

REGIONE BASILICATA

Provincia di Potenza

COMUNI DI FORENZA E MASCHITO

PROGETTO

PARCO EOLICO FORENZA – MASCHITO
POTENZIAMENTO IMPIANTO DI FORENZA



COMMITTENTE

ERG Wind 4



PROGETTISTA

CESI



CESI S.p.A. ¶
Via Rubattino 54 ¶
I-20134 Milano – Italy ¶

OGGETTO DELL'ELABORATO

A.6 – Valutazione dell'Impatto Acustico

ERG Wind 4 srl

Società con unico socio ERG Wind Holdings (Italy) srl, soggetta all'attività di direzione e coordinamento di ERG spa

www.erg.eu

Torre WTC Via De Marini 1
16149 Genova Italia
ph +39 010 24011
fax +39 010 2401490

Sede Legale: Torre WTC Via De Marini 1 16149 Genova Italia Cap. Soc. euro 6.632.732,00 I.V. R.E.A. Genova 477792 Reg. Impr. GE Cod. Fisc. e P.IVA 02269650640

Rev.
Data di emissione

00
18/04/2019

Cliente ERG Power Generation S.p.A.

Oggetto Parco eolico Forenza- Maschito
Potenziamento impianto di Forenza

A.6 Valutazione dell'impatto acustico a seguito degli interventi di potenziamento del parco di Forenza

Ordine n° 4700026165 del 06/06/2018.

Note A1300001447X001 - Lettera trasm. n. B9007982

PAD B9011392 (2668150) - USO RISERVATO

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.



N. pagine 56 **N. pagine fuori testo** -

Data 18/04/2019

Elaborato ESC - Lamberti Marco, ESC - Ziliani Roberto, ESC - Ghilardi Marina, ESC - Capra Davide
B9011392 3728 AUT B9011392 3754 AUT B9011392 114978 AUT B9011392 3293 AUT

Verificato EMS - Sala Maurizio, ESC - Pertot Cesare
B9011392 3741 VER B9011392 3840 VER

Approvato SCE - Carnevale Francesco (Project Manager)
B9011392 3194063 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2019 by CESI. All rights reserved

Indice

1	PREMESSA E SCOPI	3
2	APPROCCIO METODOLOGICO	3
2.1	Descrizione del progetto e del sito	4
2.2	Zonizzazione acustica comunale e quadro di riferimento normativo	9
2.3	Parametri di misura.....	10
2.4	Metodica di misura	11
3	CAMPAGNA DI MISURA	13
3.1	Punti di misura	13
3.2	Modalità di effettuazione dei rilievi	14
3.2.1	Strumentazione	15
3.2.2	Layout delle postazioni	15
3.2.3	Condizioni operative del parco eolico	15
3.2.4	Circostanze di misura.....	16
3.2.5	Validazione ed elaborazione dei dati	16
3.3	Livelli di rumore in funzione della velocità del vento	18
4	VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO	21
4.1	Predisposizione del modello di calcolo	21
4.1.1	Orografia del sito.....	21
4.1.2	Punti di calcolo.....	22
4.1.3	Caratteristiche emissive delle sorgenti utilizzate	24
4.2	Rumorosità dei nuovi aerogeneratori – Livello di immissione specifica.	25
4.2.1	Calcolo puntuale.....	25
4.2.2	Mappe isofoniche	28
4.3	Verifica dei limiti di legge	30
4.3.1	Livelli di immissione assoluti.....	30
4.3.2	Criterio Differenziale.....	32
4.3.3	Mitigazioni.....	35
4.4	Confronto tra impianto esistente e impianto di progetto.....	35
5	IMPATTO ACUSTICO DURANTE LE FASI DI REALIZZAZIONE	39
6	CONCLUSIONI	42
	APPENDICE	43
	Rilievi sonori ed influenza del vento	43
	Quadro di riferimento normativo.....	45
	Strumentazione utilizzata per le misure di rumore	47
	Parametri di calcolo.....	48
	Coordinate delle postazioni di misura, di calcolo e degli aerogeneratori	48
	Risultati dettagliati delle misure.....	49
	Commento ai risultati	54
	Descrizione del modello utilizzato	55

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	18/04/2019	B9011392	Prima emissione

1 PREMESSA E SCOPI

ERG Wind 4 (di seguito ERG) intende procedere al potenziamento del proprio impianto eolico di Forenza e Maschito, ubicato nei comuni omonimi in provincia di Potenza, mediante la sostituzione degli aerogeneratori situati nel comune di Forenza con nuove macchine di recentissima concezione e di maggiore taglia. Si indicherà tale sottoinsieme di aerogeneratori come “impianto eolico di Forenza”.

Il presente rapporto contiene la Valutazione di Impatto Acustico degli interventi previsti e riporta i risultati delle attività sperimentali, svolte nel mese di luglio 2018.

2 APPROCCIO METODOLOGICO

Come stabilito dalla normativa tecnica¹, lo studio è stato condotto mediante la caratterizzazione acustica della situazione *ante operam* (rumore residuo) con misure sperimentali, la stima previsionale dei livelli sonori dopo la realizzazione delle nuove opere (situazione *post operam*), condotta mediante modello matematico, e la valutazione dei risultati in relazione ai limiti di legge.

L’indagine per la caratterizzazione del rumore residuo si è basata su di una campagna di misura presso l’area circostante il parco eolico di Forenza e Maschito, durante la quale sono stati svolti rilievi di rumore presso postazioni rappresentative dei ricettori potenzialmente più impattati dalla rumorosità prodotta dagli aerogeneratori.

Al fine di consentire la validazione dei dati e le successive elaborazioni, è stata rilevata la velocità del vento presso le postazioni fonometriche e sono stati acquisiti da ERG, i dati anemometrici e di potenza erogata per alcuni degli aerogeneratori del parco di Forenza e Maschito.

In fase di elaborazione, l’andamento temporale del rumore è stato correlato ai corrispondenti dati di velocità del vento. I dati acustici acquisiti sono stati

¹ Norma 11143: 2005 Acustica – Metodo per la stima dell’impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti – Parte 1: Generalità, Parte 5: Rumore da insediamenti produttivi

preventivamente validati, escludendo gli eventi anomali e le fasi temporali affette da condizioni meteo incompatibili con la corretta effettuazione delle misure.

Un approfondimento relativo alla misura del rumore in siti eolici è riportato in Appendice a pag. 43.

La stima dei livelli sonori prodotti dal parco eolico è stata condotta mediante un modello previsionale di tipo commerciale (§ 4.1), con l'applicazione di standard di calcolo della propagazione sonora di ampio utilizzo in campo ingegneristico, recepiti dalla normativa nazionale.

Per lo sviluppo delle attività di monitoraggio è stata assunta a riferimento la Specifica Tecnica UNI/TS 11143-7:2013 *"Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 7: Rumore degli aerogeneratori"*, pubblicata nel Febbraio 2013 (TS nel seguito), che descrive i metodi per la caratterizzazione sperimentale e per le valutazioni previsionali del rumore per gli impianti eolici. L'approccio sperimentale si basa sulla considerazione che non solo la rumorosità prodotta dall'aerogeneratore è funzione della velocità del vento, ma anche il livello di rumore residuo.

Il presente studio è stato condotto da personale in possesso del riconoscimento di *"Tecnico competente in acustica ambientale"*, ai sensi dell'art.2 comma 7 della Legge 447/95².

2.1 Descrizione del progetto e del sito

Il progetto di potenziamento del parco eolico di Forenza e Maschito consiste nella sostituzione di n. 36 (gli aerogeneratori da FZ01 a FZ36, appartenenti al parco eolico di Forenza) dei n. 60 aerogeneratori esistenti, modello Vestas V47 da 660 kW cad. aventi torre a traliccio ed altezza del mozzo pari a 50 m circa, con n°12 aerogeneratori con potenza massima di circa 4.5 MW cad. L'attuale parco eolico è entrato in servizio nel 2002.

L'incremento di efficienza delle turbine previste rispetto a quelle in esercizio, porterà, a fronte di una consistente riduzione di numero e occupazione di suolo, ad un ampliamento del tempo di generazione ed un aumento della produzione unitaria media.

La zona in cui sorge il parco è di tipo collinare, con utilizzo agricolo del suolo. La quota di impianto si attesta tra i 700 e 800 m s.l.m. Le turbine del parco sono disposte lungo una

² Predisposizione del modello matematico e valutazione d'impatto a cura dei Tecnici Competenti Sig. Marco Lamberti (Provincia di Piacenza - Servizio di Valorizzazione e Tutela dell'ambiente, determinazione n° 2329 del 25/11/08) ed Ing. Roberto Ziliani (Regione Emilia Romagna Bollettino Ufficiale N. 148 del 2/12/1998. Determinazione del Direttore generale Ambiente del 09/11/1998, n. 11394). I tecnici sono iscritti all'elenco nominativo nazionale dei tecnici competenti in acustica, rispettivamente con i registri regionali RER/00633 e RER/00686.

immaginaria direttrice Nord Ovest – Sud Est per una lunghezza di oltre 13 km. Il centro abitato di Forenza, che si trova lungo tale direttrice divide idealmente il parco in due tronconi. Nella parte a Nord si trovano le macchine MH01÷MH24 e FZ01÷FZ21; nella parte Sud le macchine FZ22÷FZ36. Gli aerogeneratori MH01÷MH24, che non sono oggetto dell'intervento di ripotenziamento, ricadono in comune di Maschito, gli altri in quello di Forenza.

Il centro abitato di Maschito si trova a Nord-Est della parte più settentrionale del parco; le turbine più vicine al primo fronte edificato distano quasi 2 km.

Nell'intorno del parco eolico, a diverse distanze dalle turbine, vi sono varie localizzazioni sede di potenziali ricettori: molte di esse sono rappresentate da complessi ad uso agricolo in cui vi sono anche abitazioni, in altri casi l'utilizzo a scopo abitativo risulta prevalente. Taluni dei fabbricati presenti sono palesemente utilizzati come stalle o ricovero attrezzi, altri sono in condizioni tali da non essere considerati abitabili.

La tipologia di sorgenti che influenzano il rumore ambientale è però molto simile per tutta l'area circostante il parco; la viabilità è a carattere locale, non vi sono agglomerati industriali o artigianali di grandi dimensioni ed anche il contesto relativo all'utilizzo del territorio è all'incirca analogo lungo tutto lo svolgersi del parco. Vi è un'estesa area boscata, ad Ovest del parco (Bosco Grande di Forenza), ma nell'immediato intorno degli aerogeneratori la vegetazione arborea è molto scarsa.

Le altre sorgenti che determinano il clima acustico sono rappresentate dalla limitata attività antropica presso i centri abitati, da qualche attività agricola e dai transiti veicolari, non particolarmente intensi, sulla viabilità locale costituita dalle strade provinciali n°8, 10, 66 e loro diramazioni.

Nella zona non si segnala alcuna importante arteria infrastrutturale.

ERG dispone sul sito di tre anemometri con sensori a 10 e 50 m da suolo, denominati FZ01-10m, FZ04-10m, MS05-30m.

I dati statistici sul lungo periodo rilevati da tali anemometri sono riportati in Figura 1; si nota la prevalenza di venti da SO e da NNO, quest'ultima meno accentuata per l'anemometro MS05.

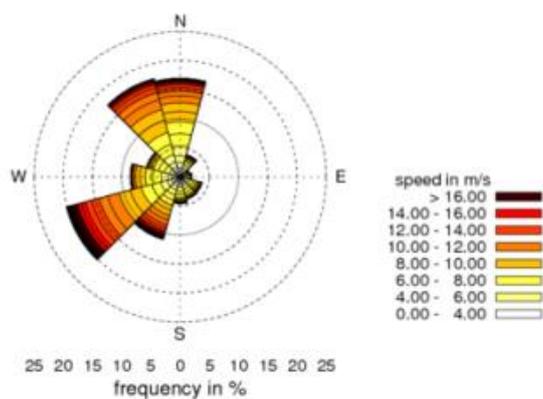
FZ01-10m

site name	FZ01_82		
filename	TabfreqFZ01_82		
measurement period	03.01.08 - 28.08.15	# records =	65455
position	x = 574802.0	y = 4522182.0	z (agl) = 82.0
Weibull param., average speed	k = 1.78	A = 7.87	average = 6.90

Table 1. Climatology characteristics, including Weibull (k,A) and average wind speed (m/s) of all sectors.

Frequency distribution

◀ ▶ Sector: all Sectors



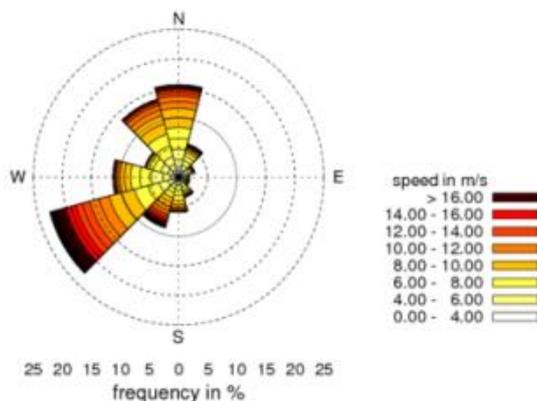
FZ04-10m

site name	FZ04_82		
filename	TabfreqFZ04_82		
measurement period	03.01.08 - 28.08.15	# records =	64436
position	x = 569052.0	y = 4525813.0	z (agl) = 82.0
Weibull param., average speed	k = 1.65	A = 7.70	average = 7.01

Table 1. Climatology characteristics, including Weibull (k,A) and average wind speed (m/s) of all sectors.

Frequency distribution

◀ ▶ Sector: all Sectors



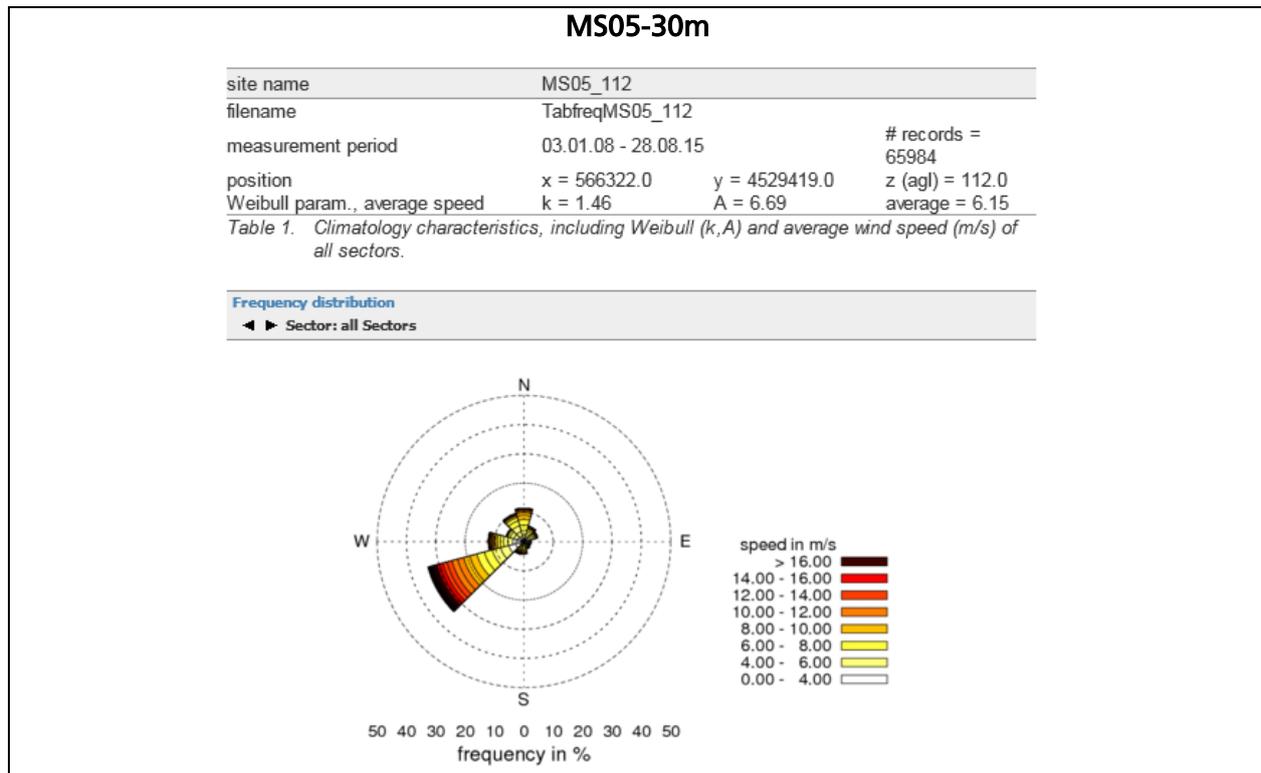


Figura 1 – Statistiche anemometriche di lungo periodo per il sito.

Nelle planimetrie di Figura 2 e Figura 3 si riportano, rispettivamente per parte Nord e Sud del parco, gli aerogeneratori attualmente in funzione ed i punti di rilievo selezionati per la campagna di misura (§ 3).

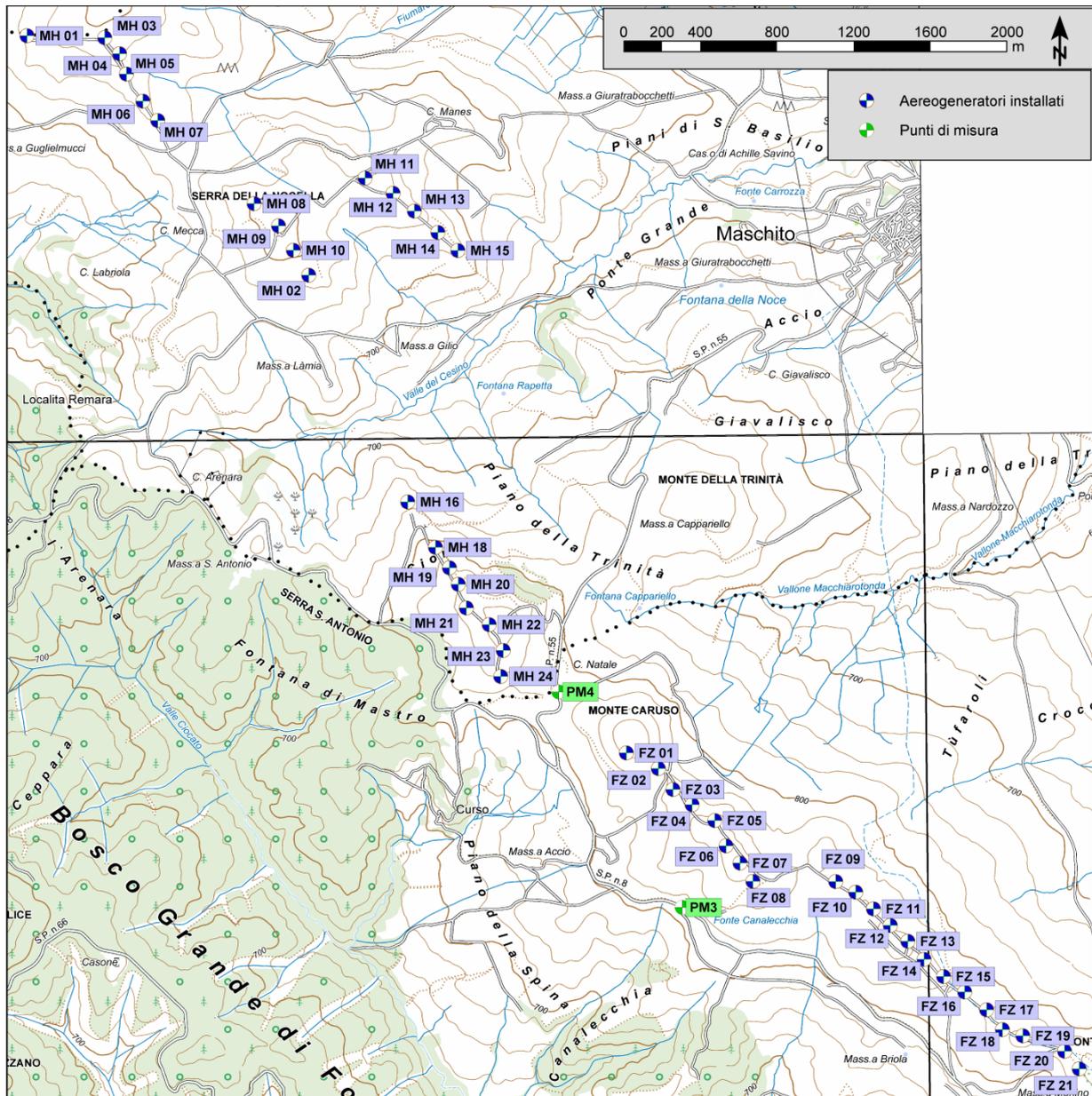


Figura 2 – Parco eolico di Foreza e Maschito – Ubicazione aerogeneratori attuali e ubicazione dei punti di misura del rumore ambientale – Parte NORD.

