

REGIONE MOLISE

Provincia di Campobasso

COMUNI DI MACCHIA VALFORTORE – MONACILIONI - PIETRACATELLA

PROGETTO

POTENZIAMENTO PARCO EOLICO DI MACCHIA VALFORTORE – MONACILIONI –
PIETRACATELLA – S. ELIA A PIANISI



VALUTAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO

COMMITTENTE

ERG Wind 4



PROGETTISTA



OGGETTO DELL'ELABORATO

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
15/12/2018

Cliente ERG Power Generation S.p.A.

Oggetto Potenziamento parco eolico di Macchia Valfortore – Monacilioni – Pietracatella – S. Elia a Pianisi

Valutazione di impatto acustico

Ordine n. 4700026165 del 06/06/2018 e n. 4700026592 del 05/10/2018

Note Rev.0
WBE A1300001447X002 - A1300000815X002– Lett. Trasm. B8025717

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

N. pagine 44 **N. pagine fuori testo** -

Data 15/12/2018

Elaborato Marco Lamberti, Roberto Ziliani

Verificato Cesare Pertot

Approvato Marina Ghilardi

Indice

1	PREMESSA E SCOPI	3
2	APPROCCIO METODOLOGICO	3
2.1	Descrizione e del sito e del progetto	4
2.2	Zonizzazione acustica comunale e quadro di riferimento normativo	8
2.3	Censimento dei ricettori	10
2.4	Parametri di misura.....	10
2.5	Metodica di misura	11
3	CAMPAGNA DI MISURA	12
3.1	Punti di misura	12
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	Risultati dei rilievi	16
3.3.1	Livelli di rumore in funzione della velocità del vento al mozzo	16
3.3.2	Livelli di rumore in funzione della velocità del vento locale	17
4	VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO	19
4.1	Predisposizione del modello di calcolo	19
4.1.1	Orografia del sito.....	19
4.1.2	Punti di calcolo.....	19
4.1.3	Caratteristiche emissive delle sorgenti utilizzate	22
4.2	Rumorosità dei nuovi aerogeneratori – Livello di immissione specifica.	23
4.2.1	Calcolo puntuale.....	23
4.2.2	Mappe isofoniche	26
4.3	Verifica dei limiti di legge	28
4.3.1	Limite transitorio di accettabilità	28
4.3.2	Criterio Differenziale.....	31
4.4	Confronto tra impianto esistente e impianto di progetto	33
4.5	Eventuali interventi mitigativi.....	34
5	IMPATTO ACUSTICO DURANTE LE FASI DI REALIZZAZIONE	34
6	CONCLUSIONI	37
	APPENDICE	38
	Rilievi sonori ed influenza del vento	38
	Quadro di riferimento normativo.....	39
	Strumentazione utilizzata per le misure di rumore	41
	Parametri di calcolo.....	41
	Coordinate delle postazioni di misura, di calcolo e degli aerogeneratori	42
	Descrizione del modello utilizzato	43

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	15/12/2018	B8025645	Prima emissione

1 PREMESSA E SCOPI

La ERG Power Generation S.p.A. intende procedere al potenziamento dei propri impianti eolici di Macchia Valfortore, Monacilioni e Pietracatella, ubicati nei comuni omonimi in provincia di Campobasso, mediante la sostituzione degli aerogeneratori che li compongono con nuove macchine di recentissima concezione e di maggiore taglia.

Il presente rapporto contiene la Valutazione di Impatto Acustico degli interventi previsti e riporta i risultati delle attività sperimentali, svolte nel mese di Dicembre 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 è basata su una campagna di misura presso l'area circostante i parchi eolici 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 dagli aerogeneratori.

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 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. 38.

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

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

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 e del sito e del progetto

Il progetto di potenziamento riguarda due parchi eolici adiacenti tuttora in esercizio, di potenza complessiva pari a 37,26 MW, costituiti da n. 53 aerogeneratori ubicati nei territori Comunali di Monacilioni, Pietracatella, Sant'Elia a Pianisi e Macchia Valfortore, in Provincia di Campobasso. Essi sono così suddivisi:

- impianto di Monacilioni – Pietracatella – Sant'Elia, costituito da n. 41 aerogeneratori di potenza unitaria 0,66 MW, così distribuiti: n. 23 aerogeneratori in Comune di Monacilioni, n. 15 aerogeneratori in Comune di Pietracatella, n. 3 aerogeneratori in Comune di Sant'Elia a Pianisi;
- impianto di Macchia Valfortore, costituito da n. 12 aerogeneratori di potenza unitaria 0,85 MW ubicati in Comune di Macchia Valfortore.

L'impianto esistente si sviluppa su due aree ben distinte. L'area Nord comprende parte delle turbine del parco di Monacilioni, l'area Sud include le restanti turbine del parco di Monacilioni e quelle dei parchi di Macchia Valfortore, Pietracatella e Sant'Elia a Pianisi. Le due aree del parco sono separate da una vasta area boschiva (Bosco Cerreto).

Nella parte Nord, le turbine MN01÷MN15 ed MN23 sono disposte lungo una immaginaria direttrice Nord Sud, per una lunghezza di oltre 3 km. Fa eccezione l'aerogeneratore MN01, situato a Nord della Strada Statale n. 87.

A sud dell'area boscata, vi sono le turbine MN16÷MN19 e MN20÷MN22, disposte sempre lungo una direttrice Nord-Sud e facenti capo ancora al parco di Monacilioni. Accanto a queste si trovano le turbine SE01÷SE03, che costituiscono il parco di Sant'Elia. Il parco di Macchia Valfortore, composto dalle turbine MC01÷MC12, è disposto lungo una direttrice Ovest Nord Ovest – Est Sud Est. Infine, il parco di Pietracatella, dotato di n°15 macchine (PC01÷PC15) insiste sul crinale opposto, a Sud Ovest di questo.

Gli aerogeneratori attualmente installati presso i parchi eolici di Monacilioni, Pietracatella e Sant'Elia consistono nel modello Vestas V47 da 660 kW cad. con torre a traliccio ed altezza del mozzo pari a 50 m circa. Presso il parco di Macchia Valfortore sono invece installate macchine Vestas V52 da 850 MW, anch'esse tralicciate, con altezza mozzo di 50 m.

L'attuale parco di Macchia Valfortore è entrato in servizio ad inizio Marzo 2006, mentre quelli di Monacilioni e Pietracatella sono entrati in servizio nel Dicembre 2000.

Il progetto di potenziamento consiste nella totale sostituzione degli aerogeneratori presenti nei due impianti, con n.16 aerogeneratori di nuova generazione, per 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 (<https://agentifisici.isprambiente.it/enteca/home.php>), rispettivamente con i registri regionali RER/00633 e RER/00686.

potenza massima installabile di 72 MW. Gli aerogeneratori in progetto sono indicati con il codice R-MN, R-PC o R-MC a seconda che ricadano rispettivamente nei Comuni di Monacilioni, Pietracatella o Macchia Valfortore. In particolare:

- nel Comune di Monacilioni saranno installati n.5 nuovi aerogeneratori, aventi le seguenti sigle: R-MN01, R-MN02, R-MN03, R-MN04, R-MN05;
- nel Comune di Pietracatella saranno installati n.5 nuovi aerogeneratori, aventi le seguenti sigle: R-PC01, R-PC02, R-PC03, R-PC04, R-PC05;
- nel Comune di Macchia Valfortore saranno installati n.6 nuovi aerogeneratori, aventi le seguenti sigle: R-MC01, R-MC02, R-MC03, R-MC04, R-MC05, R-MC06.

Gli aerogeneratori ubicati nei Comuni di Monacilioni e Pietracatella faranno parte della stessa unità produttiva, quelli ubicati nel Comune di Macchia Valfortore, costituiranno un'altra unità produttiva.

La sottostazione elettrica esistente, ubicata nel territorio Comunale di Pietracatella, dovrà essere ampliata per posizionare un trasformatore aggiuntivo.

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

La zona in cui sorgono i parchi è di tipo collinare, con utilizzo prettamente agricolo del suolo. La quota di impianto si attesta oltre i 700 m di quota.

Il centro abitato di Monacilioni si trova ad oltre 2 km ad Ovest delle turbine MC16÷MC19, mentre quello di Sant'Elia a Pianisi a oltre 1.5 km dal fronte del parco di Macchia (turbina MC05). Il centro abitato di Macchia Valfortore dista oltre 3 km, in direzione Est dall'estremità del parco omonimo (turbina M12). Infine l'abitato di Pietracatella, con il suo primo fronte edificato, si trova ad oltre 1.2 km in direzione SSE rispetto alla turbina PC15.

Nell'intorno del parco eolico, a diverse distanze dalle turbine, vi sono alcune localizzazioni sede di potenziali ricettori: molte di esse sono rappresentate da complessi ad uso agricolo di cui fanno parte anche le abitazioni dei conduttori, 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, ma nell'immediato intorno degli aerogeneratori la vegetazione arborea è molto scarsa. Si segnalano alcune aziende agricole con annessi allevamenti bovini, ovini e avicoli, presso le quali si svolgono le attività connesse, che impiegano macchinari mobili, quali trattori, o fissi, a supporto ad esempio delle attività di mungitura. Lavorazioni agricole di preparazione del terreno erano in corso presso alcuni appezzamenti.

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 statali n°87 n°212 e dalla strada provinciale n°149, con le loro diramazioni ed interconnessioni, le quali, tra l'altro, rappresentano la viabilità del parco e consentono l'accesso agli aerogeneratori, oltre che ai fondi agricoli.

Nella zona non si segnala alcuna importante arteria infrastrutturale quali autostrade o linee ferroviarie.

