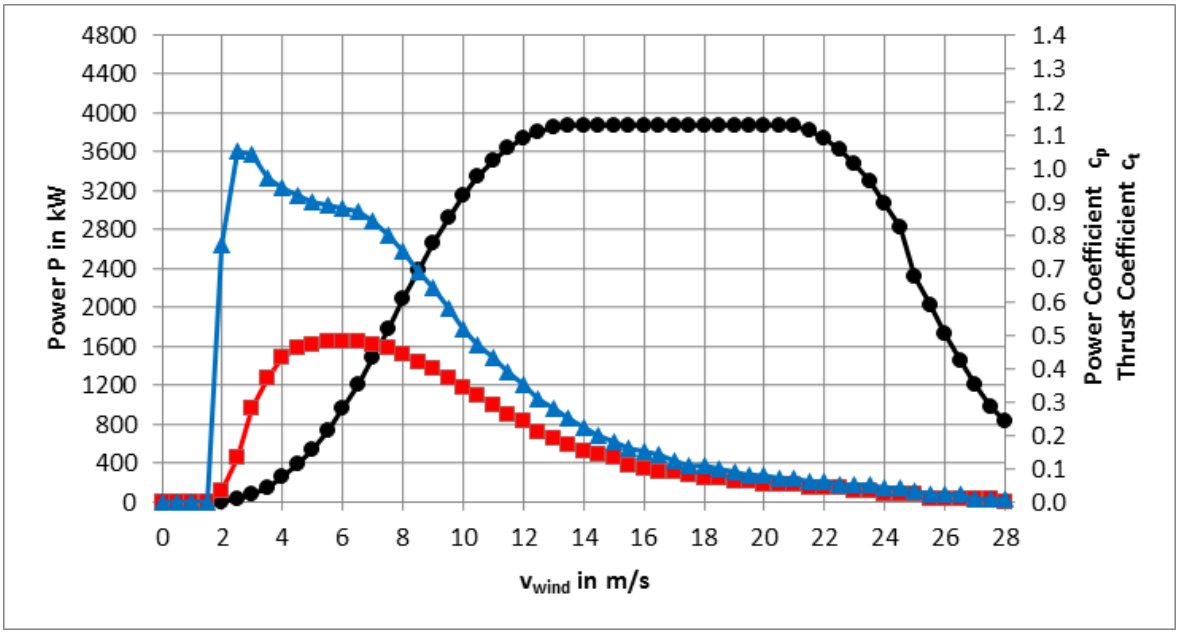


Fig. 2: Power, c_p and c_t curves for E-138 EP3 E3 / 4260 kW – operating mode NR II s

◆—◆—◆	Power P in kW
▲—▲—▲	c_t value
■—■—■	c_p value

4.2 Calculated sound power levels – operating mode NR II s

In operating mode NR II s the wind energy converter operates in a power-optimised mode. The highest expected sound power level is 104.0 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in ch. 2.2, p. 7. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 9: Technical specifications

Parameter	Value	Unit
Nominal power (P_n)	3870	kW
Nominal wind speed	13.5	m/s
Minimum operating speed		
■ E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01	4.4	rpm
■ E-138 EP3 E3-HST-131-FB-C-01	4.4	rpm
■ E-138 EP3 E3-HT-160-ES-C-01	4.4	rpm
Speed setpoint	10.1	rpm

Tab. 10: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed v_s at a height of 10 m

v_s at a height of 10 m	Sound power level in dB(A)		
	HH 111 m	HH 131 m	HH 160 m
3 m/s	94.8	94.9	95.2
3.5 m/s	96.5	96.8	97.2
4 m/s	98.5	98.8	99.3
4.5 m/s	100.6	101.0	101.5
5 m/s	102.7	103.1	103.5
5.5 m/s	104.0	104.0	104.0
6 m/s	104.0	104.0	104.0
6.5 m/s	104.0	104.0	104.0
7 m/s	104.0	104.0	104.0
7.5 m/s	104.0	104.0	104.0
8 m/s	104.0	104.0	104.0
8.5 m/s	104.0	104.0	104.0
9 m/s	104.0	104.0	104.0
9.5 m/s	104.0	104.0	104.0
10 m/s	104.0	104.0	104.0
10.5 m/s	104.0	104.0	104.0
11 m/s	104.0	104.0	104.0
11.5 m/s	104.0	104.0	104.0
12 m/s	104.0	104.0	104.0