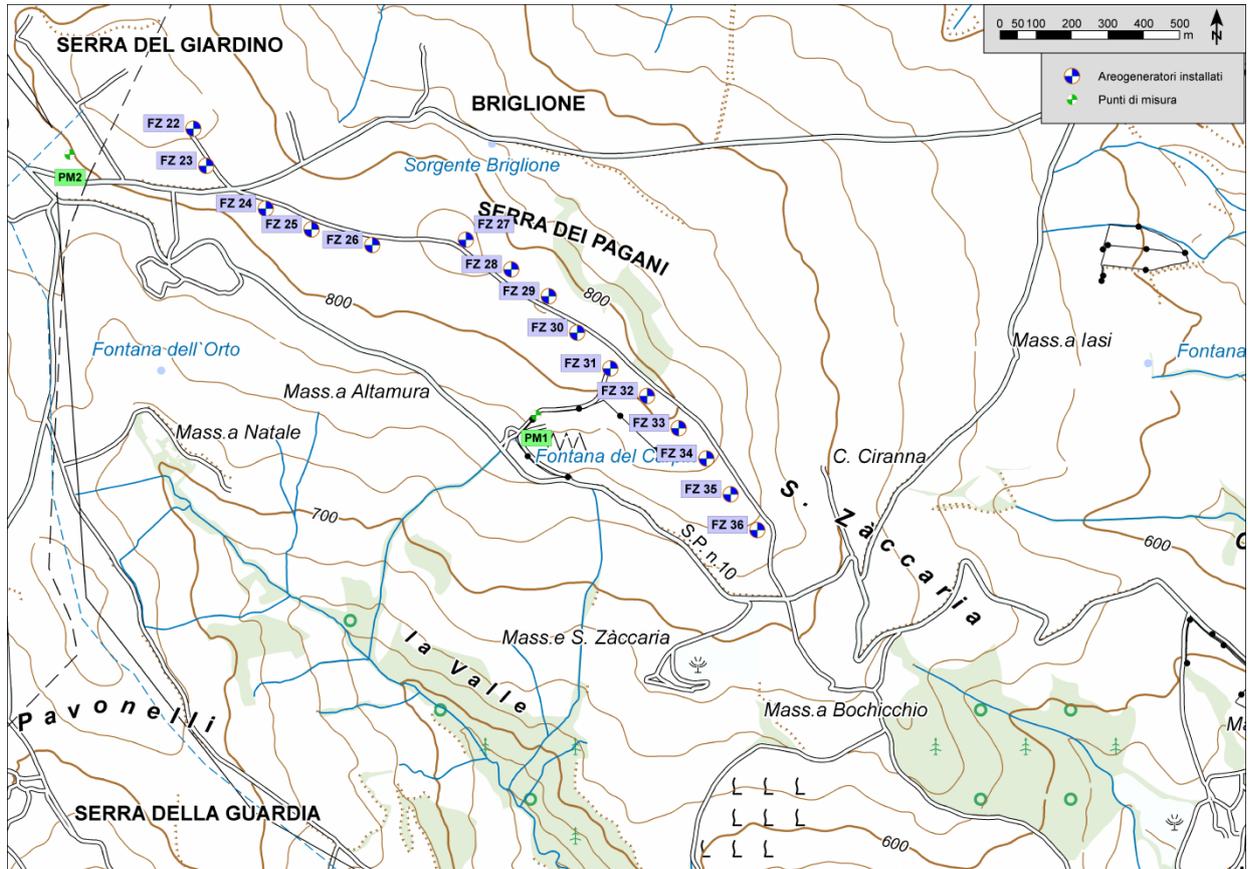


Figura 3 – Parco eolico di Foreza e Maschito – Ubicazione aerogeneratori attuali e ubicazione dei punti di misura del rumore ambientale – Parte SUD.

2.2 Zonizzazione acustica comunale e quadro di riferimento normativo

L'area ove si realizzeranno gli interventi previsti appartiene al comune di Foreza, in provincia di Potenza. Alla data di redazione del presente documento, l'amministrazione comunale di Foreza non ha ancora provveduto alla predisposizione del piano di zonizzazione acustica ai sensi del DPCM 14/11/97.

In mancanza di una zonizzazione acustica, come stabilito dalla Legge Quadro 447/95, si applicano, ai sensi dell'art.8 del DPCM 14/11/97, i limiti transitori di cui all'art.6, comma 1 del DPCM 01/03/91, che richiamano le destinazioni territoriali di cui al DM n. 1444 del 2 aprile 1968. La Tabella 1, ripresa dal DPCM citato, riporta tali valori.

Tabella 1 – Limiti transitori di accettabilità – L_{eq} in dB(A) (DPCM 01 marzo 1991)

Zonizzazione	Limite diurno L_{eq} dB(A)	Limite notturno L_{eq} dB(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.

L'area circostante l'impianto, in cui ricadono tutti i potenziali ricettori individuati, può essere ricompresa nella tipologia di zone definita "Tutto il territorio nazionale", come definite dal DPCM 01/03/91, con limite di accettabilità diurno di 70 dB(A) e limite notturno di 60 dB(A). Essa, infatti, esterna al centro abitato, di tipo agricolo, senza particolari connotazioni.

In Appendice, a pag. 45, è riportato, con maggior dettaglio, il quadro normativo di riferimento per l'inquinamento acustico.

In sintesi, stante l'assenza della zonizzazione, i limiti a cui il parco deve sottostare sono:

- ✓ limiti transitori di accettabilità;
- ✓ criterio differenziale di immissione.

Il parco eolico rientra nella categoria degli impianti "a ciclo produttivo continuo" e pertanto sottostà al DPCM 11/12/1996 e a quanto indicato dalla Circolare del Min. Ambiente del 06/09/2004 *"Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali"*.

Per la verifica dei limiti assoluti di immissione occorre misurare il contributo sonoro di tutte le turbine in un punto rappresentativo di un edificio residenziale o assimilabile, tenendo conto della difficoltà insita nelle misurazioni in siti eolici.

La verifica del criterio differenziale si effettua rilevando l'incremento di rumorosità provocato dall'entrata in funzione di una certa sorgente, all'interno degli ambienti abitativi, valutando le condizioni di finestre aperte e chiuse. Nel caso di studi previsionali o nell'impossibilità di accedere a spazi privati, una stima del criterio può essere condotta sfruttando i valori acquisiti o calcolati all'esterno dei fabbricati.

Il criterio si contraddistingue per valori minimi di applicabilità e per i limiti pari a +5 dB(A) in periodo notturno e a +3 dB(A) in periodo notturno.

2.3 Parametri di misura

Il parametro indicato dai riferimenti tecnici e legislativi per la caratterizzazione dell'inquinamento acustico è il livello equivalente ponderato 'A' (L_{Aeq}). In particolare, per la caratterizzazione del livello di immissione si utilizza il L_{Aeq} relativo al tempo di riferimento diurno (ore 06:00÷22:00) e notturno (ore 22:00÷06:00), indicato con $L_{Aeq,TR}$. Esso risulta determinato da tutte le sorgenti sonore attive nell'ambito della misura, siano esse di tipo stazionario o variabile nel tempo.

Per quanto attiene alla verifica del criterio differenziale, il parametro è ancora il livello equivalente ponderato 'A', riferito però al tempo di misura, indicato con $L_{Aeq,TM}$.

Il L_{Aeq} risulta influenzato da tutte le sorgenti sonore attive nell'ambito della misura, siano esse di tipo stazionario o variabile nel tempo, il cui contributo può essere anche molto

elevato (ad esempio il transito di automezzi nei pressi del punto di misura, il sorvolo di un aereo, l'abbaio di cani, ecc.). Un caso molto frequente è quello in cui durante la misura del rumore prodotto da una sorgente con emissione costante (o assimilabile) di ridotta intensità, quale il parco eolico, si verificano eventi estranei rumorosi di diversa natura che vanno a modificare sostanzialmente il valore di L_{Aeq} della misura, rendendola di fatto non rappresentativa del fenomeno che si intendeva analizzare.

L'analisi statistica del livello sonoro, con l'acquisizione dei principali livelli percentili può fornire utili indicazioni; ad esempio, per discriminare il contributo ascrivibile a fonti sonore di tipo costante è prassi comune utilizzare, quale descrittore, il valore del 95° livello percentile della distribuzione retrocumulata del livello sonoro ponderato 'A', indicato con L_{A95} . Il percentile L_{A50} rappresenta invece la mediana della distribuzione dei livelli sonori rilevati nell'ambito del tempo di misura.

Quindi, per una migliore caratterizzazione del rumore, la strumentazione è stata impostata per il rilievo di tutti i principali parametri acustici, tra i quali, in particolare, il livello equivalente (L_{eq}) ed i percentili della distribuzione statistica del livello sonoro (L_N) in termini globali, con ponderazione 'A', e spettrali in bande di 1/3 d'ottava nel range 12.5 Hz ÷ 20 kHz, con tempi di misura sincroni con gli anemometri installati.

In particolare, sono stati acquisiti:

- tutti i principali parametri descrittivi del rumore ambientale, in modo sincrono al sistema SCADA dell'impianto, su tempi di misura elementari consecutivi T_M della durata di 1'. Su ciascun T_M sono stati acquisiti, in particolare:
 - ✓ L_{eq} ,
 - ✓ L_{min} , L_{max} ,
 - ✓ livelli statistici percentili L_N (L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} , L_{99})
 in termini globali, con ponderazione 'A', e spettrali, in bande di 1/3 d'ottava nel range 12.5 Hz ÷ 20 kHz, con impostazione della ponderazione temporale Fast;
- andamento temporale di $L_{Aeq,100\text{ ms}}$.

La strumentazione è stata impostata in modo da consentire l'individuazione di componenti tonali o impulsive come previsto dal DMA 16/03/1998.

2.4 Metodica di misura

Sono state effettuate misure del livello sonoro e dei parametri anemometrici nelle condizioni di normale esercizio degli aerogeneratori; è stato possibile sfruttare una fase di fuori servizio del parco eolico, per il rilievo del livello di rumore residuo in presenza di vento.

Il parco ha una grande estensione ed un gran numero di possibili localizzazioni per i rilievi; sfruttando però le caratteristiche di omogeneità del contesto territoriale su cui si

dispiega il parco stesso, si è optato per orientare l'indagine soprattutto alla parte a Sud di Forenza limitando così il numero di punti di misura.

Sono stati acquisiti direttamente da CESI, i seguenti parametri:

- livelli sonori presso n. 4 ricettori;
- velocità del vento presso ogni ricettore;
- temperatura, umidità e precipitazioni rappresentative dell'area di indagine.

Presso due di tali postazioni, i rilievi si sono protratti per più ore; tali monitoraggi sono stati eseguiti su n° 2 sessioni di misura di alcune ore ciascuna, collocate nell'ambito del TR Diurno (ore 06:00÷22:00) e Notturno (ore 22:00÷06:00); per le restanti postazioni si è proceduto ai rilievi nel solo TR Diurno.

Per il corretto svolgimento delle attività, preliminarmente all'avvio dei rilievi è stata effettuata la sincronizzazione dei fonometri con i sistemi di registrazione delle condizioni operative dell'impianto (SCADA). Pertanto, i dati di misura del livello sonoro, delle condizioni anemometriche e di quelle di esercizio sono sulla stessa base temporale.

L'elaborazione dei dati sperimentali è stata condotta in linea con le indicazioni contenute nella TS in precedenza citata, anche se un'applicazione integrale di tale documento avrebbe richiesto condizioni anemometriche non presenti e non previste nell'ambito della campagna di misura.

3 CAMPAGNA DI MISURA

3.1 Punti di misura

La scelta dei punti di misura è stata decisa sulla base di una ricognizione dei luoghi eseguita con riferimento alle indicazioni della TS precedentemente citata. Tale testo suggerisce una fascia d'influenza compresa entro 500 m di distanza dalle future turbine.

Sono stati quindi individuati i fabbricati che possono essere considerati come "ambienti abitativi" ai sensi della Legge Quadro 447/95, tenendo anche conto di quanto indicato dalle linee guida nazionali sull'eolico³.

Sono state selezionate n°4 localizzazioni, indicate rispettivamente come PM1 ÷ PM4, la cui ubicazione riportata in Figura 2 e Figura 3, insieme alle posizioni degli aerogeneratori attualmente installati. Le coordinate delle postazioni di misura sono riportate in Appendice, a pag. 48.

Tabella 2 – Parco eolico di Forenza e Maschito: postazioni di misura del rumore ambientale

Punto	Descrizione	Note
PM1	La postazione di misura è collocata nelle pertinenze di una masseria, con annessa abitazione, situata a Sud Ovest delle turbine FZ30÷FZ32. L'esistente aerogeneratore FZ31 dista circa 260 m dal punto.	Si segnalano i seguenti contributi al rumore ambientale presso la postazione: funzionamento degli aerogeneratori, contributi di origine naturale (animali, gracidi di rane), attività antropica presso la masseria, transiti di automezzi lungo viabilità locale da cui si dirama la strada di accesso alla masseria stessa.
PM2	La postazione di misura è stata collocata presso un'area adibita a terrazza dell'agriturismo "Serra Giardino", all'estremità Sud-Est dell'abitato di Forenza. Gli esistenti aerogeneratori FZ22÷FZ23 del parco di Forenza si trovano rispettivamente a 360 e 390 m dal punto.	La rumorosità ambientale è influenzata da contributi legati soprattutto all'attività antropica presso l'agriturismo, a rumori di origine naturale (stormire di fronde, presenza di animali, ecc.), alle attività agricole e agli sporadici transiti lungo la viabilità. La rumorosità prodotta dal parco risultava poco percepibile dalla postazione.
PM3	La postazione di misura è stata collocata a Sud-Ovest degli aerogeneratori FZ05÷FZ08, lungo la SP n. 8 del Vulture. Dalla parte opposta della strada c'è un'abitazione.	Transiti veicolari, sosta presso la fontana, animali da cortile presso casa antistante. Parco percepibile.

³ Le "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili" Ministero dello sviluppo economico D.M. 10-9-2010 (G.U. 18/09/2010, n. 219) fanno riferimento (Allegato 4 § 5.3) a "unità abitative munite di abitabilità, regolarmente censite e stabilmente abitate".

Punto	Descrizione	Note
PM4	Punto collocato lungo la SP Cerentina, a circa 300 m dall'aerogeneratore MH24 e a circa 490 m dall'aerogeneratore FZ01.	La rumorosità ambientale è influenzata da sporadici transiti di mezzi lungo la strada e da alcune lavorazioni agricole presso uno dei fondi circostanti. La rumorosità del parco era percepibile.

In Figura 4 si riportano alcune immagini fotografiche delle postazioni di misura e dei relativi fabbricati di riferimento.



Figura 4 – Immagini fotografiche delle postazioni di misura.

3.2 Modalità di effettuazione dei rilievi

Presso i punti PM1 e PM2 sono state realizzate postazioni semifisse, che hanno consentito la misura del rumore per più ore senza presidio dell'operatore. I rilievi sono stati eseguiti su n° 2 sessioni di misura di alcune ore ciascuna, collocate temporalmente sia nell'ambito del TR diurno (ore 06:00÷22:00) che in quello notturno (ore 22:00÷06:00). Presso il punto PM1 sono stati acquisiti tutti i principali parametri meteo (temperatura / umidità / precipitazioni / velocità e direzione del vento).

Presso le due postazioni PM3 e PM4 sono stati eseguiti rilievi a breve termine nel solo TR diurno. Il fonometro ha acquisito per circa 30' in ciascuno dei due punti. La velocità locale del vento è stata monitorata mediante un misuratore portatile tipo Kestrel 4500 montato su cavalletto e collocato nei pressi del fonometro.

Gli spettri acustici e le distribuzioni statistiche complete dei livelli sonori rilevati sono disponibili a richiesta presso CESI.

3.2.1 Strumentazione

Le catene strumentali utilizzate, con i relativi numeri di serie e gli estremi del certificato di taratura, sono riportate in Tabella 17 (Appendice, pag. 47).;

I rilievi sono stati eseguiti con strumentazione di Classe 1, dotata di certificato di calibrazione rilasciato da centro ACCREDIA o equivalente⁴, come richiesto dal D.M.A. 16/03/1998. Tali certificati, protocollati nel sistema di archiviazione documentale aziendale, sono disponibili a richiesta presso CESI.

Per tutte le catene strumentali, la verifica iniziale e finale di calibrazione è stata eseguita con un calibratore di livello sonoro esterno anch'esso di Classe 1.

Tutti gli strumenti sono stati equipaggiati con la cuffia antivento standard da 90 mm fornita in dotazione.

3.2.2 Layout delle postazioni

Come stabilito dal DMA 16/03/1998, per le misure in esterno *"nel caso di edifici con distacco dalla sede stradale o di spazi liberi, il microfono deve essere collocato nell'interno dello spazio fruibile da persone o comunità e, comunque, a non meno di 1 m dalla facciata dell'edificio. L'altezza del microfono sia per misure in aree edificate che per misure in altri siti, deve essere scelta in accordo con la reale o ipotizzata posizione del ricettore"*.

I punti di misura sono rappresentativi dei rispettivi fabbricati di riferimento; l'altezza di misura è stata posta a 1.5 m circa dal suolo per tutte le postazioni. Per l'installazione, il fonometro è stato posizionato su stativo telescopico.

3.2.3 Condizioni operative del parco eolico

Le prove sono state eseguite con il parco eolico di Forenza e Maschito in condizioni di normale esercizio, con regimi produttivi dipendenti dalle condizioni anemometriche.