ERG dispone sul sito di alcuni anemometri, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1 – Anemometri presenti sul sito

Staz.ne	Comune	Coordinate			Altitudine	Altezza anemometri	Riferimento per impianto
		Fuso	Est	Nord			
MAC03	Macchia Valfortore (CB)	33T	487865	4606433	867 mt	10 mt	Macchia Valfortore
MN01	Monacilioni (CB)	33T	487423	4606560	879 mt	10 mt	S. Elia
PC04	Pietracatella (CB)	33T	488737	4604245	725 mt	30 mt - 10 mt	Pietracatella

I dati statistici sul lungo periodo rilevati da tali anemometri sono riportati in Figura 1; si nota la prevalenza di venti dai quadranti settentrionali e sud-occidentali in misura diversa per i vari anemometri.

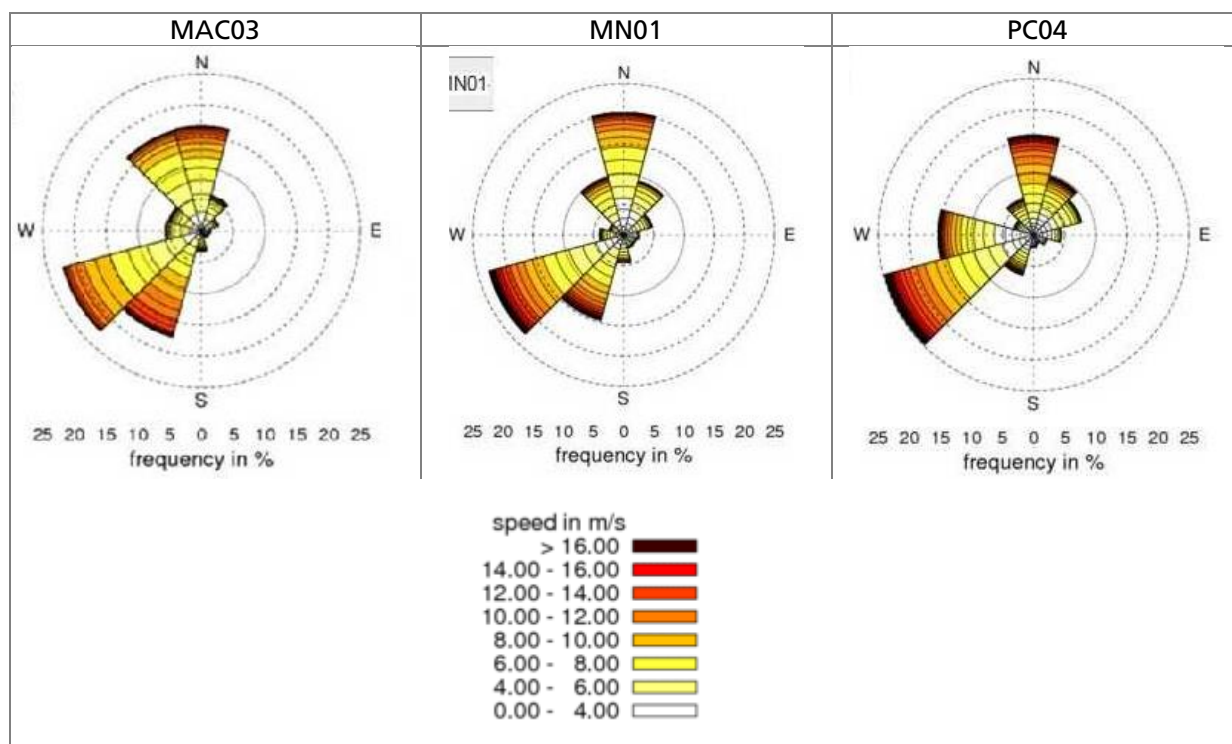


Figura 1 – Statistiche anemometriche di lungo periodo per il sito.

Sulle 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). Si indicano altresì le localizzazioni dei fabbricati appartenenti alla categoria catastale "A", come precisato al § 2.3.

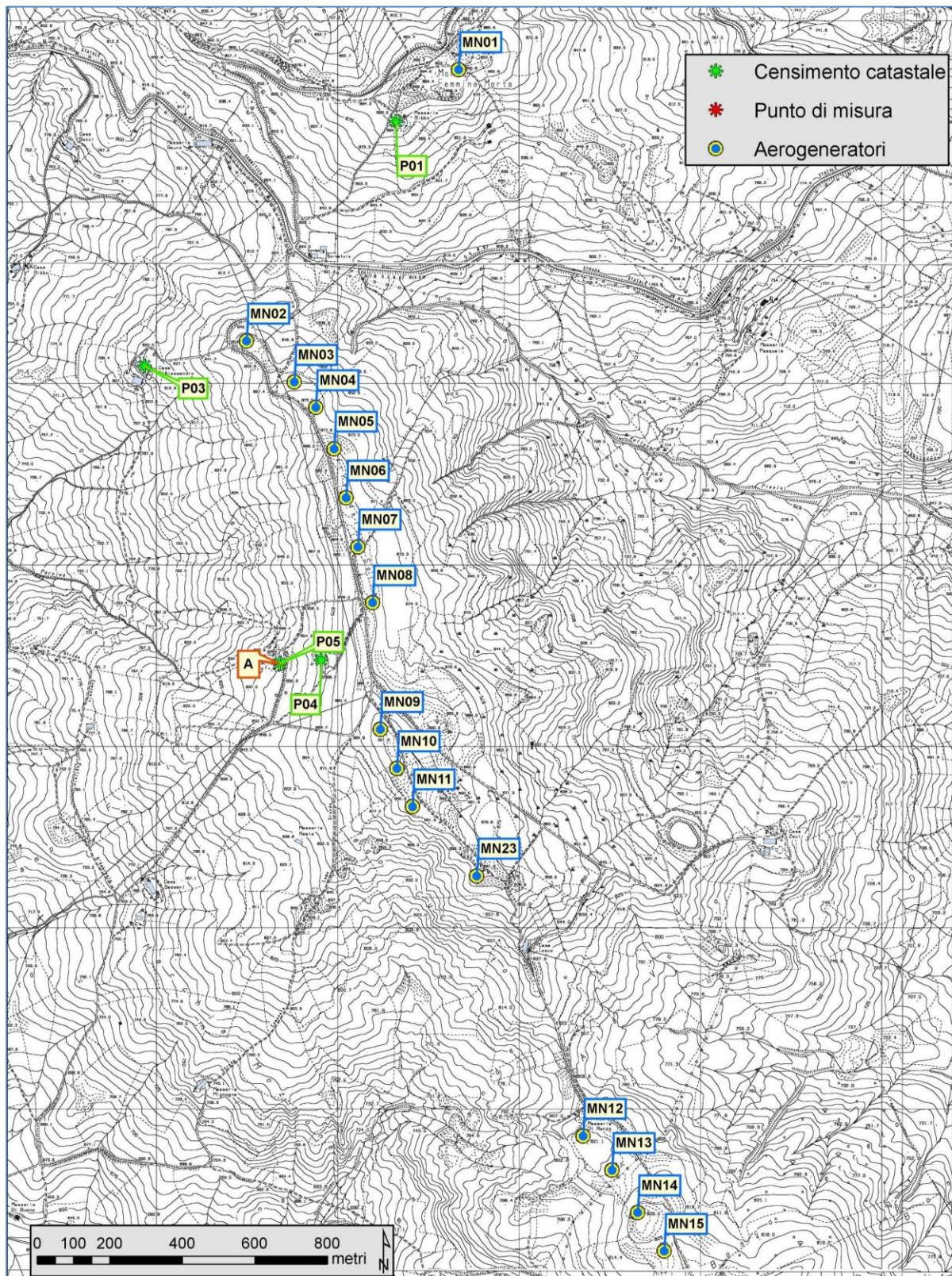


Figura 2 – Parco eolico di Monacilioni (parte Nord) – Ubicazione degli aerogeneratori attuali, dei punti di misura del rumore ambientale e dei fabbricati di categoria catastale "A".