v_s at a height of 10 m	Sound power level in dB(A)		
	HH 111 m	HH 131 m	HH 160 m
95 % P_n	104.0	104.0	104.0

Tab. 11: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height v_H

v_H	Sound power level in dB(A)
5 m/s	96.3
5.5 m/s	97.6
6 m/s	99.0
6.5 m/s	100.5
7 m/s	101.9
7.5 m/s	103.3
8 m/s	104.0
8.5 m/s	104.0
9 m/s	104.0
9.5 m/s	104.0
10 m/s	104.0
10.5 m/s	104.0
11 m/s	104.0
11.5 m/s	104.0
12 m/s	104.0
12.5 m/s	104.0
13 m/s	104.0
13.5 m/s	104.0
14 m/s	104.0
14.5 m/s	104.0
15 m/s	104.0

5 Operating mode NR III s

5.1 Calculated power, cp and ct values – operating mode NR III s

Tab. 12: Calculated power, c_p and c_t values for E-138 EP3 E3 / 4260 kW – operating mode NR III s

Wind speed v in m/s	Power P in kW	c_p-Wert	c_t-Wert
0.00	0	0.00	0.00
0.50	0	0.00	0.00
1.00	0	0.00	0.00
1.50	0	0.00	0.00
2.00	2	0.03	0.77
2.50	19	0.13	1.05
3.00	69	0.28	1.04
3.50	146	0.37	0.97
4.00	250	0.43	0.94
4.50	383	0.46	0.92
5.00	540	0.47	0.90
5.50	727	0.48	0.89
6.00	942	0.48	0.87
6.50	1183	0.47	0.84
7.00	1440	0.46	0.79
7.50	1703	0.44	0.74
8.00	1964	0.42	0.68
8.50	2215	0.39	0.62
9.00	2455	0.37	0.56
9.50	2680	0.34	0.51
10.00	2890	0.32	0.46
10.50	3080	0.29	0.42
11.00	3247	0.27	0.39
11.50	3388	0.24	0.35
12.00	3500	0.22	0.32
12.50	3583	0.20	0.29
13.00	3643	0.18	0.26
13.50	3682	0.16	0.23
14.00	3700	0.15	0.21
14.50	3700	0.13	0.19

Wind speed v in m/s	Power P in kW	c_p-Wert	c_t-Wert
15.00	3700	0.12	0.17
15.50	3700	0.11	0.16
16.00	3700	0.10	0.14
16.50	3700	0.09	0.13
17.00	3700	0.08	0.12
17.50	3700	0.08	0.11
18.00	3700	0.07	0.10
18.50	3700	0.06	0.09
19.00	3700	0.06	0.09
19.50	3700	0.05	0.08
20.00	3700	0.05	0.08
20.50	3700	0.05	0.07
21.00	3700	0.04	0.07
21.50	3685	0.04	0.06
22.00	3634	0.04	0.06
22.50	3553	0.03	0.05
23.00	3438	0.03	0.05
23.50	3286	0.03	0.04
24.00	3095	0.02	0.04
24.50	2881	0.02	0.04
25.00	2402	0.02	0.03
25.50	2105	0.01	0.03
26.00	1814	0.01	0.02
26.50	1535	0.01	0.02
27.00	1275	0.01	0.01
27.50	1039	0.01	0.01
28.00	885	0.00	0.01