Si sono avute n°2 fermate del parco: la prima, di tutti gli aerogeneratori, ha avuto luogo per interventi sulla rete da parte della società Terna, a partire dalla mattina del giorno 16/07 sino alle ore 13:30 circa dello stesso giorno, la seconda tra le 22:30 e le 23:15 circa

⁴ Il SIT, è stato, sino al 2010, l'ente pubblico italiano che permetteva ai laboratori metrologici di essere accreditati per la taratura di strumentazione di misura, prova o collaudo. La struttura SIT è confluita nell'Ente unico di accreditamento italiano ACCREDIA. I centri SIT sono ora chiamati LAT (laboratorio di taratura accreditato). I certificati emessi da tali centri accreditati conservano il medesimo valore (anche all'estero) dei precedenti certificati SIT.

del giorno 16/07/2018 dei soli aerogeneratori FZ22÷FZ36, nell'intorno dei quali erano in acquisizione i fonometri presso le postazioni PM1 e PM2.

Gli altri aerogeneratori, ossia quelli della parte a Nord di Forenza, erano in servizio, con regimi produttivi ovviamente dipendenti dalle condizioni anemometriche.

3.2.4 *Circostanze di misura*

La scansione temporale di esecuzione dei rilievi presso i punti PM1÷PM4 è la seguente:

- punto PM1: misura dalle ore 12:30 alle 17:35 circa e dalle 19:30 alle 24:00 circa del 16/07;
- punto PM2: misura dalle ore 13:00 alle 17:45 circa del 16/07 e dalle 19:00 del 16/07 alle 00:15 circa del 17/07;
- punto PM3: misura dalle ore 15:45 alle 16:30 circa del 16/07.
- punto PM4: misura dalle ore 16:35 alle 17:10 circa del 16/07;

Come stabilito dal DMA 16.03.1998, le misurazioni in presenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve e con velocità del vento superiore a 5 m/s⁵ sono state individuate e marcate per l'esclusione dal calcolo.

Nel corso dei rilievi si sono avute, per la maggior parte, condizioni meteorologiche idonee all'esecuzione delle misure secondo il DMA 16/03/1998, per quanto attiene all'assenza di precipitazioni. Per quanto riguarda la velocità del vento locale presso il fonometro, il punto maggiormente affetto è stato PM1, presso il quale si sono avuti oltre 200' con vento medio superiore a 5 m/s; presso PM2, i periodi contraddistinti da tale situazione si sono limitati a circa 40' e a circa 10' presso PM3. Presso la postazione PM4 non si sono registrate situazioni con vento locale superiore a 5 m/s.

3.2.5 *Validazione ed elaborazione dei dati*

Stante l'assenza di sorgenti sonore fortemente connesse al ciclo giorno / notte, quali ad esempio importanti arterie stradali, comparti industriali e artigianali, estesi agglomerati urbani, le valutazioni saranno espresse senza operare una distinzione tra i valori notturni e quelli diurni, utilizzando per i confronti i limiti più stringenti, relativi al TR notturno.

In Appendice, a pag. 49, sono presentati i risultati dettagliati delle misure eseguite.

La fase di validazione che ha portato ai risultati riportati in appendice, è stata svolta attraverso le seguenti fasi:

- selezione ed esclusione dei periodi con vento locale > 5 m/s presso il microfono;
- selezione ed esclusione dei periodi anomali, non rappresentativi della sorgente in esame (transito di veicoli nei pressi del punto di misura, abbaio di cani, attività agricole nelle vicinanze);

⁵ Si considera il vento medio sui tempi elementari di 1'.

- accorpamento dei periodi temporali di 1' sulla base 10' utilizzata nel seguito.

Dall'analisi dei dati sperimentali, è emersa l'esistenza di numerosi intervalli temporali contraddistinti da un preponderante contributo di origine naturale.

A proposito dei contributi di origine naturale, dall'analisi delle misure presso la postazione PM2 si è confermata la presenza, già riscontrata dagli operatori, di una fonte sonora costituita dal canto di insetti. Questo fenomeno, tipico del periodo estivo, ha due caratteristiche particolari: una ben definita e stabile composizione spettrale e la stazionarietà nel tempo. È possibile quindi sia il riconoscimento che la selezione e l'eliminazione di questo contributo.

Presso il punto PM1, sino alle 15:30 circa, gli spettri presentavano una marcata caratterizzazione nella banda a 4 kHz e adiacenti; nel periodo serale/notturno si presentava invece un nuovo contributo, questa volta alle frequenze superiori ai 5 kHz, attribuibile ad un'altra specie di insetti. Il livello L_{Aeq} ed L_{A90} sono stati quindi ricavati dall'elaborazione dei rispettivi spettri in bande di 1/3 d'ottava: nel primo caso i livelli delle bande spettrali da 2.5 a 6.3 kHz sono stati ricalcolati tramite interpolazione lineare delle bande a 2 e 8 kHz ricalcolando poi i relativi livelli globali in dB(A), nel secondo caso, tali livelli globali sono stati ricavati dagli spettri interpolando linearmente le bande da 6.3 a 20 kHz, per la quale è stato attribuito un livello pari al baseline strumentale.

La Figura 5 esemplifica le elaborazioni svolte: si riporta, nei due casi, uno spettro caratteristico, così come misurato e dopo l'elaborazione.

Lo spettro di L_{eq} è riportato in colore rosso scuro, quello di L_{90} in colore blu; il tratto continuo identifica i livelli spettrali misurati, quello tratteggiato le bande ricalcolate.

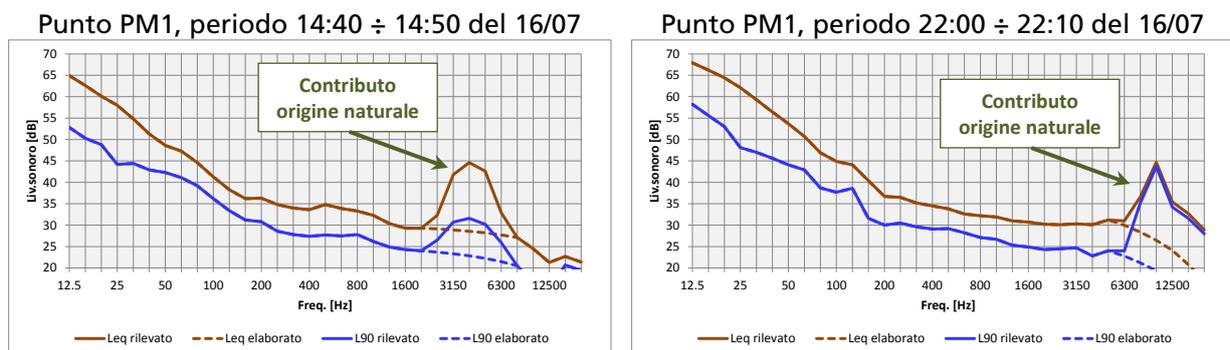


Figura 5 – Elaborazione degli spettri sonori per l'eliminazione del contributo di origine naturale

Per gli altri punti, l'analisi dei dati non ha evidenziato l'esigenza di operare la stessa correzione.

3.3 Livelli di rumore in funzione della velocità del vento

L'elaborazione dei dati misurati è finalizzata alla determinazione del livello di rumore ambientale, in funzione della velocità del vento. Come termine di riferimento per il parco di Forenza sono stati utilizzati i valori di velocità rilevati alla navicella delle turbine FZ22÷FZ36, che fanno parte della porzione di parco di interesse per i punti PM1 e PM2 (Figura 3), ossia quella a Sud di Forenza. L'anemometro di navicella è posto a circa 50 m dal suolo (V_{50m}).

Per i punti PM3 e PM4 si assumono i valori medi di velocità alla navicella rispettivamente per gli aerogeneratori FZ04÷FZ08 e MH22÷MH23 (Figura 2).

Al fine di rendere omogenea la trattazione con la successiva valutazione d'impatto, come indicato anche dalla TS, la velocità dell'anemometro di navicella V_{50m} è stata corretta per ricavare la velocità all'altezza del mozzo degli aerogeneratori (V_{hub}), pari a 107.5 m circa. In questo caso, per "correzione" s'intende un'estrapolazione verticale (dall'altezza dell'anemometro all'altezza del mozzo prevista a progetto).

Tale correzione è stata ottenuta assumendo la classica relazione del "wind shear" che, nel caso specifico, assume la seguente formulazione:

$$V_{hub} = V_{50m} \cdot \left(\frac{107.5}{50} \right)^\alpha$$

Si è assunto per α un valore di 0.051, fornito da ERG per la parte meridionale del parco.

I dati minutali acquisiti dai fonometri sono stati accorpati in blocchi di 10' sincroni allo SCADA delle turbine ERG.

I dati di rumore su base temporale 10' sono stati quindi classificati in funzione dei valori di V_{hub} così calcolati.

Sono state definite alcune classi di velocità V_{hub} , di ampiezza 1 m/s; l'estremo inferiore dell'insieme delle classi tiene conto dell'intervallo di funzionamento delle turbine, la cui velocità di cut-in è pari a 3-4 m/s circa.

Quale descrittore del livello di rumore residuo, da utilizzare per le successive valutazioni, si è impiegato il valor medio aritmetico dei livelli equivalenti $L_{Aeq,10'}$.

Nelle seguenti tabelle sono riassunti i valori di L_{Aeq} medio così calcolato, insieme ai valori medi dei percentili L_{A50} (mediana della distribuzione statistica dei livelli sonori) ed L_{A90} ed il numero di periodi di misura afferenti a ciascuna classe di velocità.

Per i punti PM1 e PM2 non si dispone dei livelli di rumore residuo.

Tabella 3 – Postazioni PM1 ÷ PM2 – Livelli di rumore RESIDUO in funzione della velocità del vento al mozzo, elaborati a partire dai dati sperimentali - Valori in dB(A)

P.to	Parametro	Velocità del vento al mozzo, V_{hub} [m/s]				Totale complessivo
		4	5	6	7	
PM1	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$	-	39.0	38.3	35.8	38.6
	Valor medio di $L_{A90,10'}$	-	32.2	30.7	31.4	32.0
	N° periodi di misura	-	9	1	1	11
PM2	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$	36.4	40.0	42.0	-	39.8
	Valor medio di $L_{A90,10'}$	32.3	28.1	31.7	-	29.1
	N° periodi di misura	1	6	1		8

Dall'analisi dei dati non si evince alcuna particolare dipendenza dei livelli rilevati dalla velocità del vento; per tale motivo, nelle successive valutazioni di impatto si assumerà come livello di rumore residuo il valore di L_{Aeq} medio aritmetico riportato in tabella.

I risultati dell'analogia elaborazione effettuata per le fasi di funzionamento degli aerogeneratori (rumore ambientale) del parco di Forenza è riportata nella Tabella 4.

Tabella 4 – Postazioni PM1 ÷ PM4 – Livelli di rumore AMBIENTALE (parco eolico in servizio) in funzione della velocità del vento al mozzo, elaborati a partire dai dati sperimentali - Valori in dB(A)

P.to	Parametro	Velocità del vento al mozzo, V_{hub} [m/s]									Totale compl.vo
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	
PM1	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$	47.0	46.3	47.3	47.9	48.0	48.8				47.6
	Valor medio di $L_{A90,10'}$	44.2	43.8	45.8	46.3	46.8	47.3				45.7
	N° periodi di misura	3	3	2	4	3	3				18
PM2	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$	46.0	41.3	42.7	42.9	48.0	48.8	50.0	51.3	54.2	47.5
	Valor medio di $L_{A90,10'}$	35.6	35.0	35.9	35.1	42.6	42.3	42.4	45.0	49.0	40.9
	N° periodi di misura	1	3	1	5	8	11	7	2	1	39
PM3	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$					48.8		49.2	51.7	48.9	50.1
	Valor medio di $L_{A90,10'}$					46.9		46.6	46.5	46.2	46.5
	N° periodi di misura					1		1	2	1	5
PM4	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$				50.1	46.4					48.8
	Valor medio di $L_{A90,10'}$				42.8	42.1					42.6
	N° periodi di misura				2	1					3

Per il punto PM1, i valori medi di $L_{Aeq,10'}$ con parco in servizio si collocano tra 46 e 49 dB(A) circa per le diverse velocità del vento. Si hanno in generale almeno tre periodi per ciascuna classe di velocità, che corrispondono a 30' di misura. Si nota una certa tendenza all'incremento dei livelli al crescere di V_{hub} . Il parametro L_{A90} , che descrive la quota parte a carattere costante del rumore rilevato, presenta valori tra 43.5 e 47.5 dB(A) e conferma l'andamento crescente con V_{hub} , come mostrato in Figura 6. Questa riporta i valori di $L_{Aeq,10'}$ e $L_{A90,10'}$ medi per V_{hub} e le rette di regressione.

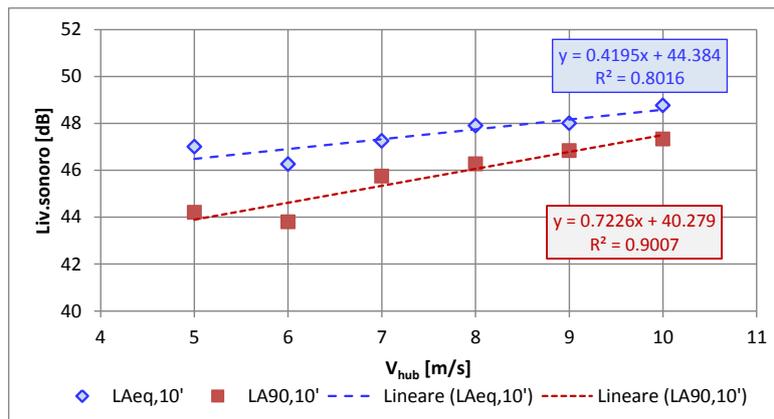


Figura 6 – Punto PM1 – Diagramma a dispersione di L_{Aeq} e L_{A90} in funzione di V_{hub}

Per il punto PM2, l'intervallo di classi di V_{hub} per i quali vi sono corrispondenti livelli rilevati è più ampio rispetto al punto PM1; vi sono alcune classi con solo una acquisizione. L'escursione dei valori medi per classe è piuttosto ampia, da 41.5 a circa 54 dB per L_{Aeq} e da 35 a 49 circa per L_{A90} .

Nel punto PM3 gli L_{Aeq} medi si attestano tra 49 e 52 dB(A) circa e gli L_{A90} tra 46 e 47 dB.

Nell'ultimo punto si hanno solo tre campioni decaminutali, corrispondenti a n.2 classi di V_{hub} . Gli L_{Aeq} risultano maggiori di 45 dB e gli L_{A90} sono invece pari a 42 dB(A) circa.

4 VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO

Oggetto del presente studio d'impatto sono i n° 12 nuovi aerogeneratori (R-FZ01÷R-FZ12) che andranno a sostituire i n°36 aerogeneratori che costituiscono il parco eolico di Forenza (FZ01÷FZ36) nella situazione attuale (Figura 2 e Figura 3). La simulazione non ha riguardato il contiguo impianto eolico situato nel comune di Maschito, che non è oggetto di intervento. Si prevede l'installazione di turbine eoliche tripala da 4.5 MW al massimo.

La valutazione previsionale dei livelli di rumore ambientale indotti dal progetto è stata eseguita tramite l'applicazione di un programma di modellazione matematica previsionale di tipo commerciale.

Dal punto di vista dell'impatto acustico, si assiste da un lato a un incremento della potenza sonora della singola turbina rispetto a quelle attualmente presenti, a fronte però di una consistente riduzione del numero di turbine e di una maggiore altezza del mozzo.

La distanza delle nuove turbine dai fabbricati e quindi anche dai possibili ricettori si manterrà pari a circa 250 m, misurati in pianta.

4.1 Predisposizione del modello di calcolo

Nel presente studio è stato utilizzato il codice di calcolo SoundPLAN della Braunstein+Berndt, GmbH nella sua versione 7.4. Il codice appartiene alla categoria dei modelli basati sul metodo del "ray-tracing" e permette di effettuare il calcolo delle attenuazioni in conformità alle diverse normative nazionali ed internazionali, in uno scenario tridimensionale; per l'applicazione in oggetto si è operato in conformità allo standard ISO 9613-2, che fornisce una valutazione dei livelli di immissione in condizioni leggermente favorevoli alla propagazione in modo da avere una stima conservativa della rumorosità ambientale. Nel caso specifico, tutti i ricettori sono considerati sottovento a tutte le sorgenti. Il calcolo dell'assorbimento atmosferico è invece svolto in accordo con la parte 1 della ISO 9613. Entrambi tali standard sono stati recepiti dall'organismo normativo nazionale, che li ha pubblicati in lingua italiana⁶.

Si rimanda all'Appendice, a pag. 55, per maggiori dettagli sulle caratteristiche del modello e a pag. 48 per i parametri di calcolo impostati.

4.1.1 Orografia del sito

L'orografia del sito è stata ricavata dal modello digitale del terreno, integrato con elaborati presenti nella documentazione progettuale fornita da ERG. Le altre informazioni, quali l'ubicazione dei fabbricati, sono state desunte dal database

⁶ UNI ISO 9613-1:2006 "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Parte 1: Calcolo dell'assorbimento atmosferico", UNI ISO 9613-2:2006 "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Parte 2: Metodo generale di calcolo".

geotopografico regionale e dalle visure catastali dal portale Sister (Agenzia delle Entrate).

4.1.2 Punti di calcolo

La valutazione modellistica del contributo delle nuove macchine è stata effettuata sui punti di misura PM1÷PM4 (Figura 2 e Figura 3).

Oltre a tali localizzazioni, nel modello sono stati introdotti ulteriori punti di calcolo, posti in facciata ad alcuni dei fabbricati censiti all'interno del buffer di 500 m circa dalle macchine e comprensivi o rappresentativi di tutti i ricettori potenzialmente impattati.

Il calcolo è stato eseguito ad 1 m dalla facciata, in corrispondenza del centro di ogni piano del fabbricato. Si sono quindi definiti complessivamente n. 17 punti, denominati con R01÷R17.

Il livello sonoro ottenuto risente dell'eventuale contributo di riflessione prodotto dalla facciata stessa.

In Figura 7 e Figura 8 si riporta l'ubicazione delle nuove turbine (R-FZ01÷R-FZ12) e di tali punti di calcolo, le cui coordinate sono riportate in Appendice (Tabella 20 e Tabella 21).