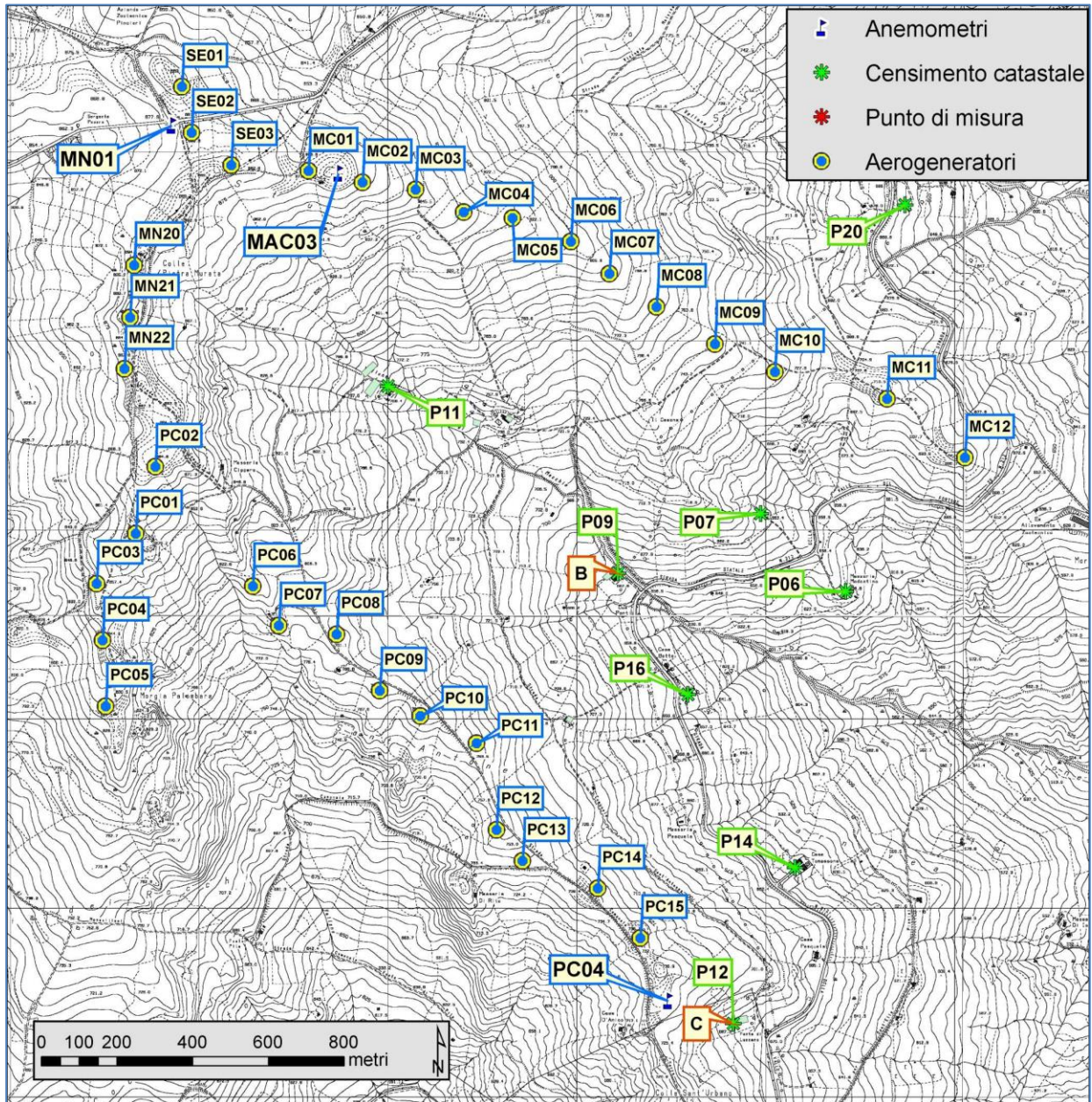


Figura 3 – Parco eolico di Monacilioni (parte Sud), Macchia V.F. Pietracatella e Sant’Elia – Ubicazione degli aerogeneratori attuali e dei punti di misura del rumore ambientale e dei fabbricati di categoria catastale “A”.

2.2 Zonizzazione acustica comunale e quadro di riferimento normativo

L’area ove si realizzeranno gli interventi previsti appartiene ai comuni di Macchia Valfortore, Monacilioni, Pietracatella. Alcuni dei ricettori potenzialmente impattati ricadono nel comune di Sant’Elia a Pianisi. Tutti questi comuni appartengono alla provincia di Campobasso.

Alla data di redazione del presente documento, nessuna delle amministrazioni comunali ha ancora provveduto alla predisposizione del piano di zonizzazione acustica per il proprio territorio 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 2, ripresa dal DPCM citato, riporta tali valori.

Tabella 2 – 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 gli impianti, 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 è esterna al centro abitato, di tipo agricolo, senza particolari connotazioni.

In Appendice, a pag. 39, 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 i parchi devono sottostare sono:

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

I parchi eolici rientrano nella categoria degli impianti "a ciclo produttivo continuo" e pertanto sono soggetti 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".

Un quadro normativo specifico per i parchi eolici è stato prefigurato dal D.Lgs. n.42/2017³, che ha recepito l'esigenza di stabilire e regolamentare con appositi decreti sia le procedure di misura e valutazione dell'impatto acustico sia un nuovo sistema di limiti specifico per questa tipologia di sorgenti. Nell'attesa dell'emanazione di tali decreti, il D.Lgs. n.42/2017 ha apportato alcune modifiche alla Legge Quadro 447/95: l'art.18 del D.Lgs. inserisce gli impianti eolici tra l'elenco delle sorgenti fisse di cui all'art.2 comma 1 lett. c di tale legge, mentre l'art.14 inserisce gli impianti eolici tra le sorgenti elencate nell'art. 11, che necessitano di regolamenti specifici per la disciplina dell'inquinamento acustico.

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

³ D.Lgs. 17/02/2017 n.42 "Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico". Questo testo, al Capo III art.9, riporta alcune modifiche alla Legge 447/95. Tra queste si segnala l'introduzione del parametro "sorgente sonora specifica" e del "valore limite di immissione specifico". La piena operatività di tali modifiche richiede tuttavia l'aggiornamento dei decreti esistenti, non ancora realizzato

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 Censimento dei ricettori

Preliminarmente all'avvio delle attività in campo, si è proceduto ad una indagine volta ad identificare gli stabili accatastati in categoria A (A/1 ÷ A/11), che corrispondono a diverse categorie di abitazione⁴. Il criterio utilizzato è stato quello di esaminare tutti i fabbricati all'interno di un buffer di 500 m circa di distanza da ciascuna delle future macchine ed identificare poi, tramite la consultazione dei dati catastali, quelli appartenenti alla categoria citata. Sono stati censite complessivamente n°12 localizzazioni entro i 500 m. La Tabella 3 raccoglie le seguenti informazioni: un codice identificativo del punto, il comune di appartenenza, il foglio, la particella catastale e la specifica categoria A di appartenenza.

L'ubicazione dei fabbricati appartenenti alla categoria catastale è riportata in Figura 2 e in Figura 3.

Tabella 3 – Censimento dei ricettori di categoria catastale A entro un buffer di 500 m circa dalle nuove macchine

Cod. punto	Comune	Foglio	Particella	Categoria
P01	Monacilioni	1	58	A4
P03	Monacilioni	5	84	A4
P04	Monacilioni	5	95	A3
P05	Monacilioni	5	106	A4
P06	Macchia V.	4	206	A4
P07	Macchia V.	3	150	A4
P09	Pietracatella	1	138	A3
P11	Pietracatella	1	137	A4
P12	Pietracatella	9	341	A2
P14	Pietracatella	5	196 197	A7 A4
P16	Pietracatella	5	208	A4
P20	Macchia V.	2	475	A7

2.4 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 $L_{Aeq,TR}$.

⁴ A1 Abitazioni di tipo signorile, A2 Abitazioni di tipo civile, A3 Abitazioni di tipo economico, A4 Abitazioni di tipo popolare, A5 Abitazioni di tipo ultrapopolare, A6 Abitazioni di tipo rurale, A7 Abitazioni in villini, A8 Abitazioni in ville, A9 Castelli, palazzi di eminenti pregi artistici o storici, A10 Uffici e studi privati, A11 Abitazioni ed alloggi tipici dei luoghi.

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'abbaiato 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 descrittori del rumore ambientale, in modo sincrono al sistema SCADA dell'impianto, su tempi di misura elementari consecutivi T_M della durata di 2'. 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 $L_{Aeq, 100 ms}$.

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

2.5 Metodica di misura

Sono state effettuate misure del livello sonoro e dei parametri anemometrici nelle condizioni di normale esercizio degli aerogeneratori e, di concerto con ERG, è stato possibile realizzare alcune fasi di fuori servizio dei parchi di Macchia Valfortore, Monacilioni, Pietracatella, per il rilievo del livello di rumore residuo in presenza di vento.

Il parco ha una grande estensione ed un cospicuo numero di possibili localizzazioni per i rilievi; sfruttando però i risultati della fase di censimento dei fabbricati a carattere abitativo (§ 2.3), sono state individuate alcune localizzazioni; viste le caratteristiche di omogeneità del contesto territoriale su cui si dispiega il parco stesso, si è optato per limitare il numero di punti di misura, incrementando la durata dei rilievi.

In particolare sono stati acquisiti direttamente da CESI, i seguenti parametri:

- livelli sonori presso n. 3 ricettori;
- velocità del vento presso ogni ricettore;

- temperatura, umidità e precipitazioni rappresentative dell'area di indagine.

Presso le postazioni, i rilievi si sono protratti per più giorni in continuo nell'ambito del TR Diurno (ore 06:00÷22:00) e Notturno (ore 22:00÷06:00).

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'eolico⁵ e del censimento dei fabbricati.

Sono state selezionate n°3 localizzazioni, indicate rispettivamente come A, B e C, 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. 42. I punti A, B e C sono situati rispettivamente presso i ricettori P05, P09 e P12 di Tabella 3.

⁵ 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".

Tabella 4 – Parchi eolici di Macchia Valfortore, Monacilioni, Pietracatella: postazioni di misura del rumore ambientale

Punto	Descrizione	Note
A	La postazione di misura è stata collocata presso una masseria ("masseria Reale" da toponimo CTR regionale) con annessa abitazione non utilizzata in maniera continuativa (localizzazione P05 di Tabella 3). Il punto di misura è collocato in vista degli aerogeneratori. L'aerogeneratore MN08 è posto a circa 300 m in direzione NNE. La quota altimetrica è minore di quella del piede degli aerogeneratori.	La rumorosità ambientale è influenzata dal funzionamento degli aerogeneratori e dalle lavorazioni agricole presso i fondi circostanti. Si segnala la presenza di cani. La facciata del fabbricato a carattere abitativo è rivolta verso il fondovalle, dalla parte opposta rispetto al punto di misura.
B	La postazione di misura è collocata nelle pertinenze di una masseria (toponimo "Due ponti" da CTR regionale), con annessa abitazione, situata a oltre 650 m delle turbine MC09 ed MC10, in località C.da Due Ponti (localizzazione P09 di Tabella 3). La postazione si trova ad una quota altimetrica inferiore rispetto alle turbine, di alcune delle quali è visibile solo l'estremità della pala.	Si segnalano i seguenti contributi al rumore ambientale presso la postazione: funzionamento degli aerogeneratori, contributi di origine naturale (animali, gracidiare di rane), attività lavorativa presso la masseria, transiti di automezzi lungo viabilità locale da cui si dirama il breve tratto di accesso alla masseria stessa. Si segnala talora il transito di mezzi agricoli e l'attivazione periodica di una pompa appartenente al sistema di mungitura. Si segnalano anche attività di coltivazione presso alcuni dei fondi circostanti.
C	La postazione di misura è stata collocata presso una abitazione situata in località C.da Serra del Lucano (toponimo "Fonte di Luccano" da CTR regionale). A Nord dell'abitato di Pietracatella (localizzazione P12 di Tabella 3). Il punto di misura è collocato lungo la recinzione dell'area a verde che circonda il fabbricato. Accanto all'abitazione, in uno stabile distinto, trova posto un'attività commerciale, priva di rilevanti sorgenti sonore, con sporadico accesso di clienti dalla SS 212. L'aerogeneratore PC15 si trova a circa 300 m dal punto, in direzione NO, ma ad una quota altimetrica superiore.	Si segnalano sporadici transiti di mezzi lungo la SS e 212 lungo la carrareccia che costituisce il prolungamento della viabilità d'accesso alla struttura.

