

Integrale ricostruzione dell'impianto eolico VRG-040

Progetto definitivo

Oggetto:

040-47 - Relazione impatto acustico

Proponente:

VRG wind 040

VRG Wind 040 S.r.l.
Via Algardi 4
Milano (MI)

Progettista:

 **Stantec**

Stantec S.p.A.
Centro Direzionale Milano 2, Palazzo Canova
Segrate (Milano)

Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	22/07/2022	Prima Emissione	Lorenzo Magni Davide Irto	Matteo Carnevale	Marco Sergenti
01	30/11/2022	Integrati Commenti	Lorenzo Magni Davide Irto	Matteo Carnevale	Marco Sergenti
02	02/03/2023	Integrati Commenti	Lorenzo Magni Davide Irto	Matteo Carnevale	Marco Sergenti
Fase progetto: Definitivo				Formato elaborato: A4	

Nome File: **040-47.02 - Relazione acustica.docx**

Indice

1	PREMESSA	6
1.1	Descrizione del proponente	6
1.2	Contenuti della relazione	7
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	8
2.1	La classificazione acustica del territorio.....	12
2.2	I ricettori presenti nell'area d'indagine.....	13
3	METODOLOGIA DI ANALISI ADOTTATA.....	16
3.1	Il processo di analisi.....	16
3.2	Caratteristiche del rumore della turbina eolica	20
3.3	Caratteristiche del vento nell'area di analisi	21
4	Campagna di misura del rumore di fondo.....	24
4.1	Le catene di misura del rumore.....	24
4.2	Le catene di misura dei parametri meteo.....	27
4.3	Localizzazione dei punti di misura.....	29
4.4	risultati delle misure	32
4.5	Correlazioni con i dati di velocità dell'aria	34
5	Analisi attraverso il modello matematico.....	38
5.1	Realizzazione del modello matematico	38
5.2	Inserimento delle sorgenti sonore	40
5.3	Taratura del modello matematico	40
5.4	Previsione dei livelli sonori nel territorio circostante.....	40
5.4.1	Individuazione dei Ricettori – Valori puntuali	40
5.4.2	Risultati della simulazione modellistica – Rumore Residuo	42
5.4.3	Risultati della simulazione modellistica – Rumore Emesso - STATO DI PROGETTO.....	43
5.4.4	Risultati della simulazione modellistica – Rumore Immesso - STATO DI PROGETTO	44
5.4.5	Valutazione dei Risultati – Criterio differenziale	45
6	STATO DI CANTIERE.....	46
6.1	Il cantiere.....	48
6.2	Le sorgenti di cantiere.....	50
6.2.1	Risultati della simulazione modellistica – Cantiere fase 1	51

6.2.2 Risultati della simulazione modellistica – Cantiere fase 2.....	51
6.2.3 Valutazione dei Risultati – Criterio differenziale	51
7 Conclusioni	53
8 Allegati	55

Indice delle figure

Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto VRG-040	8
Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto VRG-040 Villafrati nel suo stato di fatto e nello stato di progetto	9
Figura 2-3: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto VRG-040 Campofelice nel suo stato di fatto e nello stato di progetto	9
Figura 2-4: Variazione della velocità del vento in funzione dell'altezza	11
Figura 2-5: Ricettori in prossimità delle turbine eoliche dell'impianto in progetto	13
Figura 3-1: Schema metodologico usato per la valutazione di impatto acustico di un parco eolico	17
Figura 3-2: Schema metodologico per la valutazione di impatto acustico (UNI 11143-7)	19
Figura 3-3: Diverse sorgenti presenti su un aerogeneratore	20
Figura 3-4: Livello di pressione sonora correlati con la velocità e direzione del vento.....	21
Figura 3-5: Rosa dei venti.....	22
Figura 3-6: Curva Weibull.....	22
Figura 4-1: Analizzatore in frequenza DUO	24
Figura 4-2: Stazione Meteo Vaisala	27
Figura 4-3: Punti di misura a lungo (denominati LT-XX) e breve termine (denominati BT-YY)	30
Figura 4-4: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-01 - diurno)	34
Figura 4-5: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-01 - notturno).....	35
Figura 4-6: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-02 - diurno)	35
Figura 4-7: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-02 - notturno).....	36
Figura 4-8: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-03 - diurno)	36
Figura 4-9: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-03 - notturno).....	37
Figura 5-1: Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista planimetrica).....	38
Figura 5-2: Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista 3D).....	39

Figura 5-3: Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista 3D)	39
Figura 5-4: Ricettori considerati.....	41
Figura 6-1: Cronoprogramma attività di cantiere.....	46
Figura 6-2: Inquadramento delle attività di cantiere (zona principale).....	47
Figura 6-4: Individuazione fasi di cantiere.....	49

1 PREMESSA

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Sorgenia S.p.A. di redigere il progetto definitivo per il potenziamento dell'esistente impianto eolico ubicato nei Comuni di Campofelice di Fitalia (PA), Villafrati (PA) e Ciminna (PA), costituito da 35 aerogeneratori di potenza 0,85 MW ciascuno, con una potenza complessiva dell'impianto pari a 29,75 MW installati.