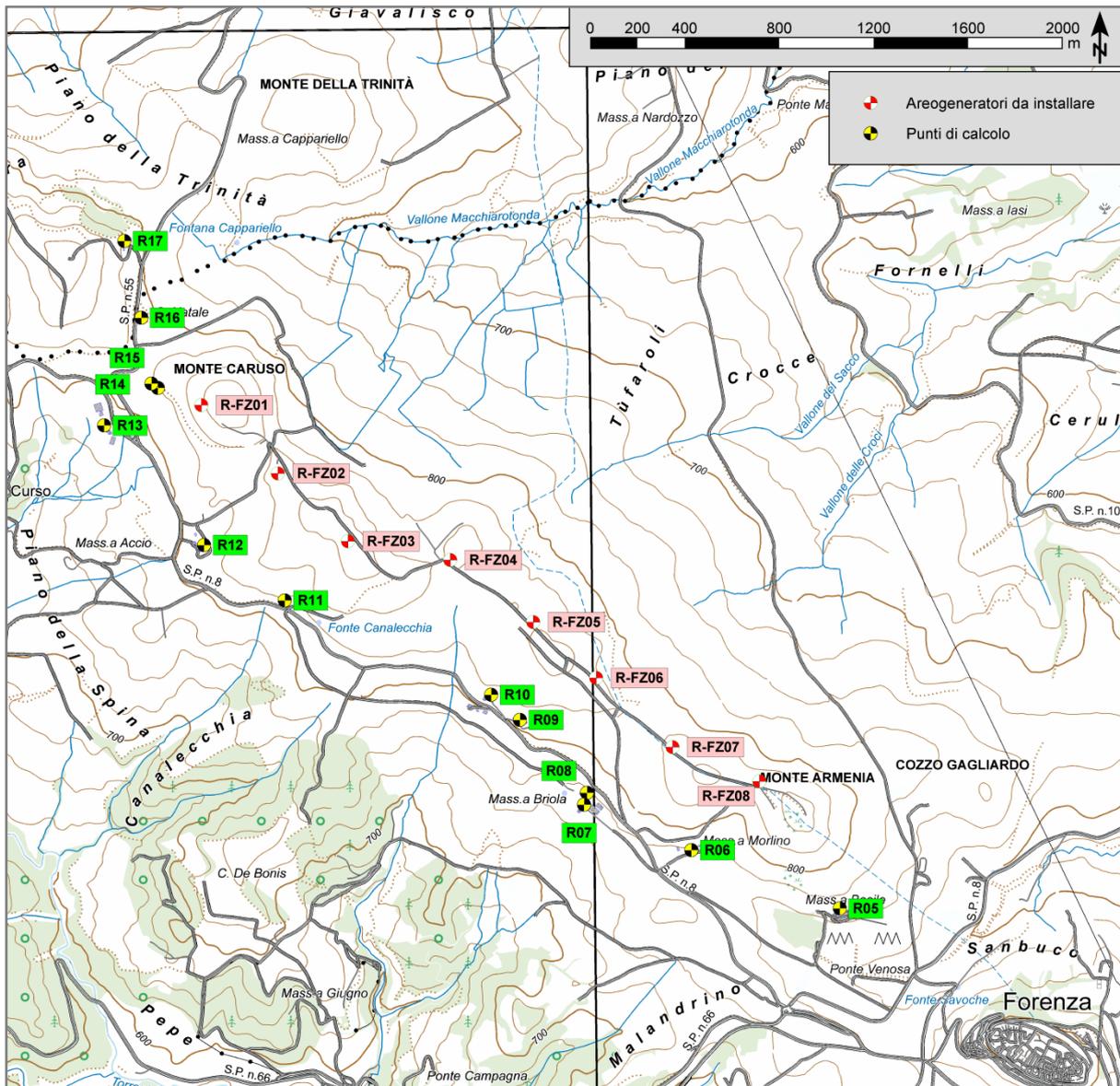


Figura 7 – Ubicazione degli aerogeneratori in progetto e dei punti di calcolo presso i ricettori – Parte NORD.

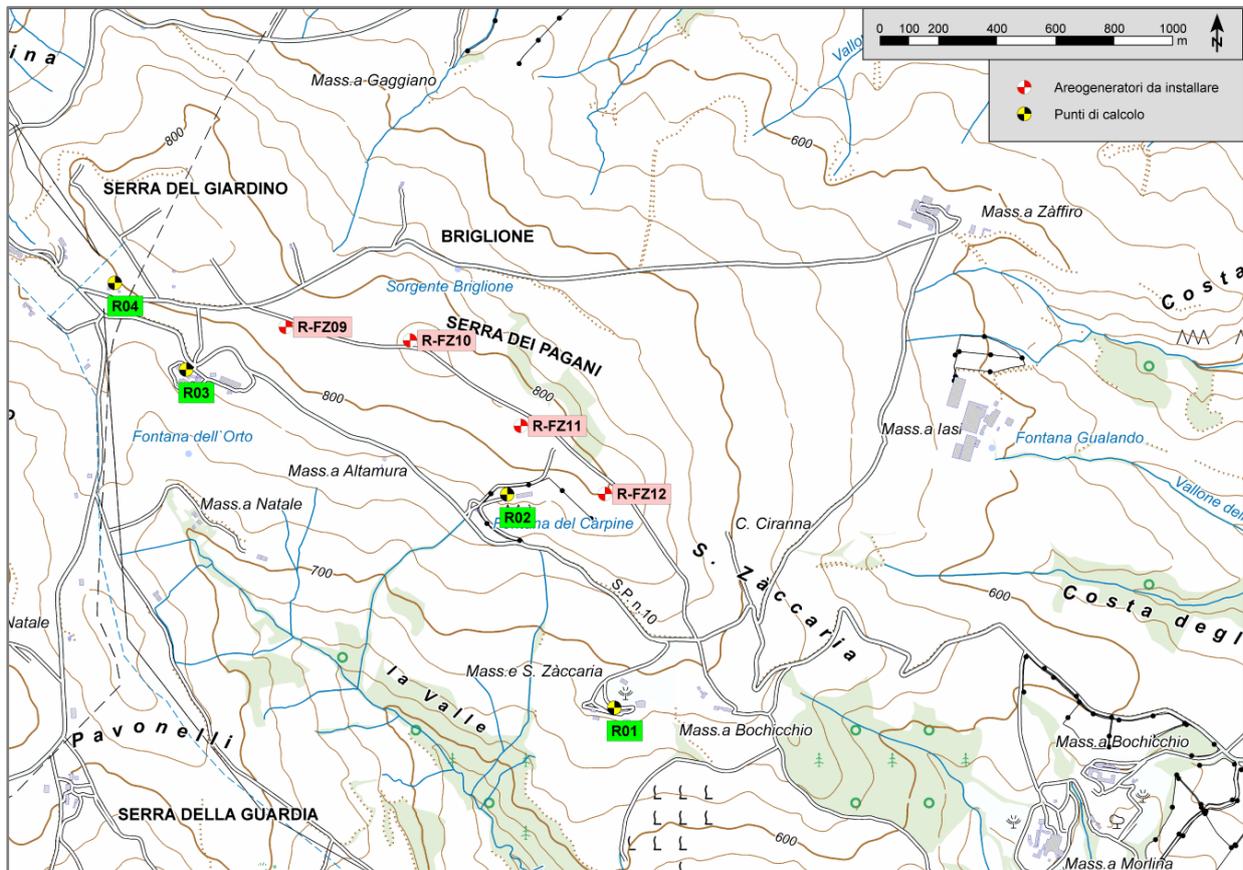


Figura 8 – Ubicazione degli aerogeneratori in progetto e dei punti di calcolo presso i ricettori – Parte SUD.

4.1.3 Caratteristiche emissive delle sorgenti utilizzate

Le caratteristiche emissive degli aerogeneratori che saranno installati sono state ricavate dai dati progettuali forniti dal committente per i modelli di macchine di possibile installazione.

Alla data di redazione del presente documento non è ancora stato individuato il modello di aerogeneratore che sarà installato; sono però stati selezionati alcuni modelli adeguati alle finalità del progetto, tra cui Vestas V136-4.2 MW, Nordex N131/3900, SG 4.5-145, tra i quali sarà successivamente effettuata la scelta.

I dati di emissione sonora relativi a tali turbine, riportati sulla documentazione del costruttore, sono stati forniti da ERG.

In vista della simulazione, tra i modelli di turbina di possibile installazione, sono state assunte le caratteristiche tecniche peggiorative selezionando l'aerogeneratore caratterizzato dal maggiore livello di potenza sonora.

Sulla base dei dati dei modelli disponibili, si è quindi considerato l'aerogeneratore SG 4.5-145 con le seguenti caratteristiche⁷:

- altezza al mozzo pari a 107.5 m dal suolo;
- potenza sonora massima su tutto il range operativo di circa 107.8 dB(A);
- diametro del rotore pari a 145 m.

La potenza sonora apparente dell'aerogeneratore, ricavata secondo la norma IEC 61400-11, è variabile in funzione della velocità del vento. La Tabella 5 riporta i valori del livello di potenza sonora L_{WA} in dB al variare della velocità del vento all'altezza del mozzo (V_{hub}). Non essendo disponibile tra le informazioni fornite dal costruttore, la forma spettrale della potenza sonora inserita nel modello è stata ricavata dai dati bibliografici per aerogeneratori di taglia analoga.

In Tabella 5 si nota come il livello emissivo massimo, pari, appunto a **107.8 dB(A)**, si abbia a partire dalla classe di velocità vento al mozzo V_{hub} di circa 9 m/s, per poi permanere costante al crescere della velocità.

Tabella 5 - Livello di potenza sonora al variare della velocità del vento all'altezza del mozzo (V_{hub}) per l'aerogeneratore SG 4.5-145.

V_{hub} [m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L_{WA} [dB]	95.1	95.5	99.7	103.2	106.2	107.8	107.8	107.8	107.8	107.8	107.8

L'emissione di ciascuna sorgente è stata considerata come isotropa omnidirezionale; l'altezza della sorgente è stata posta pari a quella del mozzo degli aerogeneratori.

Nonostante le caratteristiche acustiche del terreno erboso del sito siano marcatamente assorbenti, come ulteriore elemento conservativo, il fattore di assorbimento del suolo G è stato posto pari a 0.6, come indicato dalla TS, ossia intermedio tra il comportamento completamente riflettente ($G=0$) e completamente assorbente ($G=1$).

4.2 Rumorosità dei nuovi aerogeneratori – Livello di immissione specifica.

Il calcolo è stato effettuato sia in termini puntuali, presso singoli punti, che su tutta l'area circostante i nuovi aerogeneratori e sono state prodotte le rappresentazioni mediante curve isofoniche.

4.2.1 Calcolo puntuale

Il modello è stato alimentato con i parametri di sorgente sopra riportati ed è stato calcolato il livello di rumore prodotto dai nuovi aerogeneratori del parco presso i punti di misura e di calcolo individuati. I livelli indicati nel seguito si riferiscono al solo contributo

⁷ Documento Siemens Gamesa Preliminary Developer Package, SG 4.5-145, document ID: GD372187 R0 del 30/04/2018.

delle nuove turbine funzionanti tutte alla massima potenza sonora, situazione che si verifica a partire da $V_{hub} = 9$ m/s.

Si evidenzia come le previsioni formulate siano da ritenersi conservative, per alcuni aspetti fondamentali: il primo è legato all'utilizzo nella simulazione di un tipo di suolo intermedio, in luogo della più realistica attribuzione del carattere assorbente, e il secondo legato allo specifico dello standard ISO 9613, che effettua il calcolo in condizioni debolmente favorevoli alla propagazione. In particolare, questo aspetto si verifica da parte di tutte le sorgenti su tutti i ricevitori (tutti i ricettori "sottovento" a tutte le sorgenti). Le valutazioni non sono particolarizzate per i tempi di riferimento ed il confronto è fatto con i limiti diurni e notturni utilizzando gli stessi risultati.

I livelli di immissione specifica massima previsti dal modello L_{WTG} sono riportati in Tabella 6 per i punti di misura PM1÷PM4 ed in Tabella 7 per i ricettori posti in facciata ai fabbricati (R01÷R17). Per questi ultimi si indica anche la direzione verso cui è orientata la facciata a cui il punto è associato. Si riporta il valore medio logaritmico dei livelli previsti dal modello sui due piani assunti per ogni fabbricato.

Tabella 6 – Livelli di immissione specifica massima delle nuove turbine del parco eolico di Forenza presso i punti di calcolo – Valori in dB(A)

Punto	Livello calcolato (*) $L_{WTG} @ V_{hub} = 9$ m/s
PM1 – Masseria	49.5
PM2– Agriturismo	39.3
PM3	45.0
PM4	44.5
(*) : i valori indicati si riferiscono al livello emissivo massimo dell'aerogeneratore.	

Tabella 7 – Livelli di immissione specifica massima delle nuove turbine del parco eolico di Forenza presso i punti collocati in facciata ai potenziali ricettori – Valori in dB(A)

Punto	Direzione della facciata	Livello calcolato (*) $L_{WTG} @ V_{hub} = 9$ m/s
R01	N	39.9
R02	N	50.3
R03	NE	46.2
R04	E	38.3
R05	N	40.7
R06	N	46.7
R07	NE	46.7

Punto	Direzione della facciata	Livello calcolato (*) $L_{WTG} @ V_{hub} = 9 \text{ m/s}$
R08	NE	47.4
R09	NE	48.7
R10	NE	49.4
R11	NE	47.0
R12	NE	46.1
R13	E	44.9
R14	SE	50.6
R15	NW	31.7
R16	W	41.1
R17	W	38.2
<p>(*): i valori indicati si riferiscono al livello emissivo massimo dell'aerogeneratore; essi rappresentano il valore medio energetico dei livelli previsti dal modello in facciata ai due piani del fabbricato.</p>		

Il risultato del calcolo previsionale relativo alle condizioni emissive più critiche per le nuove turbine (R-FZ01÷R-FZ12) mostra, un contributo minore di 40 dB in facciata ai ricettori R01, R04, R15, R17; tale valore è, in termini assoluti, assai esiguo.

Presso i ricettori R05, R13, R16 il modello prevede livelli in facciata compresi tra 40 e 45 dB(A); gli altri punti di calcolo mostrano livelli compresi tra 45 e 50 dB(A), ad eccezione dei punti R02 ed R14, ove il valore atteso in facciata nelle condizioni emissive più critiche è leggermente superiore a 50 dB(A).

Il fabbricato in facciata al quale è posto il punto R14 non rappresenta però un ambiente abitativo (non presente al catasto), esso è invece una struttura agricola di pertinenza all'edificio adiacente (punto R15), quest'ultimo classificato in categoria C/2 – Magazzini e locali di deposito. Esso pertanto non sarà più considerato nelle successive valutazioni.

A seguire, i livelli più elevati sono previsti per i punti R10, R09, R08 ed R11.

Gli interventi in progetto prevedono il mantenimento degli aerogeneratori esistenti nel comune di Maschito; il loro contributo interesserà marginalmente i ricettori collocati all'estremità Nord dell'impianto eolico di Forenza, in particolare R15÷R17.

Come detto, i livelli riportati in Tabella 6 si riferiscono ai livelli emissivi massimi dei nuovi aerogeneratori, ma ovviamente i contributi sono funzione della V_{hub} a cui saranno interessati gli aerogeneratori stessi; la figura seguente riassume i livelli previsti presso alcuni ricettori in funzione di tale parametro. Si nota che, al calare di V_{hub} , calano proporzionalmente anche i livelli previsti in facciata; ad esempio, sul punto R09, il livello L_{WTG} già con V_{hub} di 7 m/s scende sotto i 45 dB.

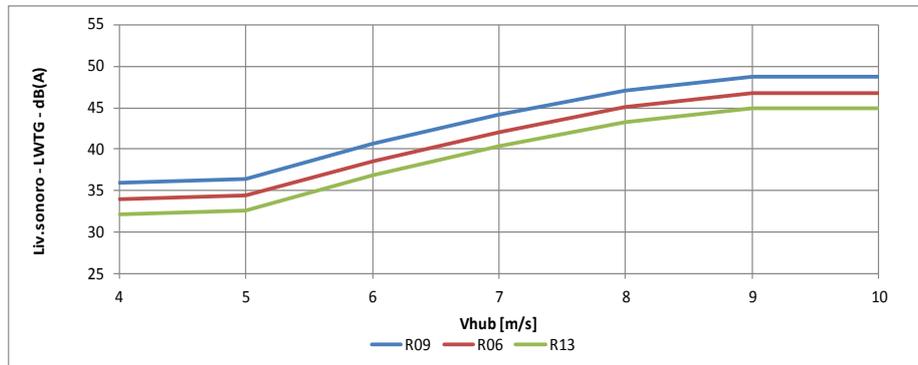


Figura 9 - Livelli di immissione specifica calcolati presso alcuni ricettori in funzione di V_{hub} .

4.2.2 Mappe isofoniche

Per una rappresentazione delle immissioni specifiche del parco eolico nel territorio circostante, sono state prodotte mappe recanti le curve isofoniche. Il calcolo è stato eseguito ad una altezza dal suolo di 4 m su, con i parametri indicati in appendice. L'area di calcolo su cui sono rappresentate le curve si estende per un buffer di alcune centinaia di m dai nuovi aerogeneratori.

Le curve calcolate, a partire da 25 dB(A), con passo 5 dB(A) sono rappresentate, sulla planimetria del sito per lo scenario emissivo massimo (velocità del vento pari a 9 m/s al mozzo) delle nuove turbine (R-FZ01÷R-FZ12). La Figura 10 riguarda la parte Nord del parco, la Figura 11 quella a Sud.

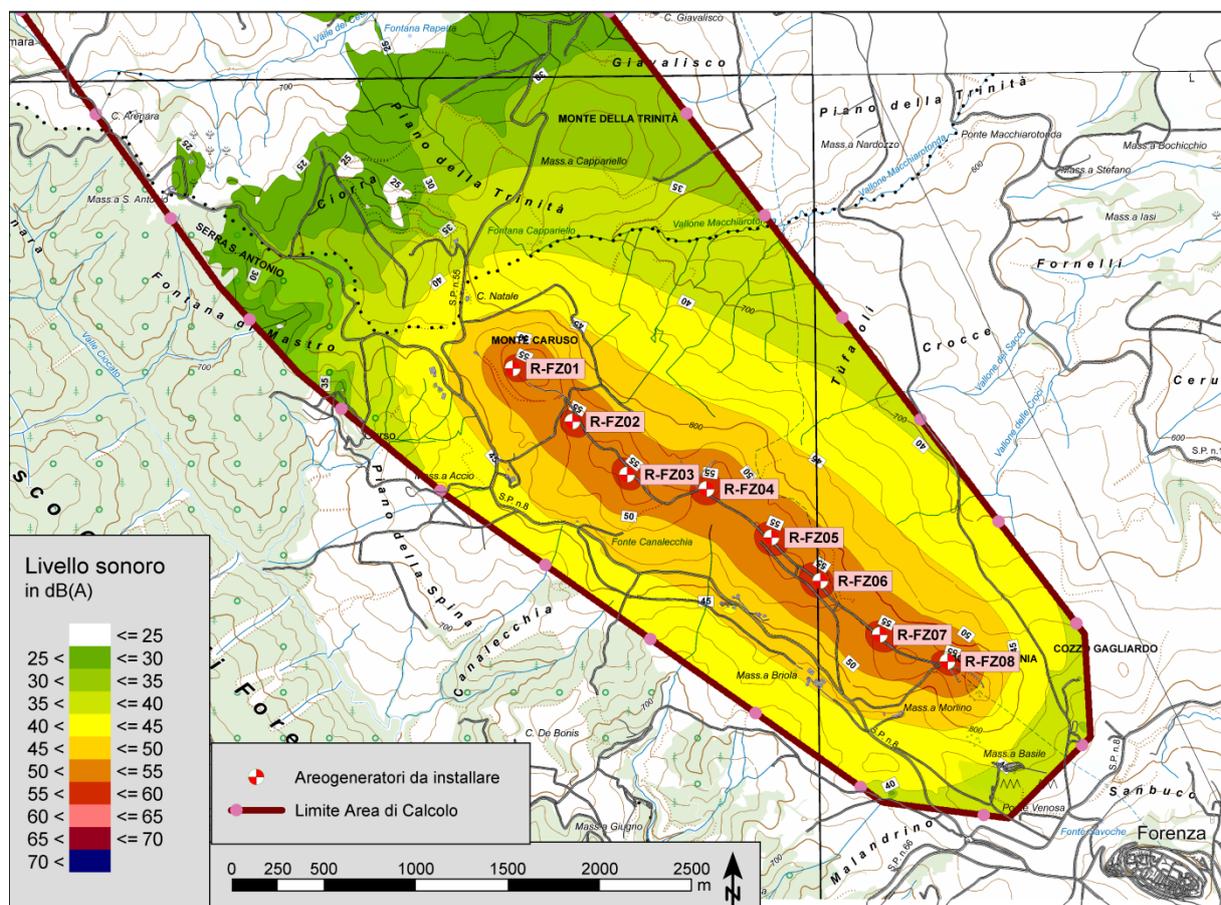


Figura 10 - Parco eolico di Foreza: curve isofoniche di immissione specifica degli aerogeneratori in progetto (R-FZ01÷R-FZ12), con velocità del vento di 9 m/s al mozzo – Massimo livello emissivo– Parte NORD del parco.