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

Punto A



Punto B



Punto C



Figura 4 – Immagini fotografiche delle postazioni di misura.

3.2 Modalità di effettuazione dei rilievi

Presso i punti A, B e C sono state realizzate postazioni semifisse, che hanno consentito la misura del rumore in continuo per più giorni senza presidio dell'operatore. Tutte le postazioni sono state equipaggiate con sensori per l'acquisizione di tutti i principali parametri meteo (temperatura / umidità / precipitazioni / velocità e direzione del vento). Si indicherà come "vento locale" il dato anemometrico acquisito nell'intorno del punto di misura.

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 18 (Appendice, pag. 41).

I rilievi sono stati eseguiti con strumentazione di Classe 1, dotata di certificato di calibrazione rilasciato da centro ACCREDIA o equivalente⁶, 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.

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”*.

L'altezza di misura è stata posta secondo quanto previsto dal DMA 16/03/1998 per tutte le postazioni. Per l'installazione, il fonometro è stato posizionato su asta telescopica. Le postazioni sono state collocate rispettivamente a circa 1 m dai fabbricati nel caso dei punti P05 e P09 e lungo la recinzione dell'area verde di pertinenza dell'abitazione nel caso del punto P12.

3.2.3 Condizioni operative del parco eolico

Le prove sono state eseguite con i parchi eolici in condizioni di normale esercizio, con regimi produttivi dipendenti dalle condizioni anemometriche.

Di concerto con ERG, sono state realizzate n°4 fermate degli aerogeneratori. Si è concordata la fermata di un sottoinsieme di aerogeneratori, in particolare di quelli situati entro un raggio di circa 1 km dalle postazioni di misura, ossia dei seguenti: .

- MN02 ÷ MN12 ed MN23;
- MC04 ÷ MC12;
- PC06 ÷ PC15.

Le fermate sono state realizzate nei seguenti intervalli temporali:

- dalle ore 19:55 di martedì 04 alle ore 00:05 di mercoledì 05/12/2018;
- dalle ore 7:55 alle ore 10:05 di mercoledì 05/12/2018;
- dalle ore 19:55 di venerdì 07 alle ore 00:05 di sabato 08/12/2018;
- dalle ore 03:55 alle ore 08:05 di domenica 09/12/2018.

Gli altri aerogeneratori sono rimasti in servizio, con regimi produttivi ovviamente dipendenti dalle condizioni anemometriche, ma, data la loro distanza dai punti di misura, se ne ritiene trascurabile il contributo al livello sonoro rilevato.

⁶ 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.

3.2.4 *Circostanze di misura*

La scansione temporale di esecuzione dei rilievi presso i punti A, B e C è stata la seguente:

- punto A: misura dalle ore 14:00 circa del 04/12 alle 00:00 circa del 12/12/2018;
- punto B: misura dalle ore 10:30 circa del 04/12 alle 07:30 circa del 12/12/2018;
- punto C: misura dalle ore 11:00 del 04/12 alle 13:00 circa del 10/12/2018.

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/s⁷ 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 il punto A, presso il quale si sono avute quasi 8 ore con vento medio superiore a 5 m/s; presso il punto B, i periodi contraddistinti da tale situazione si sono limitati rispettivamente a circa 2 ore. La postazione C, per la sua collocazione orografica e per la presenza del fabbricato, non ha visto alcuna situazione di superamento.

3.2.5 *Validazione ed elaborazione dei dati*

Stante l'assenza di sorgenti sonore fortemente legate 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.

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, ispezioni del personale CESI);
- accorpamento dei periodi temporali di 2' sulla base 10' utilizzata nel seguito.

3.3 Risultati dei rilievi

3.3.1 *Livelli di rumore in funzione della velocità del vento al mozzo*

L'elaborazione dei dati misurati è finalizzata alla determinazione del livello di rumore ambientale e residuo, in funzione della velocità del vento. L'elaborazione è stata condotta utilizzando i dati di esercizio forniti dallo SCADA su base 10'. Sono stati utilizzati i valori medi di velocità rilevati alla navicella delle turbine MN02 ÷ MN12 ed MN23 per il punto A (Figura 2), MC04 ÷ MC12 e PC06 ÷ PC15 per il punto B e PC06 ÷ PC15 per il punto C (Figura 3). L'anemometro di navicella è posto a circa 50 m dal suolo (V_{50m}).

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 di nuova installazione (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), ottenuta mediante la classica relazione del "wind shear" che, nel caso specifico, assume la seguente formulazione:

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

⁷ Si considera il vento medio sui blocchi temporali di elaborazione, di durata pari a 10'.

Si sono assunti per α i valori forniti da ERG per le varie zone di studio. In particolare per l'elaborazione dei dati sperimentali presso A, B e C sono stati utilizzati rispettivamente i seguenti valori di α : 0.0593, 0.0598 e 0.0531⁸.

I dati acquisiti dai fonometri su base 2' sono stati accorpati in blocchi di 10' sincroni allo SCADA delle turbine ERG, che ha registrato, tra i numerosi parametri, i valori di potenza elettrica e di velocità del vento per ogni macchina.

I dati 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. Ad esempio, la classe 3 m/s comprende i valori nell'intervallo 2.5÷3.5 m/s.

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 $L_{Aeq,10'}$ medio così calcolato, insieme ai valori medi dei percentili $L_{A50,10'}$ (mediana della distribuzione statistica dei livelli sonori) ed $L_{A90,10'}$ ed il numero di periodi di misura decaminutali afferenti a ciascuna classe di velocità.

La Tabella 5 è relativa alle fasi di fermata degli aerogeneratori realizzate da ERG. Non sono stati riportati i valori relativi alle classi di velocità con meno di n°3 periodi di misura.

L'analisi dei dati mostra, in taluni casi, una certa dipendenza dei livelli rilevati dalla velocità del vento, ad esempio per i punti A e C riguardo al parametro $L_{Aeq,10'}$. Tale dipendenza appare più evidente per i livelli percentili $L_{A50,10'}$ e $L_{A90,10'}$, che risentono meno degli eventi sporadici di elevata intensità che sono in grado di modificare sensibilmente i singoli valori di L_{Aeq} e conseguentemente il valore medio, specie per le classi con un numero esiguo di letture.

3.3.2 Livelli di rumore in funzione della velocità del vento locale

L'elaborazione dei dati in funzione della velocità del vento è stata ripetuta considerando come variabile la velocità locale V_{loc} , ossia quella rilevata dagli anemometri collocati nei pressi delle postazioni fonometriche. I valori di V_{loc} sono stati suddivisi in classi di ampiezza 1 m/s da 0 a 5 m/s. In questo caso, la classe 5 m/s raccoglie le letture da 4.5 a 5 m/s, essendo quest'ultimo valore il limite superiore per la corretta esecuzione dei rilievi.

⁸ Questi valori sono stati estrapolati dal modello fluidodinamico predisposto da ERG, utilizzando come riferimento velocità a 50 e 107,5 m dal suolo.

Tabella 5 – Postazioni A, B, C – Livelli di rumore RESIDUO (aerogeneratori disattivati) 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]										
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$	-	-	26.3	30.0	38.2	39.1	40.1	38.9	-	-	-
	Valor medio di $L_{A50,10'}$	-	-	22.2	24.9	32.5	30.9	33.0	36.7	-	-	-
	Valor medio di $L_{A90,10'}$	-	-	20.9	22.5	29.2	28.4	30.0	33.3	-	-	-
	N° periodi di misura	-	-	7	10	12	15	6	7	-	-	-
B	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$	-	-	-	36.5	34.9	44.2	41.6	39.8	41.8	41.7	-
	Valor medio di $L_{A50,10'}$	-	-	-	35.2	33.6	38.4	39.0	39.0	39.3	39.7	-
	Valor medio di $L_{A90,10'}$	-	-	-	34.0	32.1	35.1	36.8	37.0	37.1	37.5	-
	N° periodi di misura	-	-	-	9	8	6	13	14	8	3	-
C	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$			26.6	25.0	31.0	33.3	35.5	35.0	38.1	39.2	-
	Valor medio di $L_{A50,10'}$			23.5	22.5	26.7	29.5	32.1	33.0	36.1	37.6	-
	Valor medio di $L_{A90,10'}$			21.7	20.9	24.2	26.9	29.0	31.1	33.3	35.3	-
	N° periodi di misura			5	25	8	16	10	7	9	6	-

Tabella 6 – Postazioni A, B, C – Livelli di rumore RESIDUO (aerogeneratori disattivati) in funzione della velocità del vento locale V_{loc} , elaborati a partire dai dati sperimentali - Valori in dB(A)

P.to	Parametro	Velocità del vento presso il punto di misura, V_{loc} [m/s]					
		0	1	2	3	4	5
A	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$	35.2	42.0	34.8	36.9	42.1	-
	Valor medio di $L_{A50,10'}$	28.3	39.4	31.9	34.1	37.6	-
	Valor medio di $L_{A90,10'}$	26.0	36.3	28.6	30.4	33.7	-
	N° periodi di misura	40	10	5	4	6	-
B	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$	-	-	39.4	38.6	40.2	44.3
	Valor medio di $L_{A50,10'}$	-	-	36.7	37.0	39.1	40.8
	Valor medio di $L_{A90,10'}$	-	-	34.8	35.0	36.8	38.1
	N° periodi di misura	-	-	17	29	9	6
C	Valor medio di $L_{Aeq,10'}$	-	28.2	36.9	-	-	-
	Valor medio di $L_{A50,10'}$	-	25.1	34.4	-	-	-
	Valor medio di $L_{A90,10'}$	-	23.2	31.8	-	-	-
	N° periodi di misura	-	52	36	-	-	-

4 VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO

Oggetto del presente studio d'impatto sono i n° 16 nuovi aerogeneratori che andranno a sostituire i n°53 aerogeneratori che costituiscono gli attuali impianti di Monacilioni – Pietracatella – Sant'Elia e di Macchia Valfortore (Figura 2 e Figura 3).