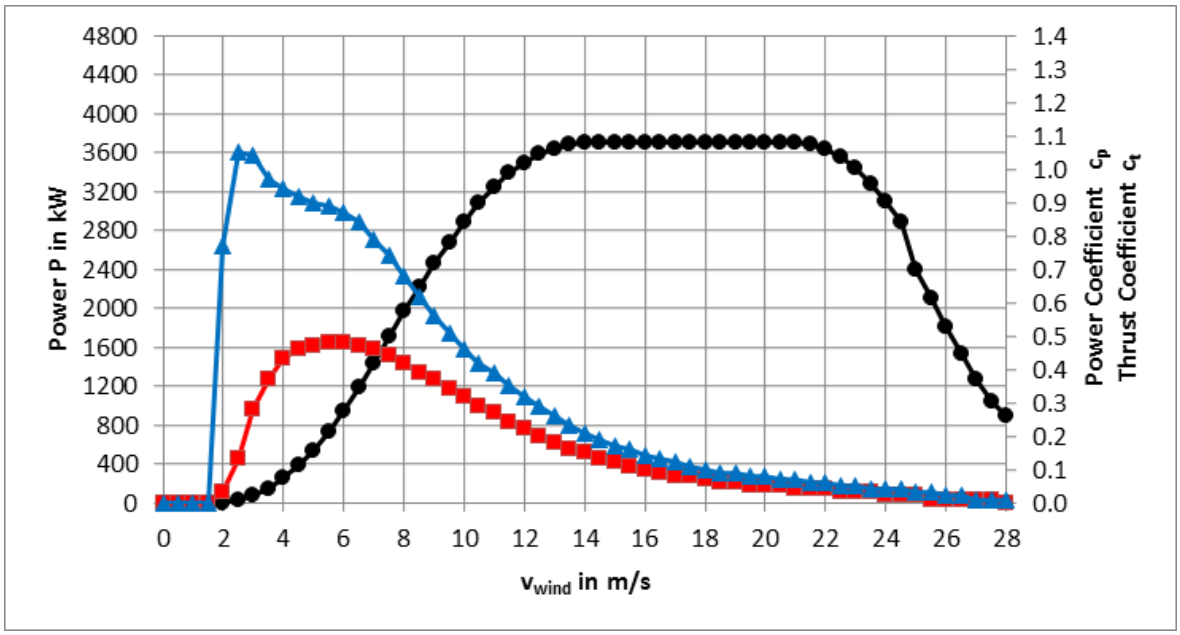


Fig. 3: Power, c_p and c_t curves for E-138 EP3 E3 / 4260 kW – operating mode NR III s

◆—◆—◆	Leistung P in kW
▲—▲—▲	c_t value
■—■—■	c_p value

5.2 Calculated sound power levels – operating mode NR III s

In operating mode NR III s the wind energy converter operates in a power-optimised mode. The highest expected sound power level is 103.2 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in ch. 2.2, p. 7. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 13: Technical specifications

Parameter	Value	Unit
Nominal power (P_n)	3700	kW
Nominal wind speed	14.0	m/s
Minimum operating speed		
■ E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01	4.4	rpm
■ E-138 EP3 E3-HST-131-FB-C-01	4.4	rpm
■ E-138 EP3 E3-HT-160-ES-C-01	4.4	rpm
Speed setpoint	9.7	rpm

Tab. 14: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed v_s at a height of 10 m

v_s at a height of 10 m	Sound power level in dB(A)		
	HH 111 m	HH 131 m	HH 160 m
3 m/s	94.8	94.9	95.2
3.5 m/s	96.5	96.8	97.2
4 m/s	98.5	98.8	99.3
4.5 m/s	100.6	101.0	101.5
5 m/s	102.4	102.7	102.8
5.5 m/s	102.9	103.0	103.1
6 m/s	103.1	103.2	103.2
6.5 m/s	103.2	103.2	103.2
7 m/s	103.2	103.2	103.2
7.5 m/s	103.2	103.2	103.2
8 m/s	103.2	103.2	103.2
8.5 m/s	103.2	103.2	103.2
9 m/s	103.2	103.2	103.2
9.5 m/s	103.2	103.2	103.2
10 m/s	103.2	103.2	103.2
10.5 m/s	103.2	103.2	103.2
11 m/s	103.2	103.2	103.2
11.5 m/s	103.2	103.2	103.2
12 m/s	103.2	103.2	103.2

v_s at a height of 10 m	Sound power level in dB(A)		
	HH 111 m	HH 131 m	HH 160 m
95 % P_n	103.2	103.2	103.2