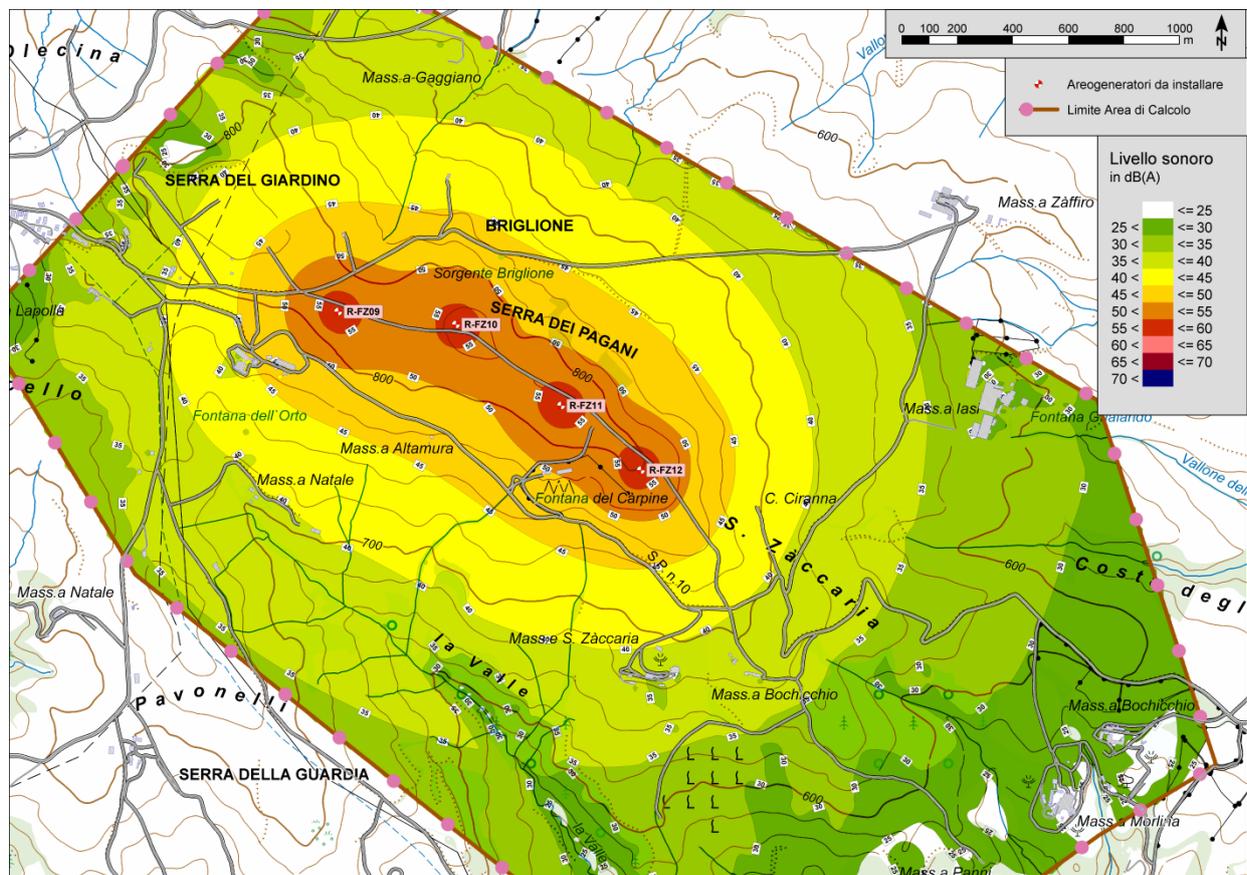


Figura 11 - Parco eolico di Foreza: curve isofoniche di immissione specifica degli aerogeneratori in progetto (R-FZ01÷R-FZ12), con velocità del vento di 9 m/s al mozzo – Massimo livello emissivo– Parte SUD del parco.

4.3 Verifica dei limiti di legge

4.3.1 Livelli di immissione assoluti

La caratterizzazione delle immissioni nell'assetto futuro è stata effettuata sommando al rumore attuale *ante operam* $L_{Aeq,Res}$, ottenuto dai rilievi sperimentali presso le postazioni PM1, e PM2 (§ 3.3) con le attuali macchine disattivate, il contributo dell'impianto eolico di Foreza calcolato con il modello (L_{WTG}) alimentato con le sorgenti modellate (aerogeneratori R-FZ01÷R-FZ12). Il calcolo è stato eseguito mediante la seguente relazione:

$$L_{Amb} = 10 \cdot \log (10^{0.1 \cdot L_{Aeq,Res}} + 10^{0.1 \cdot L_{WTG}})$$

dove L_{Amb} rappresenta il valore del livello di immissione da confrontare con i limiti di cui alla zonizzazione. Nella Tabella 8, per la velocità del vento V_{hub} di 9 m/s che dà origine alla massima emissione sonora, si riportano:

- il livello di rumore residuo misurato L_{Res} (qualora non disponibile un valore specifico del punto, si utilizza il dato di L_{Aeq} medio relativo al punto PM1, di cui alla Tabella 3) arrotondato allo 0.5 dB più vicino;
- il livello di immissione specifica degli aerogeneratori L_{WTG} calcolato dal modello nella condizione emissiva massima (Tabella 6);
- il livello di immissione dopo l'entrata in servizio degli aerogeneratori L_{Amb} .

Le valutazioni non sono particolarizzate per i tempi di riferimento ed il confronto è fatto con i limiti diurni e notturni utilizzando gli stessi risultati.

In Tabella 8 si presentano i risultati per i punti sede delle misure (PM1÷PM4), mentre in Tabella 9 quelli per i punti di calcolo in facciata ai fabbricati a carattere residenziale.

Tabella 8 – Livelli di immissione calcolati presso ambienti abitativi – Condizione emissiva massima
 $V_{hub} \geq 9 \text{ m/s}$ – Valori in dB(A)

Punto	Livello di rumore residuo L_{Res}	Livello di immissione specifica degli aerogen. L_{WTG}	Livello massimo di immissione "post operam" L_{Amb}	Limite transitorio di accettabilità (DPCM 01.03.1991) Diurno/ Notturmo
PM1 – Masseria	38.5	49.5	49.8	70/60
PM2 – Agriturismo	40.0	39.3	42.7	
PM3	38.5	45.0	45.9	
PM4	38.5	44.5	45.5	

Tabella 9 – Livelli di immissione calcolati presso ambienti abitativi – Valori in dB(A)

Punto	Livello di rumore residuo L_{Res}	Livello di immissione specifica degli aerogen. L_{WTG}	Livello massimo di immissione "post operam" L_{Amb}	Limite transitorio di accettabilità (DPCM 01.03.1991) Diurno/ Notturmo
R01	38.5	39.9	42.3	70/60
R02	38.5	50.3	50.6	70/60
R03	38.5	46.2	46.9	70/60
R04	38.5	38.3	41.4	70/60
R05	38.5	40.7	42.7	70/60
R06	38.5	46.7	47.3	70/60
R07	38.5	46.7	47.3	70/60
R08	38.5	47.4	47.9	70/60
R09	38.5	48.7	49.1	70/60
R10	38.5	49.4	49.7	70/60

Punto	Livello di rumore residuo L_{Res}	Livello di immissione specifica degli aerogen. L_{WTG}	Livello massimo di immissione "post operam" L_{Amb}	Limite transitorio di accettabilità (DPCM 01.03.1991) Diurno/ Notturmo
R11	38.5	47.0	47.6	70/60
R12	38.5	46.1	46.8	70/60
R13	38.5	44.9	45.8	70/60
R15	38.5	31.7	39.3	70/60
R16	38.5	41.1	43.0	70/60
R17	38.5	38.2	41.4	70/60

Presso tutti i ricettori individuati, il livello di immissione "post operam" L_{Amb} , ottenuto sommando in termini energetici il livello di rumore residuo al contributo delle nuove macchine in facciata ai fabbricati risulta pari, al più, a circa 50.5 dB(A).

Si può quindi concludere che i limiti transitori di accettabilità, validi per "tutto il territorio nazionale" in assenza di classificazione acustica del comune interessato, pari a 70 dB diurni e 60 dB notturni, risultano ampiamente rispettati sia in periodo diurno che notturno presso tutti i ricettori, anche alle velocità del vento più elevate.

4.3.2 Criterio Differenziale

Per valutare il rispetto del criterio differenziale stabilito dal D.P.C.M. 14.11.1997 mediante ipotesi cautelative si stima il rumore indotto dal parco eolico all'interno degli edifici potenzialmente disturbati. Una valutazione accurata richiederebbe la conoscenza di alcuni elementi quali:

- le caratteristiche d'isolamento sonoro dell'elemento composto da parete + serramento, nei due casi di serramento aperto o chiuso;
- la posizione delle finestre dei locali eventualmente disturbati rispetto agli aerogeneratori più vicini.

A proposito di quest'ultimo aspetto, se attraverso la finestra sono direttamente visibili una o più macchine, l'attenuazione introdotta dalla parete composta (muro + finestra) sarà minore rispetto al caso in cui la vista non sia diretta. L'attenuazione offerta dalla parete aumenterà in funzione dell'angolo formato tra la direzione perpendicolare alla finestra, e quella della linea congiungente la finestra e la torre dell'aerogeneratore.

A fini orientativi, si può ipotizzare che l'incremento di rumore sulla facciata degli edifici, dovuto al funzionamento degli aerogeneratori, sia completamente trasferito nei locali interni. Siffatta valutazione è certamente cautelativa in quanto trascura gli eventuali effetti di attenuazione del rumore sopra citati.

Il comune di Forenza non dispone del piano di classificazione acustica; in questi casi l'applicazione del criterio differenziale, che trova conferma ad esempio nella circolare ministeriale del settembre 2004⁸, è stata oggetto di numerose sentenze e pronunciamenti contrari della magistratura. L'orientamento della giurisprudenza sembra indicare l'inapplicabilità del criterio differenziale in assenza di zonizzazione acustica⁹.

Ciò nonostante, nel seguito, è stata formulata una valutazione.

Il criterio differenziale deve essere verificato per via sperimentale all'interno degli ambienti abitativi, secondo i dettami operativi di cui al DMA 16/03/1998; esso prevede soglie di applicabilità distinte per i due TR (diurno e notturno) e per gli assetti dei serramenti del locale ove esso viene valutato (finestre aperte e finestre chiuse).

Poiché il rispetto del criterio deve essere verificato all'interno degli ambienti abitativi, nelle valutazioni sull'applicabilità del criterio, non essendo note le caratteristiche di fonoisolamento della facciata del fabbricato a finestre aperte e chiuse, occorre formulare alcune ipotesi per il trasferimento del livello esterno di facciata all'interno del fabbricato a serramenti aperti e chiusi.

A tale proposito si fa notare che la Linea Guida ministeriale sui Progetti di Monitoraggio Ambientale¹⁰, redatta con la collaborazione di ISPRA, a pag. 29 afferma che *"in mancanza di stime più precise, la differenza tra il livello di rumore all'interno dell'edificio rispetto a quello in esterno (facciata) può essere stimato mediamente:*

- *da 5 a 15 dB (mediamente 10 dB) a finestre aperte.*
- *in 21 dB a finestre chiuse".*

Il documento ISPRA¹¹ "Linee guida per il controllo e il monitoraggio acustico ai fini delle verifiche di ottemperanza delle prescrizioni VIA", a pag. 10 fornisce anch'esso indicazioni sulla stessa tematica quando afferma che: *"In mancanza di stime più precise [...] per il rumore immesso in ambiente abitativo possono essere utilizzate, ad esempio, le indicazioni contenute nelle linee guida dell'OMS "Night noise guidelines for Europe",*

⁸ Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio - Circolare 6 settembre 2004 "Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali" (GU Serie Generale n.217 del 15-9-2004).

⁹ TAR Lombardia, Milano, Sez.I, 1 Marzo 2004 n.813; TAR Veneto, Sez. III, 31 Marzo 2004 n.847 e 29 Marzo 2002 n.1195; TAR Emilia Romagna, Parma 4 Maggio 2005, n.244; TAR Toscana Sez.II, 2 Aprile 2003 n.1206; TAR Friuli Venezia Giulia, 21 Dicembre 2002 n.1069.

¹⁰ MATTM - Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali, MiBACT - Direzione Generale per il Paesaggio, le Belle Arti, l'Architettura e l'Arte Contemporanee, con la collaborazione di ISPRA "Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.; D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) - Indirizzi metodologici specifici: Agenti fisici - Rumore (Capitolo 6.5.)" REV. 1 del 30/12/2014.

<http://www.va.minambiente.it/File/DocumentoPortale/29>

¹¹ ISPRA - Manuali e linee guida 100/2013 "Linee guida per il controllo e il monitoraggio acustico ai fini delle verifiche di ottemperanza delle prescrizioni VIA" del novembre 2013 ISBN: 978-88-448-0633-0 http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/MLG_100_13.pdf

capp. 1 e 5. Queste, considerando alcuni indici medi europei relativi all'isolamento di pareti nella situazione di finestre chiuse o aperte rispetto al rumore esistente sulla facciata più esposta, stimano mediamente come differenza tra il livello di rumore all'interno rispetto a quello in esterno (facciata) i seguenti valori:

- 15 dB a finestre aperte;
- 21 dB a finestre chiuse".

Si possono allora formulare le seguenti considerazioni;

- Il criterio differenziale risulta non applicabile¹² in periodo diurno anche alla velocità del vento più elevata presso la totalità dei punti, poiché già il livello esterno è inferiore al limite di applicabilità del criterio stesso, pari a 50 dB interni al locale, a finestre aperte, considerazione applicabile anche al punto R02, ove si prevede un livello di immissione leggermente maggiore di 50 dB(A).
- In periodo notturno, la soglia di applicabilità del criterio a finestre aperte è di 40 dB(A) all'interno del locale. Considerando l'attenuazione media di 10 dB per il trasferimento del livello esterno (in facciata) all'interno del fabbricato a serramenti aperti, si avrà la non applicabilità del criterio in tutti i punti.
- La non applicabilità del criterio differenziale deve essere verificata nelle due situazioni di serramenti aperti e chiusi. In quest'ultimo caso i valori del livello di rumore interno al di sotto dei quali si può considerare trascurabile il disturbo sono pari, in periodo notturno, a 35 dB in periodo diurno e a 25 dB in periodo notturno; in altre parole, qualora il livello sonoro con parco eolico in funzione, misurato all'interno dei locali disturbati, risulti, con serramenti chiusi, minore dei valori precedentemente indicati, il criterio differenziale non si applica. Con riferimento al documento ISPRA citato, considerando un'attenuazione di oltre 20 dB tra il livello sonoro esterno in facciata ed il livello di rumore interno a serramenti chiusi, si prevede la non applicabilità presso una buona parte delle localizzazioni. I livelli previsti, tutti compresi entro 30 dB circa sono comunque tali da non pregiudicare la normale fruizione dei locali, anche a scopo di riposo.

Si conclude quindi la sostanziale non applicabilità del criterio per tutte le postazioni.

Va comunque osservato che il progetto proposto si esplica su un parco eolico esistente; le valutazioni condotte nel presente paragrafo considerano il rumore residuo con le attuali turbine del parco eolico poste fuori servizio. Questo approccio appare ampiamente conservativo, poiché non tiene conto della situazione attuale, nella quale invece già esiste, da molti anni, un parco funzionante, la cui rumorosità fa parte del clima acustico attuale proprio del sito. In altre parole, la valutazione delle modificazioni introdotte nel clima acustico del sito dalle nuove macchine sarebbe più realisticamente descritta utilizzando, come termine di paragone, la situazione con tutte le attuali macchine in

¹² Secondo il DPCM 14/11/1997, le soglie di applicabilità del criterio valgono rispettivamente 50 dB in periodo diurno e 40 dB in periodo notturno a finestre aperte e 35 dB diurni e 25 dB notturni a finestre chiuse e si riferiscono al livello sonoro interno al locale disturbato.

funzione. In questo caso, ad esempio, si osserverebbe che nel punto PM1, collocato presso l'area esterna della masseria di cui al punto R02, già nelle condizioni attuali si hanno livelli medi di 48 dB(A) per $V_{hub} = 9$ m/s (Tabella 4). Considerando che tale valore si riferisce ad un punto in campo libero, il relativo valore in facciata potrebbe attestarsi a circa 50 dB(A).

Un'analoga considerazione può essere avanzata anche per la postazione PM2, ove il livello rilevato per la classe $V_{hub} = 9$ m/s è ancora di circa 48 dB(A). Presso il punto PM3, che può essere ritenuto rappresentativo delle localizzazioni R09 ed R10, il livello L_{Aeq} misurato in campo libero, con $V_{hub} = 9$ m/s risulta di circa 49 dB(A). Nel punto PM4, situato a breve distanza dal fabbricato di cui al punto R16, il livello sonoro corrispondente alla V_{hub} di 9 m/s è di circa 46.5 dB(A).

4.3.3 Mitigazioni

In attuazione di quanto previsto dal Progetto di Monitoraggio (doc. CESI B9011387), sarà eseguita una campagna di caratterizzazione dei livelli sonori *post operam*, ossia dopo il completamento degli interventi di potenziamento. Qualora, a seguito dei rilievi sperimentali, si evidenziassero presso uno o più ricettori situazioni di non conformità, ad oggi peraltro non ravvisabili, verranno attuate opportune strategie di funzionamento per gli aerogeneratori che maggiormente influenzano la rumorosità in tali punti. Mediante tali strategie, implementate sulle macchine di recente concezione, sarà possibile ridurre l'emissione sonora degli aerogeneratori a partire da una certa velocità del vento, in modo da garantire il rispetto dei limiti di legge presso le localizzazioni di interesse.

4.4 Confronto tra impianto esistente e impianto di progetto

Note le caratteristiche emissive degli aerogeneratori attualmente installati e di quelli futuri è possibile operare un confronto tra il livello sonoro complessivamente attribuibile al parco eolico di Forenza presso i ricettori individuati.

Le turbine ad oggi in funzione sono del tipo Vestas V47 660 kW, il cui livello di emissione massimo, espresso in termini di livello di potenza sonora è pari a 102 dB(A), come si ricava dalle specifiche generali del costruttore¹³, di cui un estratto è riportato in Figura 12.

5.1.1 Noise level: (sound power level)

According to DK 304	V47-660 kW	V47-660/200 kW
In dB (A) re 1 PW	102	100

Figura 12 7- Livello di potenza sonora massimo dell'aerogeneratore Vestas V47 attualmente installato.

¹³ Documento VESTAS "General Specification - 660 kW Variable Slip Wind Turbines - V47 - 660 kW V47 - 660/200 kW" Item no.: 943111.PM4 del 31/07/2001.

Per i nuovi aerogeneratori il livello emissivo, indicato al § 4.1.3, è pari a 107.8 dB(A), e la altezza del mozzo è pari a 107.5 m.