La simulazione ha riguardato solo le nuove turbine, poiché tutte quelle esistenti saranno rimosse. 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.

4.1 Predisposizione del modello di calcolo

Nel presente studio è stato utilizzato il codice di calcolo SoundPLAN della Braunstein+B Berndt, GmbH nella sua versione 8. 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. Tali standard sono stati recepiti dall'organismo normativo nazionale, che li ha pubblicati in lingua italiana⁹.

Si rimanda all'Appendice, a pag. 43, per maggiori dettagli sulle caratteristiche del modello e a pag. 41 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 dalla cartografia regionale disponibile.

4.1.2 Punti di calcolo

La valutazione modellistica del contributo delle nuove macchine è stata effettuata sui punti di misura A, B e C (Figura 2 e Figura 3).

Nel modello sono stati introdotti punti di calcolo posti in facciata ai fabbricati censiti in categoria catastale "A" all'interno del buffer di 500 m dalle macchine (Tabella 3).

Oltre a tali localizzazioni, per le quali si è operata la verifica catastale in modo puntuale, nel buffer da 500 a 1000 m di distanza dalle nuove macchine sono stati individuati, da cartografia regionale o dalle ortofoto disponibili, i fabbricati principali e sono stati inseriti ulteriori punti di calcolo (P25 ÷ P59).

⁹ 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".

Il calcolo è stato eseguito ad 1 m dalla facciata, in corrispondenza del centro di ogni piano del fabbricato. Il livello sonoro ottenuto dal calcolo risente dell'eventuale contributo di riflessione prodotto dalla facciata stessa.

Si sono quindi definiti complessivamente n. 47 punti, con denominazione da P01 a P59. I ricettori P05, P09 e P12 sono quelli nel cui intorno sono stati collocati i punti di misura A, B, C durante la campagna.

In linea generale, i punti di calcolo sono stati posti in corrispondenza della facciata rivolta verso gli aerogeneratori, a meno dei casi in cui la posizione del fabbricato residenziale e della facciata principale sia nota.

In Figura 5 e Figura 6 si riporta l'ubicazione delle nuove turbine e di tutti i punti di calcolo, le cui coordinate sono riportate in Appendice, a pag. 42.

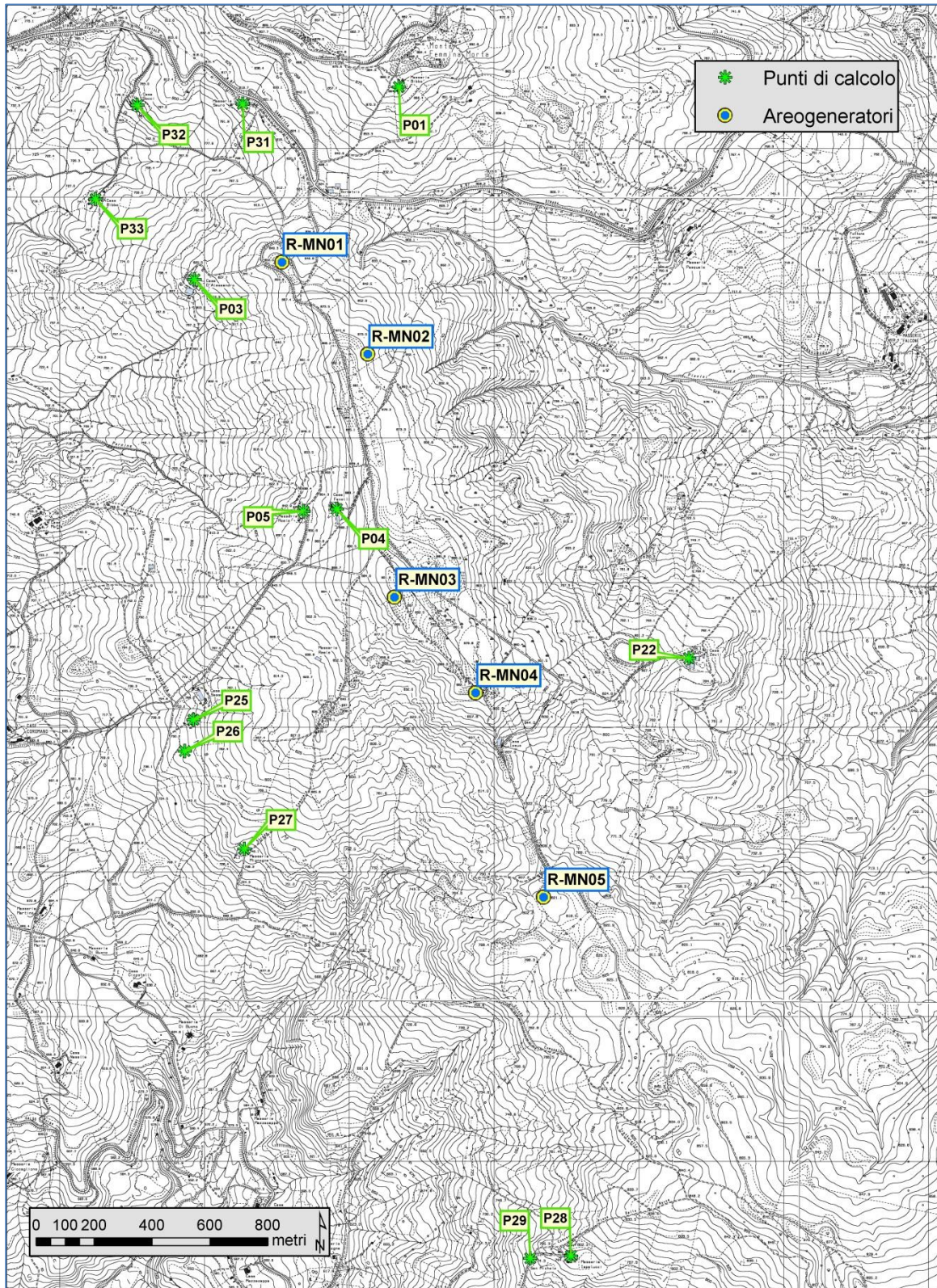


Figura 5 – Parchi Eolici di Macchia Valfortore, Monacilioni, Pietracatella - Ubicazione degli aerogeneratori in progetto e dei punti di calcolo presso i ricettori – Parte NORD.

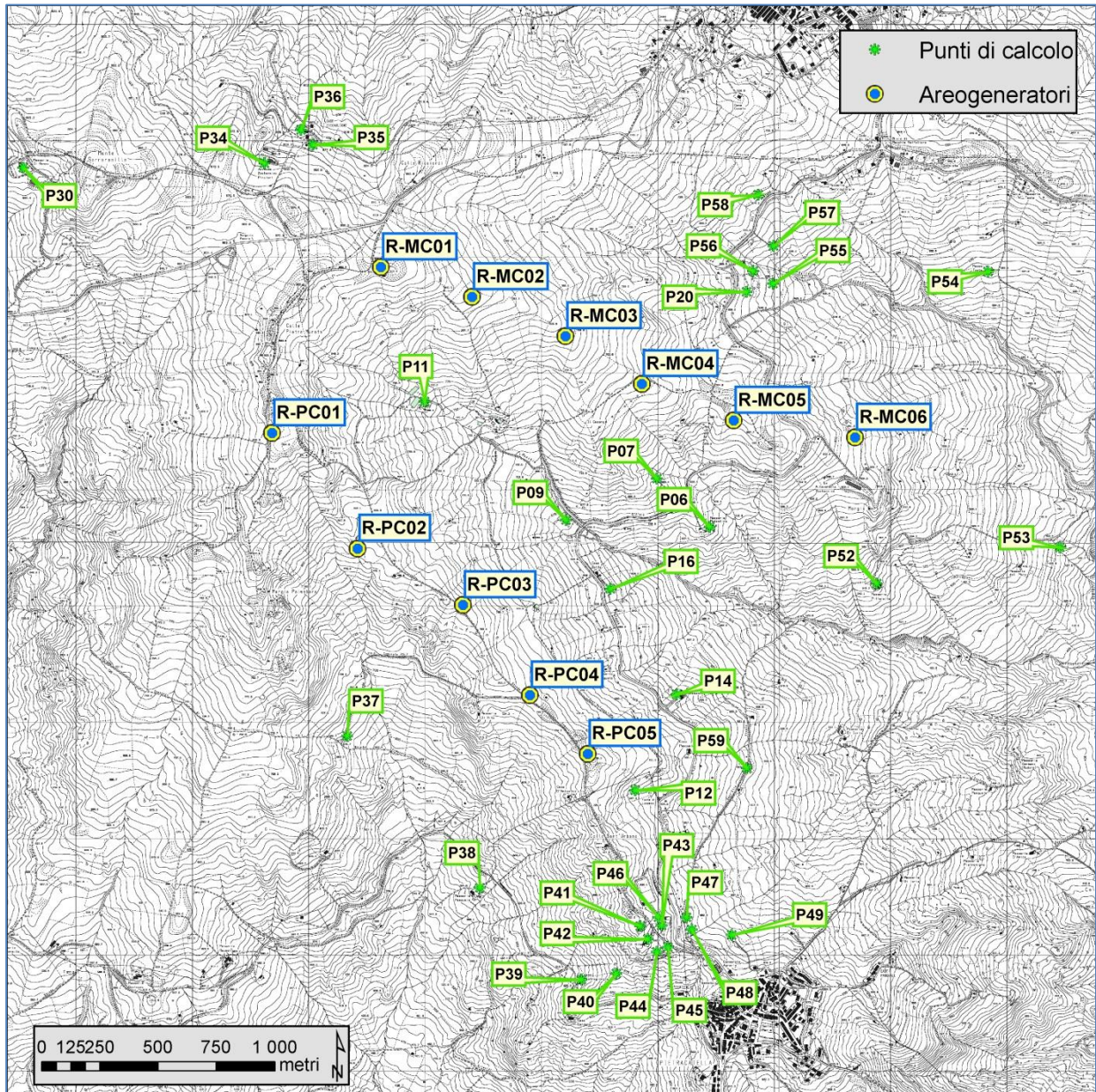


Figura 6 – Parchi Eolici di Macchia Valfortore, Monacilioni, Pietracatella - Ubicazione degli aerogeneratori in progetto e dei punti di calcolo presso i ricettori – Parte SUD.