Tab. 15: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height v_H

v_H	Sound power level in dB(A)
5 m/s	96.3
5.5 m/s	97.6
6 m/s	99.0
6.5 m/s	100.5
7 m/s	101.9
7.5 m/s	102.8
8 m/s	102.9
8.5 m/s	103.1
9 m/s	103.2
9.5 m/s	103.2
10 m/s	103.2
10.5 m/s	103.2
11 m/s	103.2
11.5 m/s	103.2
12 m/s	103.2
12.5 m/s	103.2
13 m/s	103.2
13.5 m/s	103.2
14 m/s	103.2
14.5 m/s	103.2
15 m/s	103.2

Allegato B - Descrittori acustici

Per maggiore chiarezza e completezza espositiva i termini e le grandezze cui si fa riferimento nella presente relazione vengono di seguito riportati.

decibel (dB)

è l'unità di misura del livello di una grandezza sonora rispetto ad un valore di riferimento, non è un'unità di misura di una grandezza ma un'unità di relazione logaritmica.

10 dB	¨ 10 volte il valore soglia
20 dB	¨ 100 volte il valore soglia
100 dB	¨ 10^{10} volte il valore soglia

L_p - Livello di pressione acustica:

esprime il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro ed è dato dalla relazione seguente:

$$L_p = 10\log\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 dB$$

dove

p è il valore efficace della pressione sonora misurata in Pascal (Pa);

p_0 è la pressione di riferimento che si assume a 20 μPa in condizioni standard.

$Leq_{(A)}$ - livello continuo di pressione sonora ponderato "A":

parametro che rappresenta il livello di pressione sonora costante nel tempo avente lo stesso contenuto energetico del fenomeno osservato il cui livello è però variabile; in altre parole, il Leq rappresenta l'energia media del fenomeno acustico ed è espresso dalla seguente relazione:

$$Leq_{(A),T} = 10\log.\left[\frac{1}{T}\int {p_A}^2 \frac{(t)}{{p_0}^2}.dt\right].dB(A)$$

dove:

$p_A(t)$ è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata secondo la curva A (norma IEC 651)

p_0 è il valore della pressione sonora di riferimento

T è l'intervallo di tempo

Il significato di curva di ponderazione "A" deriva dall'esigenza di misurare direttamente su un fonometro il livello di pressione sonora così come percepito dall'uomo al fine di valutare una situazione di rischio uditivo o di disturbo.

MAXP: livello massimo di picco.

MAXL: livello massimo efficace.

$L_{(n)}$ - livello percentile

È il livello che è stato presente o superato per un intervallo di tempo pari al n % del tempo di misura considerato; quindi, fornisce l'indicazione del livello medio e della fluttuazione di livello.

L_1 - livello sonoro

presente o superato per un intervallo di tempo dell'1% della misura; serve ad individuare le sorgenti e le cause che originano i valori di punta, i quali sono da un lato quelli che hanno una forte influenza sul valore del livello equivalente rilevabile e dall'altro sono le maggiori cause del disturbo e di degrado ambientale in aree urbane, dove il rumore da traffico è nettamente prevalente.

L_{10} - livello sonoro

presente o superato per un intervallo di tempo del 10% della misura; questo parametro risulta utile ad eseguire una analisi del rumore prodotto dal traffico veicolare; in particolare evidenzia la consistenza del passaggio di mezzi pesanti.