La Tabella 10 riporta i risultati del calcolo modellistico relativo agli aerogeneratori attualmente installati, condotto sui punti PM1÷PM4, assumendo il livello di potenza sonora di targa, pari a 102 dB(A). Si confronta il contributo dei nuovi aerogeneratori R-FZ01÷R-FZ12 con quello degli attuali (FZ01÷FZ36), nelle condizioni emissive massime.

La Tabella 11 riporta gli analoghi risultati per i punti di calcolo collocati in facciata ai potenziali ricettori.

Tabella 10 – Confronto dei livelli di immissione specifica massima degli aerogeneratori presso i punti di misura – Valori in dB(A)

Punto	Livello calcolato (*)		
	SG 4.5-145 (Futuro) [B]	Vestas V47 (Attuale) [A]	Delta [B] – [A]
PM1 – Masseria	49.5	48.8	0.7
PM2 - Agriturismo	39.3	41.3	-2.0
PM3	45.0	43.9	1.1
PM4	44.5	37.0	7.5
(*): i valori indicati si riferiscono al livello emissivo massimo degli aerogeneratori, che può verificarsi a velocità del vento diverse nei due casi. Il confronto riguarda, per la situazione futura [B], gli aerogeneratori R-FZ01÷R-FZ12 e per la situazione attuale [A] gli aerogeneratori che saranno rimpiazzati, ossia FZ01÷FZ36. Non si considera quindi il contributo delle turbine MH01÷MH24 che resteranno inalterate.			

Il calcolo condotto mostra un buon accordo con i risultati delle misure eseguite (Tabella 4), in particolar modo per la postazione PM1, ove i livelli L_{Aeq} per le velocità più elevate di attestano, appunto, a circa 48 dB(A). Nel punto PM2 i livelli rilevati sono maggiori rispetto al contributo calcolato, a motivo probabilmente di un maggior apporto delle sorgenti diverse dal parco eolico, legate all'attività dell'agriturismo. Nonostante lo scarso numero di acquisizioni, anche i punti PM3 e PM4 mostrano un discreto accordo con i dati sperimentali. Le variazioni del livello di immissione specifica tra la situazione attuale e quella futura sono di segno negativo per il punto PM2, ad indicare un calo del contributo del parco, e di segno positivo per PM1, PM3 e PM4. Tuttavia, specie per il punto PM4, ma anche per PM3, ancorché in misura minore, il confronto dovrebbe più correttamente tenere conto del contributo degli aerogeneratori MH01÷MH24, inalterati in entrambi gli scenari. Questo porterebbe ad una significativa riduzione delle variazioni calcolate in Tabella 10.

Tabella 11 – Confronto dei livelli di immissione specifica massima degli aerogeneratori presso i punti collocati in facciata ai potenziali ricettori – Valori in dB(A)

Punto	Direzione della facciata	Livello calcolato (*)		
		SG 4.5-145 (Futuro) [B]	Vestas V47 (Attuale) [A]	Delta [B] – [A]
R01	N	39.9	42.4	-2.5
R02	N	50.3	49.1	1.2
R03	NE	46.2	46.8	-0.6
R04	E	38.3	39.4	-1.1
R05	N	40.7	38.5	2.2
R06	N	46.7	45.4	1.3
R07	NE	46.7	45.9	0.8
R08	NE	47.4	44.8	2.6
R09	NE	48.7	46.4	2.3
R10	NE	49.4	47.9	1.5
R11	NE	47.0	45.6	1.4
R12	NE	46.1	43.5	2.6
R13	E	44.9	40.6	4.3
R15	NW	31.7	22.6	9.1
R16	W	41.1	33.4	7.7
R17	W	38.2	32.6	5.6

(*): i valori indicati si riferiscono al livello emissivo massimo degli aerogeneratori, che può verificarsi a velocità del vento diverse nei due casi. I valori indicati rappresentano il valore medio energetico dei livelli previsti dal modello in facciata ai due piani del fabbricato. Il confronto riguarda, per la situazione futura [B], gli aerogeneratori R-FZ01÷R-FZ12 e per la situazione attuale [A] gli aerogeneratori che saranno rimpiazzati, ossia FZ01÷FZ36. Non si considera quindi il contributo delle turbine MH01÷MH24 che resteranno inalterate.

Il confronto tra la situazione futura ed attuale mostra un quadro diversificato, frutto di più fattori: l'incremento della rumorosità prodotta da ciascuna macchina, la contemporanea riduzione del numero di macchine, la loro ricollocazione geografica e l'incremento dell'altezza del mozzo.

Si hanno n°3 punti ove si prevede una riduzione dell'attuale livello di immissione specifica del parco. Gli altri punti considerati sperimentano un incremento, che, tuttavia, in quasi tutti i casi è contenuto entro +3 dB circa. Gli incrementi più rilevanti si registrano nella zona nord del parco, presso i ricettori R13÷R16, per i quali, come anticipato a commento della tabella precedente, si dovrebbe considerare anche il contributo degli aerogeneratori nel comune di Maschito, attivi in entrambi gli scenari, il cui apporto in

termini di livello sonoro, se sommato ai valori delle colonne [A] e [B] porterebbe ad una riduzione degli incrementi calcolati.

Va ricordato a tale proposito che, a livello di percezione, la variazione del livello di pressione sonora induce sul sistema uditivo umano una variazione di "sensazione sonora". Incrementi di +3, +5 e +10 dB del livello di pressione risultano rispettivamente "appena percettibile", "chiaramente udibile" e corrispondente ad un raddoppio della sensazione.

Va inoltre sottolineato che il confronto riportato dalle precedenti tabelle si riferisce al solo contributo del parco (livello di immissione specifico); considerando nel calcolo il contributo causato dal vento, ma indipendente alle sorgenti del parco, ossia il livello di immissione, si avrebbero variazioni di minore entità.

5 IMPATTO ACUSTICO DURANTE LE FASI DI REALIZZAZIONE

Durante le altre fasi realizzative, le potenziali interazioni relative al comparto rumore sono riconducibili alle emissioni acustiche prodotte dai diversi macchinari: gru mobile, autocarri, compressori, strumenti per il montaggio meccanico (utensili elettrici portatili, imbullonatici, mole elettriche, gruppi elettrogeni, compressori, ecc).

Le fasi realizzative di un parco eolico possono essere così sintetizzate:

- fase 1: scavo per fondazioni aerogeneratori;
- fase 2: getto fondazioni;
- fase 3: montaggio aerogeneratori;
- fase 4: realizzazione linea elettrica di connessione;
- fase 5: sistemazione piazzali.

Nel caso specifico dell'impianto di Forenza e Maschito, oltre alle fasi realizzative vere e proprie, vi saranno le attività di smontaggio degli aerogeneratori esistenti.

La valutazione dell'impatto acustico prodotta dall'attività di cantiere oggetto di studio è stata condotta adottando i dati forniti da studi di letteratura, considerando i diversi automezzi presenti.

La fase che si ritiene più impattante è quella che riguarda lo scavo delle fondazioni degli aerogeneratori. Si considera un parco di mezzi così composto:

- n°1 escavatore cingolato;
- n°1 pala gommata;
- n°1 autocarro.

Lo sviluppo della modellazione matematica delle attività di cantiere presuppone la conoscenza dei livelli emissivi dei principali macchinari coinvolti nelle lavorazioni, cioè del livello di potenza sonora per bande spettrali. A tale scopo si utilizzano anche dati di largo impiego in ambito tecnico o dati provenienti dai costruttori. Per il presente studio, la fonte informativa dei dati è rappresentata dalle schede di potenza sonora scaricabili dalla pagina Web dell'ente FSC, Formazione Sicurezza Costruzioni di Torino (<http://www.fsctorino.it/home/home-sicurezza/scr-bancadati-rpo/>). Tali dati furono elaborati alcuni anni or sono dall'allora Comitato Paritetico Territoriale per la Prevenzione Infortuni, l'Igiene e l'Ambiente di Lavoro di Torino e Provincia (C.P.T.), poi confluito in FSC.

I macchinari considerati per la simulazione dell'emissione sonora delle attività di scavo delle fondazioni, con i rispettivi livelli di potenza sonora, sono riportati in Tabella 12.

Tabella 12 -Sorgenti sonore inserite nel modello della fase cantieristica di preparazione del sito e scavo e relativo livello di potenza sonora.

Sorgente	N°	Livello Potenza sonora [dB(A)]	% utilizzo	Fonte dei dati
Escavatore cingolato (124 kW)	1	107.2	100	Banca Dati CPT, rif.: 937-(IEC-54)-RPO-01
Pala caricatrice gommata (134 kW)	1	102.3	100	Banca Dati CPT, rif.: 970-(IEC-64)-RPO-01
Autocarro ribaltabile da 20 m ³ (pot. 230 kW)	1	101.1	100	Banca Dati CPT, rif.: 948-(IEC-14)-RPO-01

Assumendo un funzionamento continuativo sull'intero periodo diurno dei macchinari di Tabella 12, si ottiene un livello di potenza sonora complessivo pari a **109.2 dB(A)**.

A motivo della notevole distanza tra le piazzole ed i potenziali ricettori, la potenza sonora dei mezzi d'opera è stata concentrata in corrispondenza della posizione prevista per gli aerogeneratori, all'incirca al centro della relativa piazzola, considerando quindi una sorgente sonora "virtuale" della potenza indicata, rappresentativa del cantiere.

Noti quindi i livelli di potenza sonora, attraverso l'utilizzo di una semplice formula di propagazione sonora in campo aperto, relativa alle sorgenti puntiformi poste al suolo, sono stati previsti i livelli sonori presso i ricettori considerati.

In via molto cautelativa, il calcolo considera solo il decadimento per divergenza geometrica e non gli altri effetti quali l'assorbimento atmosferico, l'attenuazione per eventuali schermature dovute ad esempio all'orografia e l'assorbimento del suolo.

La formula di calcolo è la seguente:

$$L_p = L_w - 20\text{Log}(d) - 8$$

dove:

- L_p = livello di pressione sonora dovuto al cantiere calcolato alla distanza d ;
- d = distanza;
- L_w = livello di potenza sonora della sorgente virtuale rappresentativa del cantiere.

Le attività di cantiere avranno luogo nell'ambito del normale orario lavorativo diurno di 8 ore, quindi per il calcolo del livello di immissione occorrerebbe considerare l'effettivo funzionamento delle sorgenti rispetto all'intero tempo di riferimento diurno, pari a 16 ore. Inoltre, sulla base dei dati progettuali, si dovrebbe stimare una % di utilizzo, ossia la quantità di tempo di effettivo funzionamento delle macchine considerate e quindi il

tempo in cui viene prodotta l'emissione sonora nell'ambito del loro periodo d'impiego¹⁴. Nella simulazione, in termini ampiamente cautelativi si sono ignorati entrambi gli aspetti, considerando quindi tutte le sorgenti attive con continuità sull'intero TR diurno, ossia dalle ore 6:00 alle ore 22:00.

La valutazione è stata condotta a distanza crescente dall'area di intervento, a partire dalla distanza minima tra base torre e ricettore, pari a circa 200 m in pianta. La seguente tabella riassume, per tali punti, la distanza dall'aerogeneratore più vicino ed il livello prodotto dal cantiere L_{cant} calcolato con la formula sopra riportata.

Tabella 13 – Livello sonoro prodotto dal cantiere per le fasi di scavo delle fondazioni a distanza crescente dall'area di intervento – Valori in dB(A).

Distanza da area di intervento [m]	L_{cant}
200	55.2
250	53.2
300	51.7
350	50.3
400	49.2

Anche con l'approccio cautelativo adottato, il contributo del cantiere sarà assolutamente trascurabile, ampiamente minore del limite transitorio diurno valido per *"tutto il territorio nazionale"* pari a 70 dB.

Per la realizzazione del progetto, durante le varie fasi di lavorazione, si avrà un certo traffico di mezzi pesanti all'interno dell'area d'intervento e sulle vie di accesso al sito.

Si ritiene che l'eventuale impatto sia circoscritto agli ultimi tratti di viabilità e non sugli assi viari principali. Esso sarà comunque di carattere transitorio e nel complesso trascurabile.

Dato che i lavori saranno compiuti da ditte esterne, ERG richiederà nelle proprie specifiche d'appalto, il rispetto dei vincoli imposti dalla vigente normativa sia per quanto riguarda l'emissione dei singoli mezzi d'opera che per i valori di rumore nell'area di lavoro. Quindi, tenuto conto della relativa distanza dei ricettori circostanti dalle aree di cantiere, della natura discontinua dell'emissione, della non contemporaneità di funzionamento delle varie sorgenti e, infine, della limitazione delle attività al solo periodo diurno, si valuta scarsamente significativo l'impatto prodotto anche durante queste attività.

¹⁴ Il valore 100% di attività effettiva significa assenza di pause tecniche durante il periodo d'impiego di una determinata apparecchiatura. L'effettivo periodo di emissione rumorosa di una macchina in un cantiere può essere inferiore perché vengono considerati i tempi necessari per gli spostamenti, i posizionamenti, le attese, le pause.

6 CONCLUSIONI

La valutazione di impatto acustico delle attività di potenziamento dell'impianto eolico di Forenza, che prevede la sostituzione di tutti gli aerogeneratori che lo compongono con n. 12 macchine di recentissima concezione e di maggiore taglia, si è articolata attraverso l'esecuzione di una campagna sperimentale su n°4 postazioni, per il rilievo del livello di rumore residuo e sullo sviluppo di una modellazione matematica previsionale del rumore prodotto dalle nuove macchine.

Le simulazioni sono state condotte assumendo il livello emissivo massimo degli aerogeneratori, ricavato dalla documentazione dei produttori.

Il comune di Forenza, sul cui territorio si trova il parco, non è dotato del piano di classificazione acustica del proprio territorio. Lo studio ha permesso di verificare la piena compatibilità dell'opera con i limiti transitori di accettabilità, validi per "tutto il territorio nazionale" di cui all'art.6, comma 1 del DPCM 01/03/91, da utilizzare, ai sensi della Legge Quadro 447/95, in carenza del provvedimento di classificazione acustica del comune interessato.

Le valutazioni puntuali, condotte sugli ambienti abitativi, mostrano, inoltre, la sostanziale non applicabilità del criterio differenziale di immissione all'interno degli ambienti abitativi stessi a finestre aperte, sia in periodo diurno che notturno, considerando, in quest'ultimo caso, i valori di attenuazione offerti dalla facciata, ricavate da indicazioni di letteratura. La non applicabilità del criterio differenziale a finestre chiuse è invece funzione delle caratteristiche dei serramenti. Utilizzando la stessa fonte bibliografica circa l'attenuazione sonora tra il livello esterno previsto in facciata e quello interno, si avrà la non applicabilità presso una buona parte delle localizzazioni. I livelli previsti, tutti compresi entro 30 dB circa sono comunque tali da non pregiudicare la normale fruizione degli ambienti abitativi, anche a scopo di riposo.

In attuazione di quanto previsto dal Progetto di Monitoraggio, qualora la campagna di caratterizzazione dei livelli sonori dopo il completamento degli interventi di potenziamento evidenziasse situazioni di non conformità presso uno o più ricettori, verranno attuate opportune strategie di funzionamento per gli aerogeneratori, mediante le quali sarà possibile ridurre l'emissione sonora, in modo tale da garantire il rispetto dei limiti di legge presso le localizzazioni di interesse.

Anche l'impatto delle attività di realizzazione dell'intervento di potenziamento sarà, di fatto, trascurabile sui ricettori più prossimi, con riferimento alla fase ritenuta più impattante, ossia quella di scavo delle fondazioni delle nuove macchine.

APPENDICE

Rilievi sonori ed influenza del vento

La caratterizzazione del rumore ambientale di un sito destinato allo sfruttamento dell'energia eolica presenta alcune difficoltà tecniche, poiché le condizioni sperimentali di misura potrebbero uscire dai canoni stabiliti dalle normative internazionali e, a livello nazionale, dal DMA 16.03.98 (all. B), che fissa a 5 m/s il valore limite della velocità del vento sul microfono per la corretta effettuazione delle misure.

Oltre tale limite, infatti, il flusso del vento sul microfono influisce sui dati rilevati, dando origine ad un effetto di disturbo, che si traduce in un aumento fittizio del livello di rumore ambientale rilevato.

Nel caso specifico, occorre tuttavia osservare che, con il tipo di macchinari installati, si ha produzione di energia dagli aerogeneratori, e pertanto di rumore, in un intervallo di velocità al mozzo delle turbine compreso tra 4 e 25 m/s c.a., dette rispettivamente velocità di cut-in e cut-out.

Nonostante la velocità del vento decresca al diminuire dell'altezza dal suolo, secondo un profilo all'incirca logaritmico, funzione anche dell'orografia, delle caratteristiche del suolo e delle condizioni meteorologiche, è possibile che alle velocità più elevate di funzionamento dell'aerogeneratore si abbiano sul microfono valori di velocità maggiori di 5 m/s, specie per le posizioni più esposte.

La rumorosità ambientale in assenza del parco eolico (indicata con il termine "rumore residuo") risente dell'azione del vento in relazione alla morfologia del territorio: si ha infatti una rumorosità dovuta all'interazione del vento con la vegetazione e con ostacoli naturali o artificiali. L'entità di questo rumore è fortemente sito specifico, ma in generale, crescente al crescere della velocità del vento. Il contributo del parco eolico è anch'esso crescente al crescere della velocità del vento; alle velocità più elevate, il contributo del parco eolico diventa tuttavia indistinguibile rispetto al rumore residuo.

Anche il disturbo microfonico dovuto al vento può condizionare i dati acquisiti; tuttavia esso agisce principalmente alle frequenze più basse dello spettro sonoro, che sono oggetto di maggiore attenuazione da parte della curva di ponderazione 'A' applicata, e pertanto il livello globale in dB(A), parametro da considerare per le valutazioni ai sensi delle leggi vigenti, ne risulta influenzato in misura minore.

Poiché sia il rumore residuo, cioè il rumore generato dal vento a macchine ferme, sia la rumorosità emessa dagli aerogeneratori in esercizio sono funzione della velocità del vento, occorre che i rilievi di rumore ambientale siano correlati a tale parametro.

Inoltre è indispensabile che le misure siano protratte nel tempo, al fine di caratterizzare compiutamente l'intervallo di velocità e le direzioni tipiche del sito, permettendo a tutte le principali fonti di rumore di estrinsecare il loro effetto.

In Italia non sono presenti, ad oggi, particolari regolamentazioni sull'attività di caratterizzazione del rumore in siti ove sono presenti impianti eolici; quindi tutte le prove sono state eseguite in ottemperanza a quanto riportato nel DMA 16/3/98 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

Quadro di riferimento normativo

La Legge Quadro sull'inquinamento acustico n. 447/95 prevede l'applicazione di limiti massimi assoluti per il rumore nell'ambiente esterno. Detti limiti derivano dalla zonizzazione acustica, cioè dalla suddivisione del territorio in sei classi rappresentative di altrettanti livelli di accettabilità dell'inquinamento acustico, che ogni comune dovrebbe attuare. Nella seguente tabella, tratta dall'allegato al DPCM 14/11/97, è riportata la caratterizzazione in termini descrittivi delle classi acustiche.

I valori dei limiti sono definiti, per ogni classe, nell'Allegato al DPCM 14/11/97: in tabella B sono riportati i valori da non superare per le "emissioni", cioè per il rumore prodotto da ogni singola "sorgente"¹⁵ presente sul territorio, mentre in tabella C sono riportati i valori limite da non superare per le "immissioni", cioè per il rumore determinato dall'insieme di tutte le sorgenti presenti nel sito.