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, ossia Vestas V136-4.2 MW, Nordex N131/3900, Siemens Gamesa SG 4.5-145 e Senvion M140 4.2, tra i quali sarà successivamente effettuata la scelta.

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

Ai fini della simulazione acustica, 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 caratteristiche¹⁰:

- 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 7 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 7 si nota come il livello emissivo massimo, pari, appunto a **107.8 dB(A)**, si verifichi 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 7 - 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 puntuale 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 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 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

¹⁰ Documento Siemens Gamesa Preliminary Developer Package, SG 4.5-145, document ID: GD372187 R0 del 30/04/2018.

parte di tutte le sorgenti su tutti i ricevitori (tutti i ricettori "sottovento" a tutte le sorgenti).

I livelli di immissione specifica massima previsti dal modello L_{WTG_new} sono riportati in Tabella 8 per i punti di misura A÷C ed in Tabella 9 per i ricettori posti in facciata ai fabbricati (P01÷P59). 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; i livelli riportati in Tabella 9 includono il contributo di riflessione della facciata.

Tabella 8 – Livelli di immissione specifica massima delle nuove turbine presso i punti di calcolo – Valori in dB(A)

Punto	Livello calcolato (*) L_{WTG_new} ($V_{hub} = 9$ m/s)
A – Loc. C.da Serra Spina	46.3
B – Loc. C.da Due Ponti	44.5
C - Loc. C.da Casa del Lucano	47.7
(*) : i valori indicati si riferiscono al livello emissivo massimo dell'aerogeneratore.	

Tabella 9 – Livelli di immissione specifica massima delle nuove turbine presso i punti collocati in facciata ai potenziali ricettori – Valori in dB(A)

Punto	Direzione della facciata	Livello calcolato L_{WTG_new} ($V_{hub} = 9$ m/s)
Parte NORD		
P01	SW	40.1
P03	NE	47.1
P04	E	47.6
P05	E	45.6
P22	W	40.5
P25	E	39.0
P26	NE	38.4
P27	NE	38.7
P28	NE	28.5
P29	N	32.6
P31	S	41.7
P32	SE	38.8
P33	NE	39.6
Parte SUD		
P06	NE	45.7
P07	NE	48.2
P09	SE	43.4
P11	NE	46.0
P12	N	49.1
P14	SW	44.4
P16	W	45.3

Punto	Direzione della facciata	Livello calcolato $L_{WTG\ new} (V_{hub} = 9\ m/s)$
P20	S	45.6
P30	E	31.4
P34	E	39.6
P35	SE	42.2
P36	S	38.9
P37	NE	43.0
P38	NE	40.1
P39	N	37.6
P40	NW	37.7
P41	N	39.9
P42	N	38.0
P43	N	38.1
P44	NE	36.5
P45	NE	35.0
P46	N	40.1
P47	N	39.3
P48	N	35.7
P49	NW	37.4
P52	NW	41.3
P53	W	36.0
P54	W	38.3
P55	S	44.6
P56	S	44.0
P57	SW	42.6
P58	S	41.3
P59	W	40.5
(*) : 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.		

Il risultato del calcolo previsionale relativo alle condizioni emissive più critiche per le nuove turbine mostra, un contributo minore di 40 dB in facciata su ben n.22 punti di calcolo.

Per n.15 punti il modello prevede livelli in facciata compresi tra 40 e 45 dB(A); gli altri punti di calcolo mostrano livelli maggiori di 45 dB(A). Il livello relativamente più elevato è previsto presso P12, ove il valore medio atteso in facciata in condizioni emissive più critiche è leggermente superiore a 49 dB(A).

A seguire, i livelli più elevati sono previsti per i punti P07, P04, P03, P11, P06, P20.

Come detto, i livelli riportati in Tabella 8 si riferiscono ai livelli emissivi massimi dei nuovi aerogeneratori, ma ovviamente i contributi sono funzione della V_{hub} a cui saranno interessati gli aerogeneratori; la figura seguente riassume i livelli previsti presso alcuni ricettori in funzione di tale parametro. Al calare di V_{hub} , calano proporzionalmente anche

i livelli previsti in facciata; ad esempio, sul punto P12, il livello L_{WTG} già con V_{hub} di 7 m/s scende sotto i 45 dB.

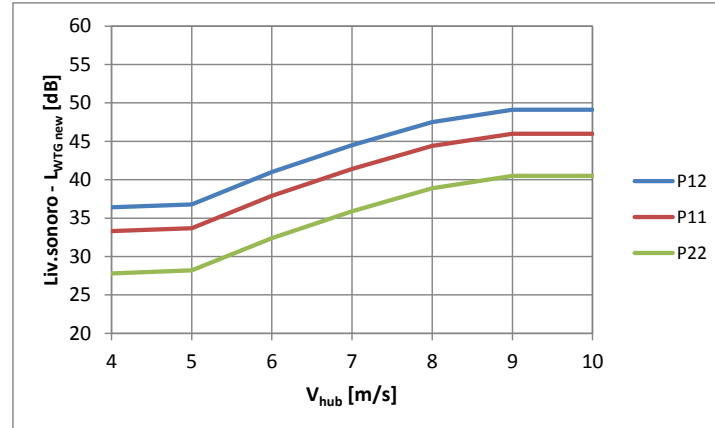


Figura 7 - Livelli di immissione specifica calcolati presso alcuni ricettori in funzione di V_{hub} .

4.2.2 Mappe isofoniche

Per una rappresentazione delle immissioni specifiche del parco eolico in tutto il territorio circostante, sono state prodotte mappe recanti le curve isofoniche. Il calcolo è stato eseguito ad una altezza dal suolo di 2 m, con i parametri indicati in appendice (pag. 41). 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). La Figura 8 riguarda la parte Nord del parco, la Figura 9 quella a Sud.

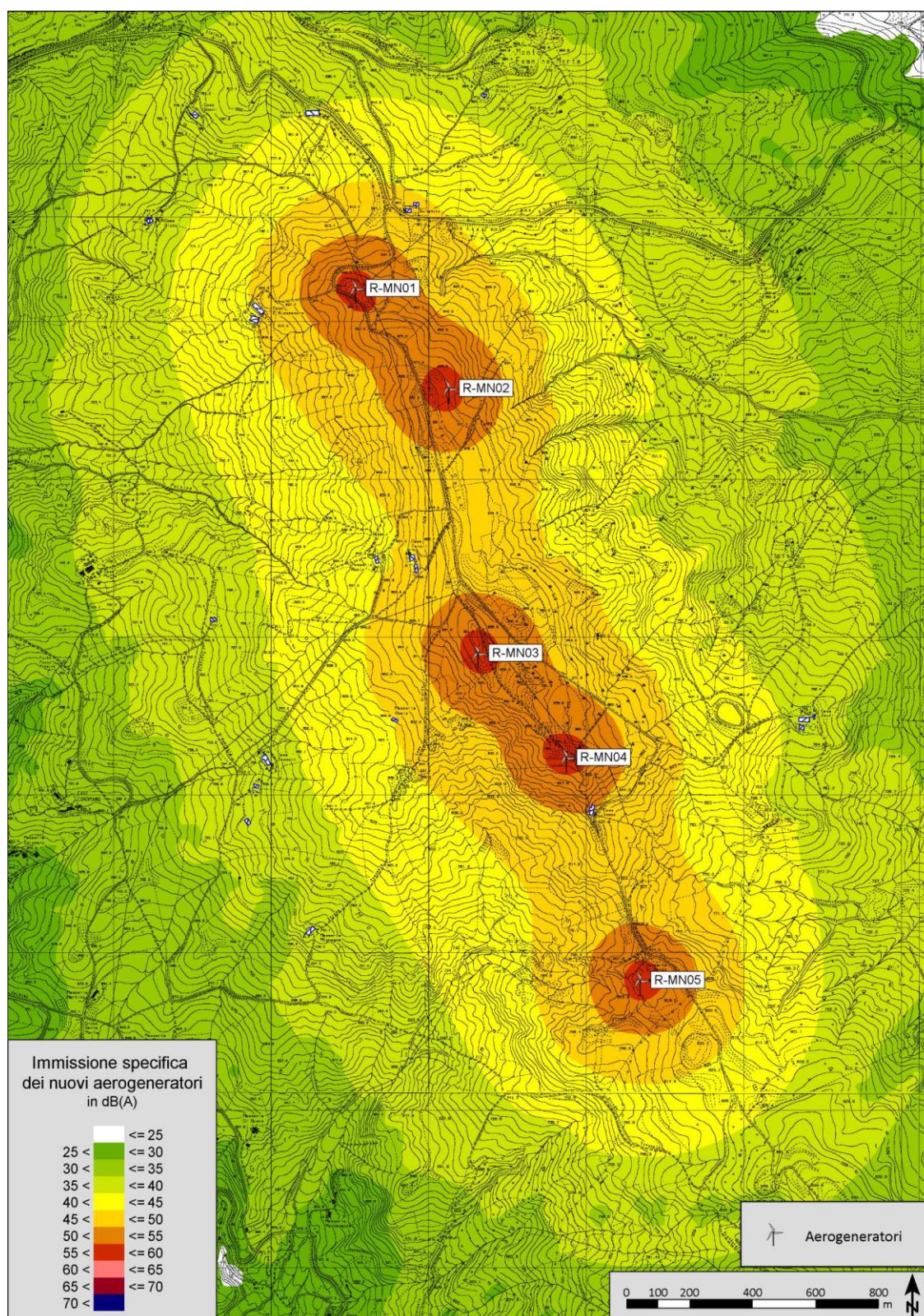


Figura 8 – Parco eolico di Monacilioni: curve isofoniche di immissione specifica degli aerogeneratori in progetto con velocità del vento di 9 m/s al mozzo – Massimo livello emissivo – Parte NORD.