L_{90} - livello sonoro

presente o superato per un intervallo di tempo del 90% della misura, in sintesi il parametro rappresentante il rumore di fondo. In altre parole, L_{90} rappresenta in maniera normalizzata i livelli sonori minimi più frequenti che caratterizzano un determinato clima sonoro oppure, detto più semplicemente, rappresenta la sonorità dell'ambiente quando non transitano sorgenti mobili e non sono attive sorgenti fisse.

(L_{10} - L_{90}) - differenza di livello sonoro

tra i valori di **L_{10} - L_{90}** risulta indicativa della variabilità della rumorosità nel periodo di misura.

L_r - Livello di rumore residuo:

è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato «A» che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti; deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale.

L_a - Livello di rumore ambientale:

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 determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo (come precedentemente definito) e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti.

Livello differenziale di rumore:

differenza tra il livello Leq(A) di rumore ambientale e quello del rumore residuo.

T_r - Tempo di riferimento:

è il parametro che rappresenta la collocazione del fenomeno acustico nell'arco delle 24 ore: si individuano il periodo diurno e notturno. Il periodo diurno è, di norma, quello relativo all'intervallo di tempo compreso tra le h 6.00 e le h 22.00. Il periodo notturno è quello relativo all'intervallo di tempo compreso tra le h 22.00 e le h 6.00.

($L_{eq,T}$) - Livello sonoro equivalente:

è il livello di pressione sonora di un suono costante che nel tempo T ha la massima pressione quadratica media del suono variabile considerato

$$L_{eq,T} = 10.\log\left[\frac{1}{T}\int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2}.dt\right]$$

Dove p_0 è la pressione di riferimento di 20 μPa.

($L_{Aeq,}$T) - livello sonoro equivalente ponderato A:

È il livello sonoro equivalente di un suono ponderato in frequenza mediante la curva di ponderazione "A"; si misura in dB(A).

Livello sonoro equivalente sul tempo a lungo termine:

$$L_{Aeq,TL} = 10.\log\left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} 10^{0.1(L_{Aeq,T})i}\right]$$

dove N è il numero di giorni di misura.

Allegato C - Normativa di riferimento e definizioni

La legge quadro sull'inquinamento acustico (447/95) che riprende ed integra il D.P.C.M. 1.3.1991 sottopone all'attenzione degli amministratori pubblici la necessità di procedere alla divisione del territorio comunale secondo classi di destinazioni d'uso a cui riferire anche i valori limite per le sorgenti sonore e i "valori di qualità" per limitare la diffusione di rumorosità verso gli ambienti ad uso non produttivo.

Si riporta la tabella di cui all'art. 6 alla quale è necessario fare riferimento in assenza di classificazione acustica del territorio comunale.

Zonizzazione	Limite diurno	Limite notturno
	Leq (A)	Leq (A)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (decreto ministeriale n. 1444/68) (*)	65	55
Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68) (*)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70
(*) Zone di cui all'art. 2 del decreto ministeriale 2 aprile 1968		

- D.P.C.M 1 marzo 1991 – "limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"
- D. Lgs. 30 aprile 1992, n°285 – "Nuovo codice della strada"
- Legge 26 ottobre 1995 n° 447 – "Legge quadro sull'inquinamento acustico"
- D.M. 16 marzo 1998 - "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico"
- DPR 18 novembre 1998 n 459 – "Regolamento recante norme di esecuzione dell'art.11 della legge 26 ottobre 1995 n° 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferro-viario"

- DPCM 14 novembre 1997 – "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"
- D.M. 29 novembre 2000 – "criteri per la predisposizione da parte di gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani di contenimento e abbattimento del rumore"
- D.P.R 30 marzo 2004 n° 142 - Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante da traffico veicolare, a norma dell'art. 11 della legge 26 ottobre 1995 n° 447.
- Legge regionale 25 ottobre 2000, n. 52 – "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento acustico."
- Deliberazione della Giunta Regionale 2 febbraio 2004, n. 9-11616 – "linee guida regionali per la redazione della documentazione di impatto acustico ai sensi dell'art. 3, comma 3, lett. c) della L.R. 25 ottobre 2000 n. 52"