In Tabella 15 e in Tabella 16, anch'esse tratte dal DPCM 14.11.1997, sono ripresi sinteticamente tali valori limite, espressi come livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A relativo al tempo di riferimento diurno o notturno ($L_{Aeq,TR}$). La Tabella 15 si riferisce ai limiti di emissione, mentre la Tabella 16 si riferisce ai limiti di immissione.

Il DMA 16/03/98 è il testo legislativo che definisce le tecniche di rilevamento del rumore ambientale; questo testo, tra l'altro stabilisce (all. B c.7) che *"le misurazioni devono essere eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s. Il microfono deve essere [...] munito di cuffia antivento"*.

Tabella 14 - DPCM 14.11.97: descrizione delle classi acustiche (tabella A)

Classe I	Aree particolarmente protette: 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: 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: 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: aree urbane interessate da intenso traffico veicolare con alta densità di popolazione con elevata presenza di attività commerciali ed 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: aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
Classe VI	Aree esclusivamente industriali: aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

¹⁵ Per "sorgente" s'intende anche un insieme di sorgenti acustiche purché appartenenti allo stesso processo produttivo o funzionale

Tabella 15 - DPCM 14.11.97: valori limite di emissione (tabella B) – Leq in dBA

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00÷22.00)	Notturno (22.00÷06.00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
III aree di tipo misto	55	45
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella 16 - DPCM 14.11.97: valori limite assoluti di immissione (tabella C) – Leq in dBA

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00÷22.00)	Notturno (22.00÷06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

Indipendentemente dalla presenza di zonizzazione la legge prevede, inoltre, la verifica del rumore adottando il criterio differenziale; esso si riferisce alla differenza tra il livello di rumore ambientale ed il livello di rumore residuo che si instaurano all'interno degli ambienti abitativi tra la condizione in cui la sorgente in esame risulta attiva e quella in cui essa viene disattivata. In altre parole, il livello differenziale di rumore (L_D) all'interno degli ambienti abitativi è dato dalla differenza, in termini di livello equivalente, tra il livello di rumore ambientale (L_A) e quello di rumore residuo (L_R) ossia $L_D = L_A - L_R$, dove:

- Livello di rumore ambientale (L_A): è il livello di rumore prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo.
- Livello di rumore residuo (L_R): è il livello di rumore che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante, sia essa una singola apparecchiatura o un insieme di macchinari.

I valori limite differenziali sono pari a + 5 dB(A) in periodo diurno e a + 3 dB(A) in periodo notturno. Nel settembre 2004 il Ministero dell'Ambiente ha emanato una circolare⁸ che fornisce chiarimenti su alcuni aspetti legati all'applicazione del criterio differenziale in regime transitorio e in relazione alle condizioni di esclusione. Si fa presente che il criterio differenziale va applicato se non è verificata anche una sola delle seguenti condizioni:

- rumore ambientale misurato a finestre aperte inferiore a 50 dB(A) nel periodo diurno e 40 dB(A) nel periodo notturno
- rumore ambientale misurato a finestre chiuse inferiore a 35 dB(A) nel periodo diurno e 25 dB(A) nel periodo notturno.

La stessa circolare, al punto 1, tratta dell'applicabilità del criterio differenziale nel regime transitorio. Si precisa che *"il mancato richiamo nell'art. 8 (del D.P.C.M. 14/11/1997) ai limiti differenziali non vale [...] ad escludere la loro applicabilità poiché il richiamo al solo primo comma dell'art. 6 è operato in funzione della determinazione di quali limiti assoluti siano da considerare in relazione alla protezione del territorio"*.

Nonostante ciò, l'applicabilità del criterio differenziale nei comuni non zonizzati è oggetto di numerose sentenze che talora smentiscono quanto affermato dalla circolare; l'orientamento della giurisprudenza indica l'inapplicabilità del criterio differenziale in assenza di zonizzazione acustica (v.TAR Lombardia, Milano , Sez.I, 1 Marzo 2004 n.813; TAR Veneto, Sez. III, 31 Marzo 2004 n.847 e 29 Marzo 2002 n.1195; TAR Emilia Romagna, Parma 4 Maggio 2005, n.244; TAR Toscana Sez.II, 2 Aprile 2003 n.1206; TAR Friuli Venezia Giulia, 21 Dicembre 2002 n.1069.

Strumentazione utilizzata per le misure di rumore

I numeri di matricola della strumentazione e gli estremi dei rispettivi certificati di taratura sono riportati nella Tabella 17.

Tabella 17 – Catene strumentali utilizzate

P.o	Cat. n°	Strumenti		N° matr.	Estremi dei certificati di taratura SIT
PM1	10	Fonometro	Brüel & Kjær 2270	3008428	Certif. EPT.17.FON.321 del 11/07/2017 (prot. CESI B7015015)
		Microfono	Brüel & Kjær 4189	2984036	
		Preamplificatore	Brüel & Kjær ZC0032	ID n° 22886	
PM2	9	Fonometro	Brüel & Kjær 2250	3004452	Fonometro: certif. LAT 062 EPT.18.FON.085 del 08/03/2018 Filtri: certif. LAT 213 S1808800FLT del 20/04/2018 (prot. CESI B8009310)
		Microfono	Brüel & Kjær 4189	2607758	
		Preamplificatore	Brüel & Kjær ZC0032	ID n° 7587	
PM3 PM4	8	Fonometro	Brüel & Kjær 2250	2611598	Fonometro: certif. LAT 062 EPT.16.FON.084 del 08/03/2018 Filtri: certif. LAT 213 S1808700FLT del 20/04/2018 (prot. CESI B8009311)
		Microfono	Brüel & Kjær 4189	2607758	
		Preamplificatore	Brüel & Kjær ZC0032	ID n° 7587	
	-	Calibratore	Brüel & Kjær 4231	2136630	Certif. LAT 062 EPT.16.CAL.487 del 28/11/2016 (prot. CESI B6025017)

Applicazioni SW utilizzate sui fonometri:

BZ7225 Ver. 3.5.3 (fonometro 2250 mat. n° 2611598), BZ7224 Ver. 4.6.1 (fonometro 2250 mat. n° 3004452), BZ7225 Ver. 4.6.1 (fonometro 2270 mat. n° 3008428).

Per il rilievo dei parametri meteo si è utilizzata la stazione a n°6 parametri Weather Station Kit MM-0256-A, basata sul Vaisala Weather Transmitter WTX520 e sui sensori WTXPTU, fornita a corredo dell'analizzatore B&K 2270, il cui n° di matricola è L1010015.

I microfoni di misura sono stati equipaggiati con la cuffia antivento standard da 90 mm B&K tipo 0237 o 1650.

Il trasferimento dei risultati dalla memoria interna del fonometro B&K 2260 e le successive elaborazioni sono state eseguite mediante il software dedicato B&K 7820 "Evaluator" ver. 4.16.

Parametri di calcolo

I parametri di calcolo inseriti nel modello di simulazione sono indicati nella seguente tabella.

Tabella 18 – Parametri di calcolo utilizzati da SoundPlan per le simulazioni

Parametro	Valore
Temperatura (°C)	10
Umidità relativa (%)	70
Pressione atmosferica (mbar)	1013
Standard di riferimento per sorgenti industriali	ISO 9613-2 : 1996
Standard di riferimento per l'assorbimento dell'aria	ISO 9613-1
Numero delle riflessioni:	2
Ponderazione:	dB(A)
Incremento angolare:	1,00 °
Grado di riflessione	0
Side Screening	Abilitato
Meteo. Corr. C ₀	0,0 dB

Coordinate delle postazioni di misura, di calcolo e degli aerogeneratori

Tabella 19 – Coordinate dei punti di misura (Sistema ETRS89, proiezione UTM, fuso 33)

Punto	Est [m]	Nord [m]
PM1	574516	4522074
PM2	573222	4522804
PM3	568869	4525389
PM4	568226	4526521

Tabella 20 - Coordinate degli aerogeneratori (Sistema ETRS89, proiezione UTM, fuso 33)

Aerog.	Est [m]	Nord [m]
R-FZ01	568497	4526270
R-FZ02	568822	4525979
R-FZ03	569118	4525690
R-FZ04	569550	4525610
R-FZ05	569902	4525346
R-FZ06	570169	4525108

Aerog.	Est [m]	Nord [m]
R-FZ07	570492	4524813
R-FZ08	570859	4524668
R-FZ09	573808	4522635
R-FZ10	574231	4522589
R-FZ11	574609	4522295
R-FZ12	574896	4522062

Tabella 21 - Coordinate dei punti di calcolo (Sistema ETRS89, proiezione UTM, fuso 33)

Punto	Est [m]	Nord [m]
R01	574928	4521327
R02	574563	4522060
R03	573468	4522489
R04	573225	4522786
R05	571200	4524127
R06	570572	4524375
R07	570117	4524568
R08	570130	4524619
R09	569846	4524930

Punto	Est [m]	Nord [m]
R10	569724	4525036
R11	568850	4525438
R12	568509	4525674
R13	568086	4526183
R14	568314	4526342
R15	568287	4526361
R16	568243	4526642
R17	568171	4526968

Risultati dettagliati delle misure

Nel seguito, per ogni punto di misura, si riportano:

- l'andamento temporale di $L_{Aeq,1'}$, con l'indicazione, tramite opportuni marcatori¹⁶, di:
 - periodi esclusi dal calcolo perché affetti da eventi anomali ai fini del rilievo (transito di veicoli, voci, abbai, ecc.), indicati con marcatore "Escludi" di colore rosso ed area ombreggiata sul profilo
 - fasi di attività/inattività del parco eolico (le fermate operate dal personale ERG sono indicate con tratto verde chiaro "Parco OFF", la condizione di parco in esercizio è indicata con tratto verde più scuro "Parco ON");
 - fasi con vento superiore ai 5 m/s (marcatore "Vv>5 m/s" di colore fucsia).
- tabella di sintesi dei risultati e dei singoli marcatori. Si riportano i valori di L_{Aeq} e dei principali livelli percentili (L_{A05} , L_{A10} , L_{A50} , L_{A90} , L_{A95});
- spettri di L_{eq} e di L_{90} relativi ai marcatori "Parco ON" e "Parco OFF".

A pag. 54, dopo la presentazione di tutti i risultati, sono riportate alcune note di commento.

¹⁶ Con il termine "marcatore" si indicano le bande orizzontali colorate poste nella parte superiore del grafico, ad indicare determinati intervalli temporali selezionati. La legenda cromatica delle selezioni è riportata con un codice identificativo.

Punto PM1 - Masseria

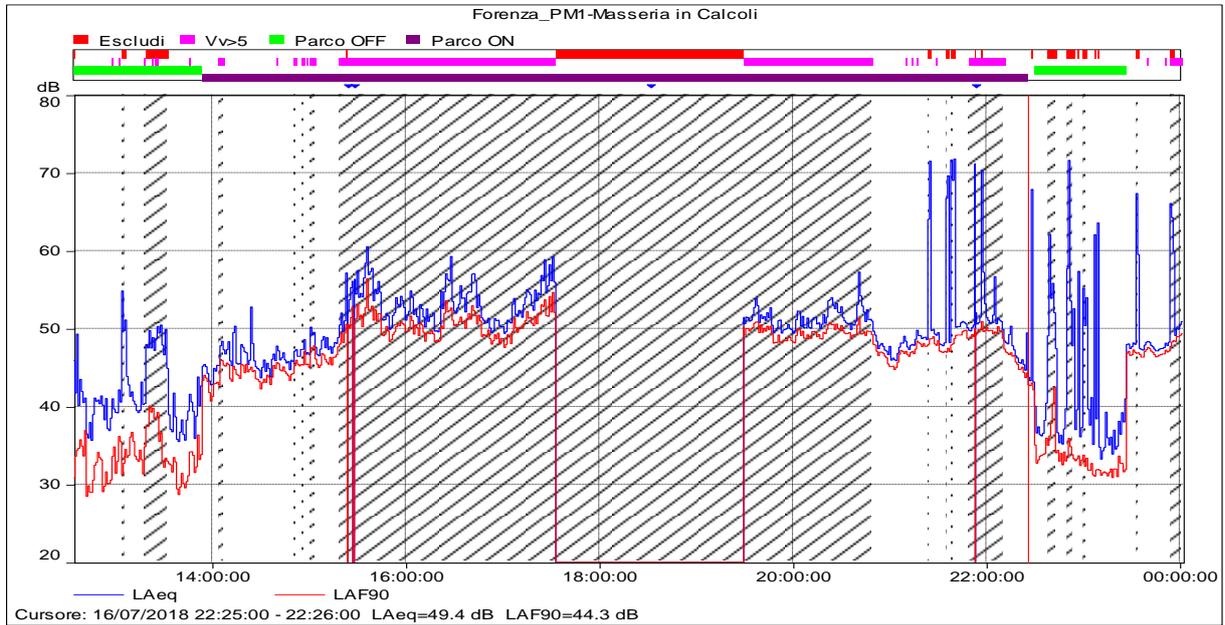


Figura 13 – Punto PM1 – Andamento di $L_{Aeq,1'}$ e $L_{A90,1'}$ con indicazione dei marcatori impostati

Tabella 22 – Punto PM1 – Sintesi dei risultati e delle elaborazioni

Selezione	Data /ora inizio misura	Durata [hh:mm]	L_{Aeq}	L_{A05}	L_{A10}	L_{A50}	L_{A90}	L_{A95}
(Tutti) Parco ON	16/07/2018 13:54	02:13	47.6	50.4	49.6	46.8	44.2	43.5
(Tutti) Parco OFF	16/07/2018 12:35	01:38	39.5	44.3	42.2	36.0	31.8	30.9
(Tutti) Escludi	16/07/2018 12:34	02:46	58.8	65.3	57.0	46.1	34.5	33.0
(Tutti) Vv>5	16/07/2018 12:58	04:32	54.2	57.2	55.3	51.0	48.5	47.4

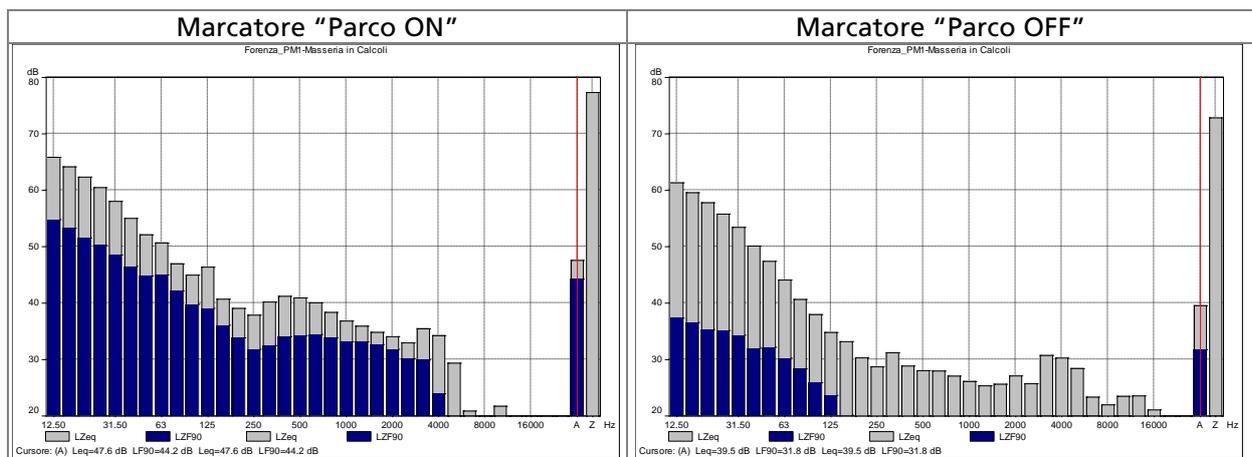


Figura 14 – Punto PM1 – Spettri di L_{eq} ed L_{90} relativi alle fase di parco ON e OFF.

Punto PM2 – Agriturismo

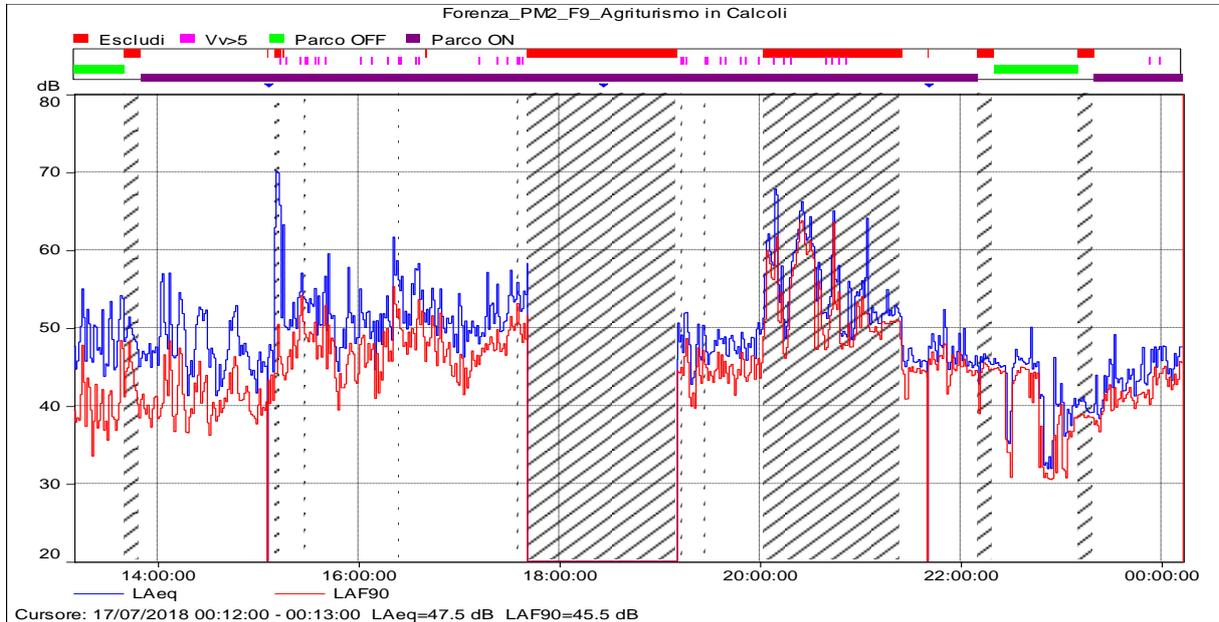


Figura 15 – Punto PM2 – Andamento di $L_{Aeq,1'}$ e $L_{A90,1'}$ con indicazione dei marcatori impostati

Tabella 23 – Punto PM2 – Sintesi dei risultati e delle elaborazioni

Selezione	Data /ora inizio misura	Durata [hh:mm]	L_{Aeq}	L_{A05}	L_{A10}	L_{A50}	L_{A90}	L_{A95}
(Tutti) Parco ON	16/07/2018 13:50	05:40	50.2	54.8	53.1	47.1	41.8	40.2
(Tutti) Parco OFF	16/07/2018 13:03	01:27	47.4	53.4	51.0	44.5	34.1	31.8
(Tutti) Escludi	16/07/2018 13:02	03:30	56.4	64.7	61.8	51.3	43.0	39.3
(Tutti) Vv>5	16/07/2018 15:13	00:40	55.2	59.1	57.4	51.2	45.6	44.5

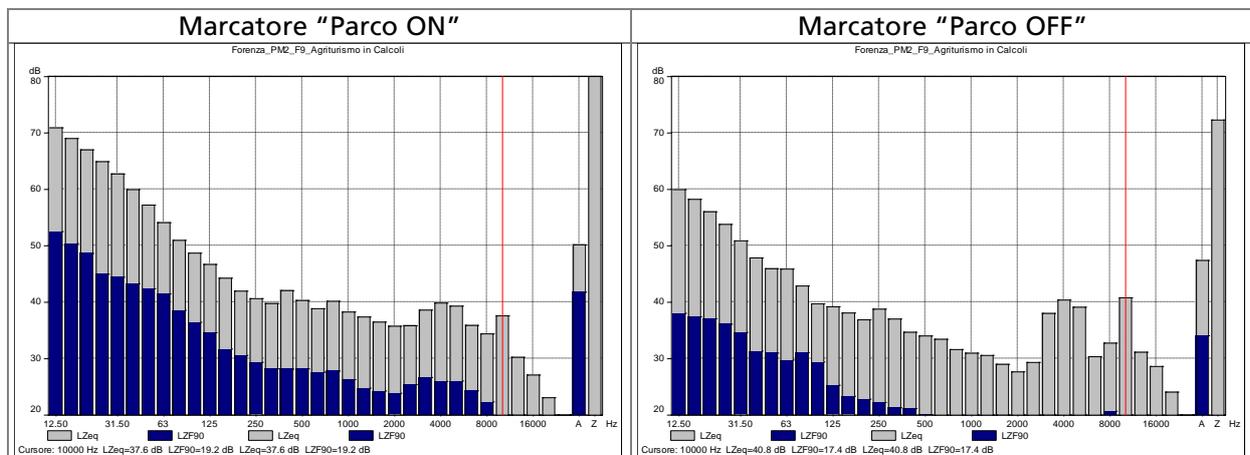


Figura 16 – Punto PM2 – Spettri di L_{eq} ed L_{90} relativi alle fase di parco ON e OFF.