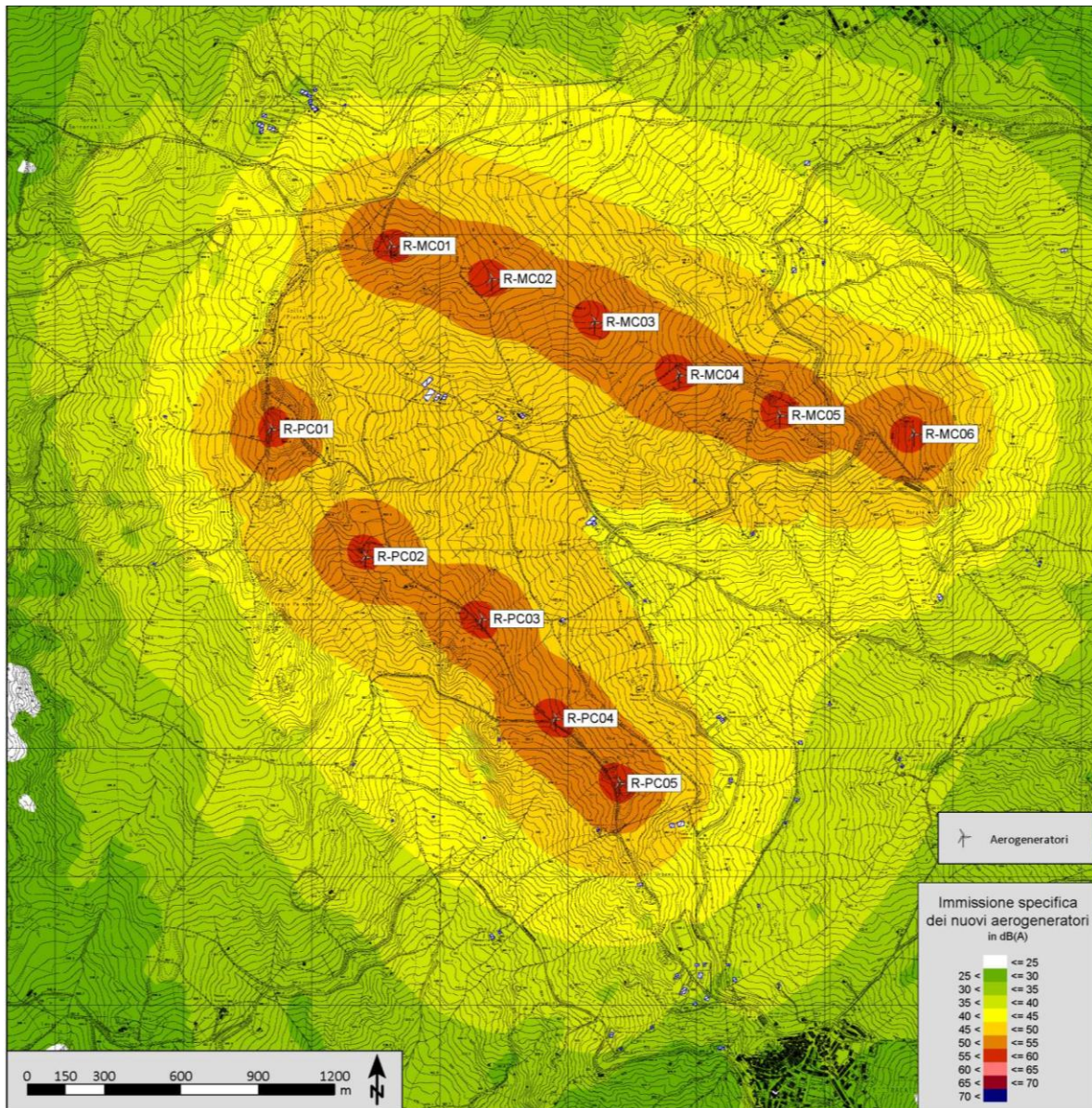


Figura 9 - Parchi Eolici di Macchia Valfortore, Monacilioni, Pietracatella: curve isofoniche di immissione specifica degli aerogeneratori in progetto con velocità del vento di 9 m/s al mozzo – Massimo livello emissivo– Parte SUD.

4.3 Verifica dei limiti di legge

4.3.1 Limite transitorio di accettabilità

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 A, B e C (§ 3.3.1) con le attuali macchine disattivate, il contributo dell'impianto calcolato con il modello (L_{WTG}) alimentato con le sorgenti modellate. Il calcolo è stato eseguito mediante la seguente relazione:

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

dove L_{Amb} rappresenta il valore del livello di immissione da confrontare con i limiti di cui alla zonizzazione. Nella Tabella 10, 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} (si utilizza il dato di $L_{Aeq,10'}$ medio a $V_{hub} = 9$ m/s, di cui alla Tabella 5) arrotondato allo 0.5 dB più vicino;
- il livello di immissione specifica degli aerogeneratori $L_{WTG_{new}}$ calcolato dal modello nella condizione emissiva massima (Tabella 8);
- 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 particolare, il livello L_{Res} per i punti ove non si dispone del dato sperimentale, è stato attribuito secondo i seguenti criteri:

- il dato sperimentale acquisito presso il punto A è stato assunto per i punti P01, P03÷P05, P22, P25÷P29÷P33;
- il dato sperimentale acquisito presso il punto B è stato assunto per i punti P06÷P11, P14, P16, P52÷P58;
- il dato sperimentale acquisito presso il punto C è stato assunto per i punti P20, P34÷P49, P59.

In Tabella 10 si presentano i risultati per i punti sede delle misure (A÷C), mentre in Tabella 11 quelli per i punti di calcolo in facciata ai fabbricati.

Tabella 10 – Livelli di immissione calcolati presso i punti di misura – Condizione emissiva massima $V_{hub} \geq 9$ m/s – Valori in dB(A)

Punto	Livello di rumore residuo L_{Res}	Livello di immissione specifica degli aerogen. $L_{WTG_{new}}$	Livello massimo di immissione "post operam" L_{Amb}	Limite transitorio di accettabilità (DPCM 01.03.1991) Diurno/ Notturmo
A	40.0	46.3	47.2	70/60
B	41.5	44.5	46.3	
C	35.5	47.7	48.0	

Tabella 11 – Livelli di immissione calcolati in facciata a fabbricati comprensivi degli ambienti abitativi (cat. Catastale "A") – Valori in dB(A)

Punto	Livello di rumore residuo L_{Res}	Livello di immissione specifica degli aerogen. $L_{WTG_{new}}$	Livello massimo di immissione "post operam" L_{Amb}	Limite transitorio di accettabilità (DPCM 01.03.1991) Diurno/ Notturmo
Parte Nord				
P01	40.0	40.1	43.1	70/60
P03	40.0	47.1	47.9	70/60
P04	40.0	47.6	48.3	70/60

Punto	Livello di rumore residuo L_{Res}	Livello di immissione specifica degli aerogen. $L_{WTG\ new}$	Livello massimo di immissione "post operam" L_{Amb}	Limite transitorio di accettabilità (DPCM 01.03.1991) Diurno/ Notturno
P05	40.0	45.6	46.7	70/60
P22	40.0	40.5	43.3	70/60
P25	40.0	39.0	42.5	70/60
P26	40.0	38.4	42.3	70/60
P27	40.0	38.7	42.4	70/60
P28	40.0	28.5	40.3	70/60
P29	40.0	32.6	40.7	70/60
P31	40.0	41.7	43.9	70/60
P32	40.0	38.8	42.5	70/60
P33	40.0	39.6	42.8	70/60
Parte Sud				
P06	41.5	45.7	47.1	70/60
P07	41.5	48.2	49.0	70/60
P09	41.5	43.4	45.6	70/60
P11	41.5	46.0	47.3	70/60
P12	35.5	49.1	49.3	70/60
P14	41.5	44.4	46.2	70/60
P16	41.5	45.3	46.8	70/60
P20	35.5	45.6	46.0	70/60
P30	40.0	31.4	40.6	70/60
P34	35.5	39.6	41.0	70/60
P35	35.5	42.2	43.0	70/60
P36	35.5	38.9	40.5	70/60
P37	35.5	43.0	43.7	70/60
P38	35.5	40.1	41.4	70/60
P39	35.5	37.6	39.7	70/60
P40	35.5	37.7	39.7	70/60
P41	35.5	39.9	41.2	70/60
P42	35.5	38.0	39.9	70/60
P43	35.5	38.1	40.0	70/60
P44	35.5	36.5	39.0	70/60
P45	35.5	35.0	38.3	70/60
P46	35.5	40.1	41.4	70/60
P47	35.5	39.3	40.8	70/60
P48	35.5	35.7	38.6	70/60
P49	35.5	37.4	39.6	70/60
P52	41.5	41.3	44.4	70/60
P53	41.5	36.0	42.6	70/60

Punto	Livello di rumore residuo L_{Res}	Livello di immissione specifica degli aerogen. $L_{WTG\ new}$	Livello massimo di immissione "post operam" L_{Amb}	Limite transitorio di accettabilità (DPCM 01.03.1991) Diurno/ Notturno
P54	41.5	38.3	43.2	70/60
P55	41.5	44.6	46.3	70/60
P56	41.5	44.0	45.9	70/60
P57	41.5	42.6	45.1	70/60
P58	41.5	41.3	44.4	70/60
P59	35.5	40.5	41.7	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 minore, al più, di 49.5 dB(A) circa.