Punto PM3

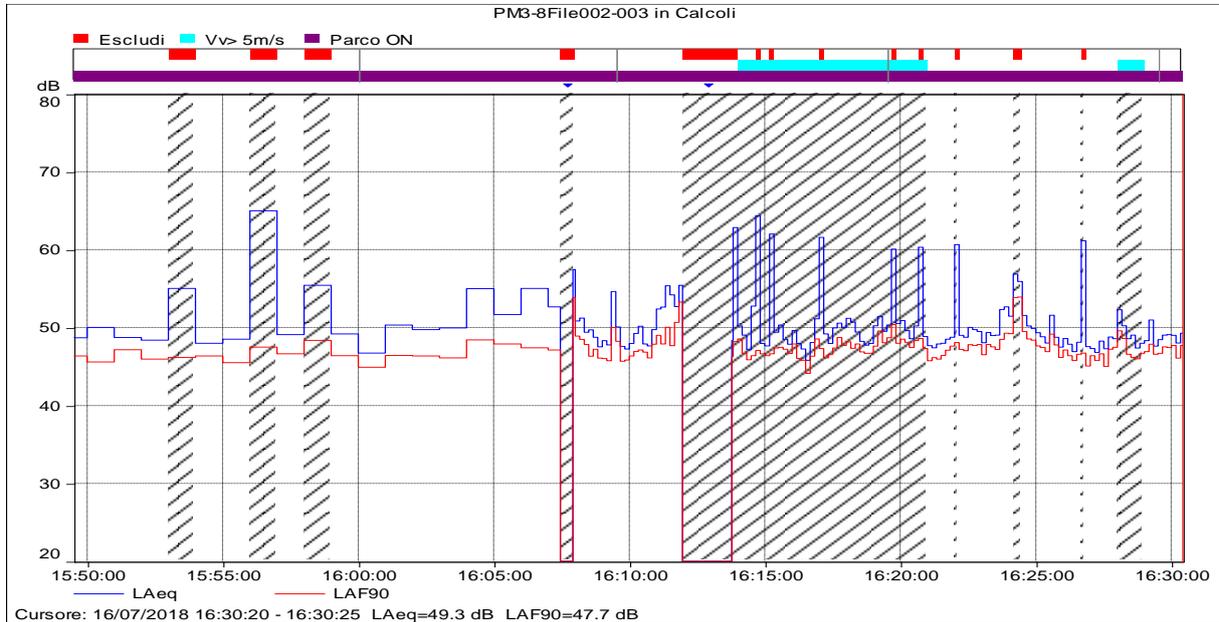


Figura 17 – Punto PM3 – Andamento di $L_{Aeq,1'}$ e $L_{A90,1'}$ con indicazione dei marcatori impostati

Tabella 24 – Punto PM3 – Sintesi dei risultati e delle elaborazioni

Selezione	Data /ora inizio misura	Durata [hh:mm]	L_{Aeq}	L_{A05}	L_{A10}	L_{A50}	L_{A90}	L_{A95}
(Tutti) Parco ON	16/07/2018 15:49	00:26	50.4	54.4	52.4	48.5	46.4	45.9
(Tutti) Escludi	16/07/2018 15:53	00:07	60.6	66.9	60.6	50.1	47.0	46.5
(Tutti) Vv > 5m/s	16/07/2018 16:14	00:08	53.8	54.2	52.3	48.8	46.7	46.3

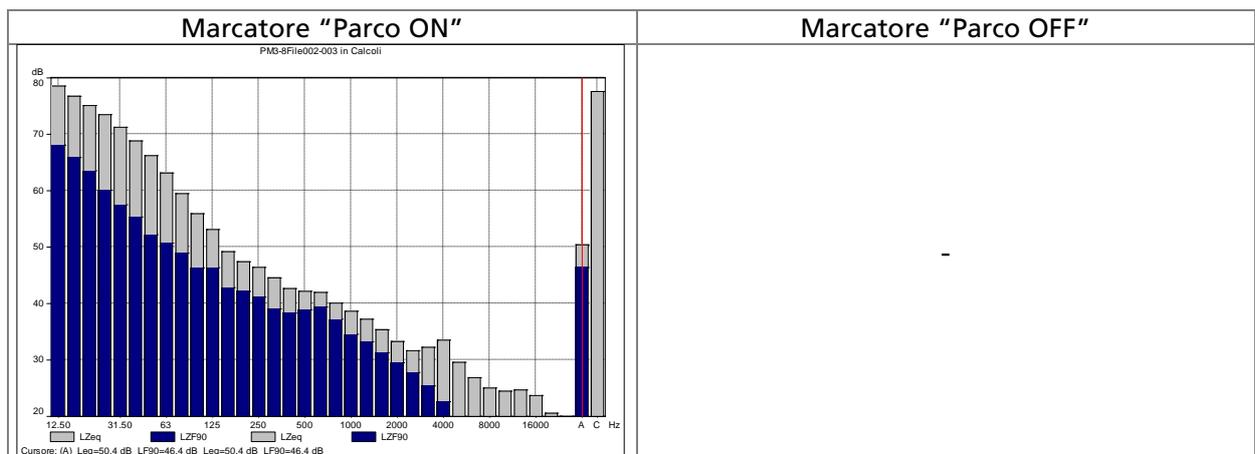


Figura 18 – Punto PM3 – Spettri di L_{eq} ed L_{90} relativi alle fase di parco ON e OFF.

Punto PM4

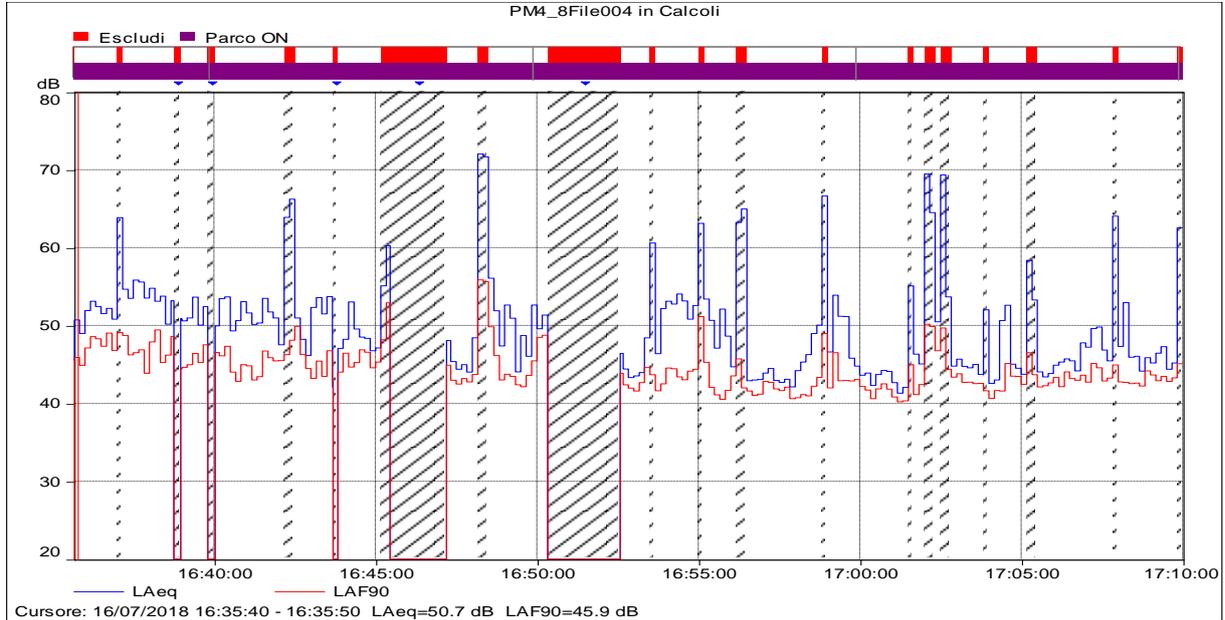


Figura 19 – Punto PM4 – Andamento di $L_{Aeq,10^r}$ e $L_{A90,10^r}$ con indicazione dei marcatori impostati

Tabella 25 – Punto PM4 – Sintesi dei risultati e delle elaborazioni

Selezione	Data /ora inizio misura	Durata [hh:mm]	L_{Aeq}	L_{A05}	L_{A10}	L_{A50}	L_{A90}	L_{A95}
(Tutti) Parco ON	16/07/2018 16:35	00:26	49.8	55.9	53.6	45.7	42.5	41.8
(Tutti) Escludi	16/07/2018 16:35	00:08	65.6	72.9	69.4	53.8	44.8	43.0

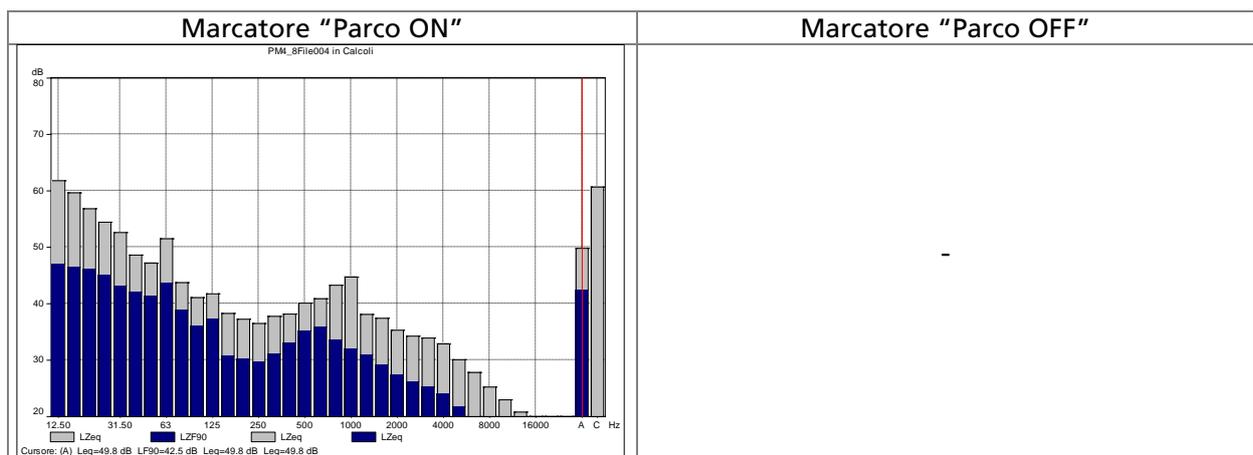


Figura 20 – Punto PM4 – Spettri di L_{eq} ed L_{90} relativi alle fase di parco ON e OFF.

Commento ai risultati

Dall'analisi dei dati riportati, sulla base anche delle segnalazioni degli operatori, possono essere formulati i commenti seguenti.

Punto PM1 – Masseria

- Il profilo di $L_{Aeq,1'}$ (tratto blu di Figura 13) e di L_{A90} (tratto rosso) rivelano come il rumore ambientale "di base" descritto da L_{A90} sia piuttosto basso, con valori prossimi ai 30÷35 dB nella fase di "Parco OFF", per poi crescere sino a 50 dB(A) circa nella parte con "Parco ON", indicando un'a certa variabilità dovuta probabilmente alla variazione di V_{hub} . A questa rumorosità "di base" si sovrappongono eventi sporadici che determinano i picchi di L_{Aeq} . La registrazione audio periodica rivela come tali eventi siano dovuti a voci, rumore di mezzi, attività lavorativa presso la struttura, transiti e quindi non ascrivibili al parco eolico. Tali situazioni sono state selezionate ed escluse dal calcolo con il relativo marcatore "escludi", evidenziato dalle aree ombreggiate sul profilo. L'ampia area ombreggiata è quella ove la velocità locale del vento sul microfono è risultata > 5 m/s.
- La fase di disattivazione del parco in periodo notturno ha determinato una sensibile modifica nel profilo, con livelli di L_{Aeq} ed L_{A90} che scendono sotto i 40 dB, tranne per il primo dei due parametri per brevi tratti, a causa di fonti sporadiche.
- La Tabella 22 fornisce i livelli relativi alle due selezioni "Parco ON" e "Parco OFF": i L_{Aeq} risultano di 47.5 dB nel primo caso e di 39.5 dB nel secondo. I livelli percentili L_{A90} passano da circa 44 a circa 32 dB.
- Gli spettri non presentano particolari caratterizzazioni.

Punto PM2 – Agriturismo

- Il punto di misura si colloca presso una struttura adibita ad agriturismo; il profilo del rumore è più frastagliato rispetto al caso precedente a causa delle sorgenti presenti, legate all'attività antropica. I livelli sembrano risentire meno delle fasi di attivazione/disattivazione del parco. Si nota tuttavia che, proprio durante una parte della fase di disattivazione notturna, la rumorosità subisce un incremento, che, dopo una analisi più approfondita, è stato attribuito a fonti naturali (insetti).
- I livelli complessivi presentati in tabella, mostrano, per gli assetti "Parco OFF" e "Parco ON", valori rispettivamente di 47.5 e 50 dB(A) circa. I corrispondenti valori di L_{A90} variano da 34 a 42 dB(A) circa.
- Lo spettro relativo alla situazione di "Parco OFF" mostra in evidenza le bande caratterizzate dal contributo degli insetti, nel campo delle frequenze più elevate, attorno a 4 e 10 kHz.

Punto PM3

L'andamento rilevato mostra, per entrambi i parametri, valori in gran parte contenuti entro 50 dB(A), con singoli eventi di breve durata che raggiungono i 60 dB(A).

Punto PM4

Per il punto PM4 si ripropongono le considerazioni avanzate per il punto PM3; anche in questo caso, infatti, il L_{Aeq} (tratto blu) mostra singoli eventi a carattere sporadico che si sovrappongono ad una rumorosità di base, descritta dal L_{A90} , a livelli di 45 dB(A) circa.

Descrizione del modello utilizzato

Le simulazioni acustiche sono state eseguite mediante un modello matematico previsionale, in grado di ricostruire, dai dati di potenza sonora espressi in banda d'ottava o di terzi d'ottava, la propagazione acustica in ambiente esterno e calcolare il livello di pressione sonora sia presso singoli punti recettori che in tutta l'area circostante le sorgenti. Sono prese in considerazione le attenuazioni prodotte dall'ambiente stesso per mezzo dell'orografia, delle qualità acustiche del terreno, della presenza di ostacoli e/o barriere schermanti.

Nella presente applicazione è stato utilizzato il modello matematico SoundPLAN¹⁷ ver. 7.4, sviluppato dalla Braunstein+Berndt, GmbH, che appartiene alla categoria dei modelli basati sul metodo di calcolo "ray-tracing" e permette di valutare le attenuazioni secondo le diverse normative nazionali ed internazionali. Per l'applicazione in oggetto, il calcolo è stato effettuato in conformità alla norma UNI ISO 9613-2¹⁸. In linea con tale standard, il modello SoundPLAN non tiene conto dei fenomeni di meteorologia locale, ma calcola i livelli d'immissione in condizioni leggermente favorevoli alla propagazione in modo da avere una stima conservativa della rumorosità ambientale¹⁹.

Il codice di calcolo SoundPLAN stima l'andamento della propagazione sonora considerando:

- l'attenuazione del segnale dovuta alla distanza tra sorgente e ricevitore;
- l'attenuazione causata dall'eventuale presenza di ostacoli schermanti;
- le riflessioni sul terreno;
- le riflessioni e la diffrazione provocate da edifici, ostacoli, barriere.

¹⁷ <http://www.soundplan.eu/english>

¹⁸ UNI ISO 9613-2:2006 "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Metodo generale di calcolo"

¹⁹ Al § 1 della ISO 9613-2 si legge: "The method predicts the equivalent continuous A-weighted sound pressure level [...] under meteorological conditions favourable to propagation from sources of known sound emission. These conditions are for downwind propagation as specified in 5.4.3.3 of ISO 1996-2: 1987". Al § 5 della ISO 9613-2 si legge: "Downwind propagation condition, for the method specified in this part of ISO 9613 are [...] namely wind direction within an angle of $\pm 45^\circ$ of the direction connecting the centre of the dominant sound source and the centre of the specified receiver region, with the wind blowing from source to receiver, and wind speed between approximately 1 m/s and 5 m/s, measured at a height of 3 m to 11 m above the ground. The equations for calculating the average downwind sound pressure level LAT(DW) in this part of ISO 9613, including the equations for attenuation given in clause 7, are the average for meteorological conditions within these limits". These equations also hold, equivalently, for average propagation, under a well-developed moderate ground-based temperature inversion, such as commonly occurs on clear, calm nights."

Il codice di calcolo descritto è dunque in grado sia di fornire la stima del livello di pressione sonora in corrispondenza di postazioni puntuali, sia di valutare l'andamento delle curve di isolivello del rumore su un'area ritenuta significativa. Il calcolo viene condotto in termini spettrali in banda d'ottava, come stabilito dalla normativa citata, o in bande di terzi d'ottava.

L'impiego del codice di calcolo si compone di alcune fasi:

- caratterizzazione geometrica dell'ambiente oggetto di studio, ovvero introduzione della morfologia del terreno tramite le curve di isolivello o reticoli di punti quotati;
- localizzazione, dimensionamento e assegnazione di parametri specifici ai principali ostacoli alla propagazione acustica (edifici, barriere naturali);
- individuazione delle sorgenti sonore attraverso la valutazione del loro livello di potenza, dello spettro in frequenza e dell'eventuale direttività;
- definizione dei più significativi parametri atmosferici: temperatura dell'aria in gradi Celsius ed umidità relativa espressa in percentuale;
- individuazione dei ricevitori, in corrispondenza dei quali si desidera effettuare il calcolo del livello di pressione sonora.