Si può quindi concludere che i limiti transitori di accettabilità, validi per "tutto il territorio nazionale" in assenza di classificazione acustica dei comuni interessati, 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.

Tali valutazioni sono state condotte assumendo la condizione emissiva più gravosa, sia per quanto attiene alle condizioni anemometriche, sia per la tipologia di aerogeneratore utilizzato nella modellazione. Infatti il modello SG 4.5-145 ha il livello di potenza sonora massimo tra quelli che caratterizzano i vari aerogeneratori di possibile installazione nel sito.

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;
- l'esposizione 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 della 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.

I comuni ove ricadono i ricettori non dispongono del piano di classificazione acustica; in questi casi l'applicazione del criterio differenziale, che trova conferma ad esempio nella

circolare ministeriale del Settembre 2004¹¹, 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 acustica¹².

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 il documento ISPRA¹³ del 2013 relativo a "Linee guida per il controllo e il monitoraggio acustico ai fini delle verifiche di ottemperanza delle prescrizioni VIA", a pag. 10 fornisce indicazioni sulla 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", 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".

La Linea Guida ministeriale sui Progetti di Monitoraggio Ambientale¹⁴, redatta con la collaborazione di ISPRA nel 2014, a pag. 29 afferma inoltre 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".

Si possono allora trarre le seguenti conseguenze.

- Il criterio differenziale risulta non applicabile¹⁵ in periodo diurno anche alla velocità del vento più elevata presso la totalità dei punti, poiché già il livello esterno è

¹¹ 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).

¹² 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.

¹³ 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

¹⁴ 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>

¹⁵ 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.

inferiore al limite di applicabilità del criterio stesso, pari a 50 dB interni al locale, a finestre aperte.

- 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 tutti i punti.
- La non applicabilità del criterio differenziale deve essere verificata nelle due situazioni di serramenti aperti e chiusi. In questo 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. Con riferimento al documento ISPRA citato, considerando un'attenuazione di oltre 20 dB del livello sonoro in facciata, si avrà la non applicabilità presso un buona parte delle localizzazioni. I livelli previsti, tutti compresi entro 30 dB 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 poste fuori servizio. Questo approccio appare ampiamente conservativo, poiché non tiene conto della situazione attuale, nella quale invece già esistono, da molti anni, parchi funzionanti, 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 funzione.

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 i livelli di potenza sonora complessivamente attribuibili ai parchi eolici di Macchia Valfortore, Monacilioni, Pietracatella.

Le turbine ad oggi in funzione per i parchi di Monacilioni e Pietracatella 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 costruttore¹⁶, di cui un estratto è riportato in Figura 10.

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 10 - Livello di potenza sonora massimo dell'aerogeneratore Vestas V47 attualmente installato.

Il parco di Macchia Valfortore è invece dotato di turbine Vestas V52, il cui livello di potenza sonora massima, dedotto dalla documentazione del costruttore è pari a 104.2 dB(A), con altezza al mozzo di 50 m.

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.

¹⁶ 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.

La potenza sonora complessiva sviluppata dagli aerogeneratori nello scenario attuale ed in quello futuro resterà comunque inalterata, come evidenziato in Tabella 12.

Tabella 12 – Confronto tra il livello complessivo di potenza sonora degli aerogeneratori negli scenari attuale e futuro

Scenario	Tipo aerogen.	Livello di potenza sonora max. [dB(A)]	N° aerogen.	Livello complessivo di potenza sonora dei parchi eolici [dB(A)]
Attuale	Vestas V47	102.0	41	119.8
	Vestas V52	104.2	12	
Futuro	SG 4.5-145	107.8	16	119.8

4.5 Eventuali interventi mitigativi

Lo studio condotto ha mostrato una situazione di sostanziale conformità ai limiti di legge per quanto riguarda il limite transitorio di accettabilità ed il criterio differenziale che risulta non applicabile presso tutte le postazioni sia in periodo diurno che notturno. In quest'ultimo caso si sono assunte alcune ipotesi sull'attenuazione operata dalla facciata rispetto al rumore esterno anche a finestre aperte.

Qualora però i rilievi sperimentali *post operam* di verifica del criterio differenziale mostrassero criticità per determinate direzioni e velocità del vento, potranno essere attuati efficaci interventi mitigativi.

A tale proposito si evidenzia come una delle prerogative degli aerogeneratori di recente concezione sia quella di poter mettere in atto speciali regolazioni in grado di ridurre l'emissione sonora della macchina. Il modello di aerogeneratore considerato nella simulazione, ad esempio, dispone di numerosi settaggi, il più restrittivo dei quali consente di ridurre il livello di potenza sonora massimo di parecchi dB. Ciò avviene a discapito della potenza elettrica generata, attraverso la riduzione dei parametri di funzionamento, ad esempio la velocità di rotazione. Pertanto, potranno essere introdotti opportuni settaggi per alcune turbine per la riduzione dei livelli in facciata, in corrispondenza delle velocità e direzioni del vento identificate come più critiche.

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 degli impianti eolici in oggetto, 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 13.

Tabella 13 -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 continuo sull'intero periodo diurno dei macchinari di Tabella 13, 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'impiego¹⁷. 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 14 –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 ed, infine, della limitazione delle attività al solo periodo diurno, si valuta scarsamente significativo l'impatto prodotto anche durante queste attività.

¹⁷ 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 d'impatto acustico delle attività di potenziamento dei parchi eolici di Macchia Valfortore, Monacilioni, Pietracatella, che prevedono la sostituzione di tutti gli aerogeneratori che li compongono con n. 16 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. Nel modello sono stati utilizzati gli aerogeneratori aventi il massimo livello di potenza sonora tra quelli di possibile installazione in sito. Si evidenzia, tra l'altro, come, anche con tale ipotesi cautelativa, la potenza sonora complessiva dei parchi eolici nella situazione attuale e futura resterà, di fatto, inalterata.

Nessuno dei comuni interessati è dotato dei piani 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 dei comuni interessati.

Le valutazioni puntuali, condotte sugli ambienti abitativi, mostrano, inoltre, la non applicabilità del criterio differenziale di immissione all'interno degli ambienti abitativi a finestre aperte, sia in periodo diurno che notturno, considerando, in quest'ultimo caso, i valori di attenuazione offerti dalla facciata, ricavati 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.

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"¹⁸ 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 16 e in Tabella 17, 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 16 si riferisce ai limiti di emissione, mentre la Tabella 17 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 15 - 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.

¹⁸ Per "sorgente" s'intende anche un insieme di sorgenti acustiche purché appartenenti allo stesso processo produttivo o funzionale

Tabella 16 - 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 17 - 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 circolare¹¹ 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 18.

Tabella 18 – Catene strumentali utilizzate

P.o	Cat. n°	Strumenti		N° matr.	Estremi dei certificati di taratura SIT
C	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	
A	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	
B	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.18.CAL.446 del 13/11/2018 (prot. CESI B8023810)

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 il set per esterni B&K tipo UA-1404 "Outdoor microphone kit".

Il trasferimento dei dati dai fonometri è stato realizzato con il software B&K Measurement Partner Suite-BZ-5503; 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 19 – 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 20 – Coordinate dei punti di misura (Sistema ETRS89, proiezione UTM, fuso 33)

Punto	Est [m]	Nord [m]
A	484339	4609739
B	488601	4605394
C	488886	4604197

Tabella 21 - Coordinate degli aerogeneratori (Sistema ETRS89, proiezione UTM, fuso 33)

Aerog.	Est [m]	Nord [m]
R-MN01	484264	4610597
R-MN02	484559	4610280
R-MN03	484652	4609440
R-MN04	484932	4609110
R-MN05	485166	4608404
R-PC01	487339	4605734
R-PC02	487706	4605237
R-PC03	488159	4604994

Aerog.	Est [m]	Nord [m]
R-PC04	488447	4604607
R-PC05	488695	4604355
R-MC01	487806	4606447
R-MC02	488198	4606318
R-MC03	488599	4606150
R-MC04	488928	4605945
R-MC05	489322	4605787
R-MC06	489844	4605714

Tabella 22 - Coordinate dei punti di calcolo (Sistema ETRS89, proiezione UTM, fuso 33)

Punto	Est [m]	Nord [m]
P01	484667	4611203
P03	483960	4610538
P04	484452	4609745
P05	484337	4609737
P06	489219	4605330
P06	489219	4605330
P07	488992	4605538
P09	488602	4605359
P11	487993	4605869
P12	488898	4604198
P14	489077	4604609
P16	488792	4605063

Punto	Est [m]	Nord [m]
P20	489377	4606341
P22	485669	4609230
P25	483957	4609016
P26	483927	4608909
P27	484133	4608570
P28	485261	4607164
P29	485120	4607156
P30	486270	4606874
P31	484128	4611144
P32	483763	4611140
P33	483619	4610815
P34	487306	4606893

Punto	Est [m]	Nord [m]
P35	487514	4606973
P36	487463	4607036
P37	487662	4604432
P38	488231	4603778
P39	488668	4603384
P40	488817	4603409
P41	488921	4603614
P42	488953	4603559
P43	489012	4603616
P44	488993	4603503
P45	489040	4603524
P46	488999	4603651

Punto	Est [m]	Nord [m]
P47	489119	4603651
P48	489142	4603599
P49	489314	4603576
P52	489936	4605087
P53	490722	4605242
P54	490415	4606427
P55	489490	4606375
P56	489405	4606430
P57	489493	4606538
P58	489428	4606758
P59	489379	4604293

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 SoundPLAN¹⁹ 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 9613-2²⁰. 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 ambientale²¹.

¹⁹ <http://www.soundplan.eu/english>

²⁰ UNI ISO 9613-2:2006 "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Metodo generale di calcolo"

²¹ 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 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.

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.