L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori dell'impianto viene convogliata tramite cavidotto interrato MT da 20 kV, alla Sottostazione Utente, ubicata nel comune di Ciminna. L'allacciamento dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) avviene attraverso un collegamento direttamente alla Cabina Primaria di Ciminna di Enel Distribuzione, la quale a sua volta è collegata in entra-esce sulla linea esistente AT a 150 kV "Ciminna-Castronovo".

L'intervento in progetto consiste nella sostituzione delle 35 turbine eoliche dell'impianto esistente con 11 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6 MW ciascuno. Si prevede di collegare gli 11 aerogeneratori di progetto alla Sottostazione di trasformazione MT/AT del comune di Ciminna mediante un cavo interrato MT da 33 kV. Il seguente progetto di repowering consente di aumentare notevolmente la potenza complessivamente prodotta dall'impianto, riducendo gli impatti sul territorio grazie al più ridotto numero di aerogeneratori impiegati. Inoltre, la maggior efficienza dei nuovi aerogeneratori comporta un aumento considerevole dell'energia specifica prodotta, riducendo in maniera proporzionale la quantità di CO₂ equivalente.

1.1 Descrizione del proponente

Il soggetto proponente del progetto in esame è VRG Wind 040 S.r.l., interamente parte del gruppo Sorgenia Spa, uno dei maggiori operatori energetici italiani.

Il Gruppo è attivo nella produzione di energia elettrica con oltre 4.750 MW di capacità di generazione installata e oltre 400.000 clienti in fornitura in tutta Italia. Efficienza energetica e attenzione all'ambiente sono le linee guida della sua crescita. Il parco di generazione, distribuito su tutto il territorio nazionale, è costituito dai più avanzati impianti a ciclo combinato e da impianti a fonte rinnovabile, per una capacità di circa 370 MW tra biomassa ed eolico. Nell'ambito delle energie rinnovabili, il Gruppo, nel corso della sua storia, ha anche sviluppato, realizzato e gestito impianti di tipo fotovoltaico (ca. 24 MW), ed idroelettrico (ca. 33 MW). In quest'ultimo settore, Sorgenia è attiva con oltre 75 MW di potenza installata gestita tramite la società Tirreno Power, detenuta al 50%.

Il Gruppo Sorgenia, tramite le sue controllate, fra le quali VRG Wind 040 S.r.l., è attualmente impegnata nello sviluppo di un importante portafoglio di progetti rinnovabili di tipo eolico, fotovoltaico, biometano, geotermico ed idroelettrico, caratterizzati dall'impiego delle Best Available Technologies nel pieno rispetto dell'ambiente.

1.2 Contenuti della relazione

La presente relazione ha l'obiettivo di valutare le future immissioni di rumore derivanti dal progetto di un nuovo Parco Eolico, sul territorio circostante il progetto.

Il procedimento effettuato per la valutazione dell'impatto acustico generato dall'intervento di realizzazione di un nuovo parco eolico, avviene attraverso le seguenti fasi:

- Realizzazione di una campagna di misure Ante Operam volta a caratterizzare il clima acustico attuale. Tali misure sono realizzate attraverso strumenti specificatamente costruiti per realizzare monitoraggi;
- Analisi dei dati acquisiti ed elaborazione degli stessi per correlare il Rumore Residuo dell'area alle diverse velocità del vento;
- Costruzione di un modello acustico di calcolo 3D descrittivo della situazione attuale, in modo da poter avere una chiara visione dei livelli di Rumore Residuo sul territorio;
- Inserimento nel modello di calcolo 3D sopra descritto, dei nuovi aerogeneratori in progetto alle diverse velocità del vento;
- Definizione del metodo per la Valutazione dell'Impatto Acustico del nuovo campo eolico ai sensi della UNI/TS 11143-7 di Febbraio 2013;

Valutazione dell'Impatto Acustico dell'intervento in esame in prossimità dei recettori sensibili più prossimi ai nuovi aerogeneratori (Valori di Emissione, Immissione, verifica Criterio Differenziale).

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito in cui è ubicato il parco eolico oggetto di Repowering, denominato VRG-040, è collocato nei comuni di Villafrati, Ciminna, Campofelice di Fitalia, nella provincia di Palermo, in Sicilia.

L'impianto VRG-040 è localizzato a circa 30 km a Sud dal capoluogo, a 2 km in direzione Sud-Est rispetto al centro urbano del Comune di Villafrati ed a 0,8 km in direzione Sud/Sud-Ovest rispetto al centro storico di Campofelice di Fitalia.



Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto VRG-040

L'impianto eolico VRG-040 è situato in una zona prevalentemente collinare non boschiva caratterizzata da un'altitudine media pari a circa 700 m, ma con rilievi montuosi non trascurabili, con sporadiche formazioni di arbusti e la presenza di terreni seminativi/incolti.

Il parco eolico ricade all'interno dei seguenti fogli catastali:

- Fogli 5, 8, 11, 13 nel comune di Campofelice di Fitalia
- Fogli 15, 16, 17 nel comune di Villafrati

L'intervento di integrale ricostruzione e potenziamento dell'impianto consiste nello smantellamento dei 35 aerogeneratori esistenti e la relativa sostituzione con 11 turbine eoliche di potenza ed efficienza maggiore.

In Figura 2-2 è riportato l'inquadramento territoriale dell'area, con la posizione degli aerogeneratori su ortofoto nel suo stato di fatto e nel suo stato di progetto.

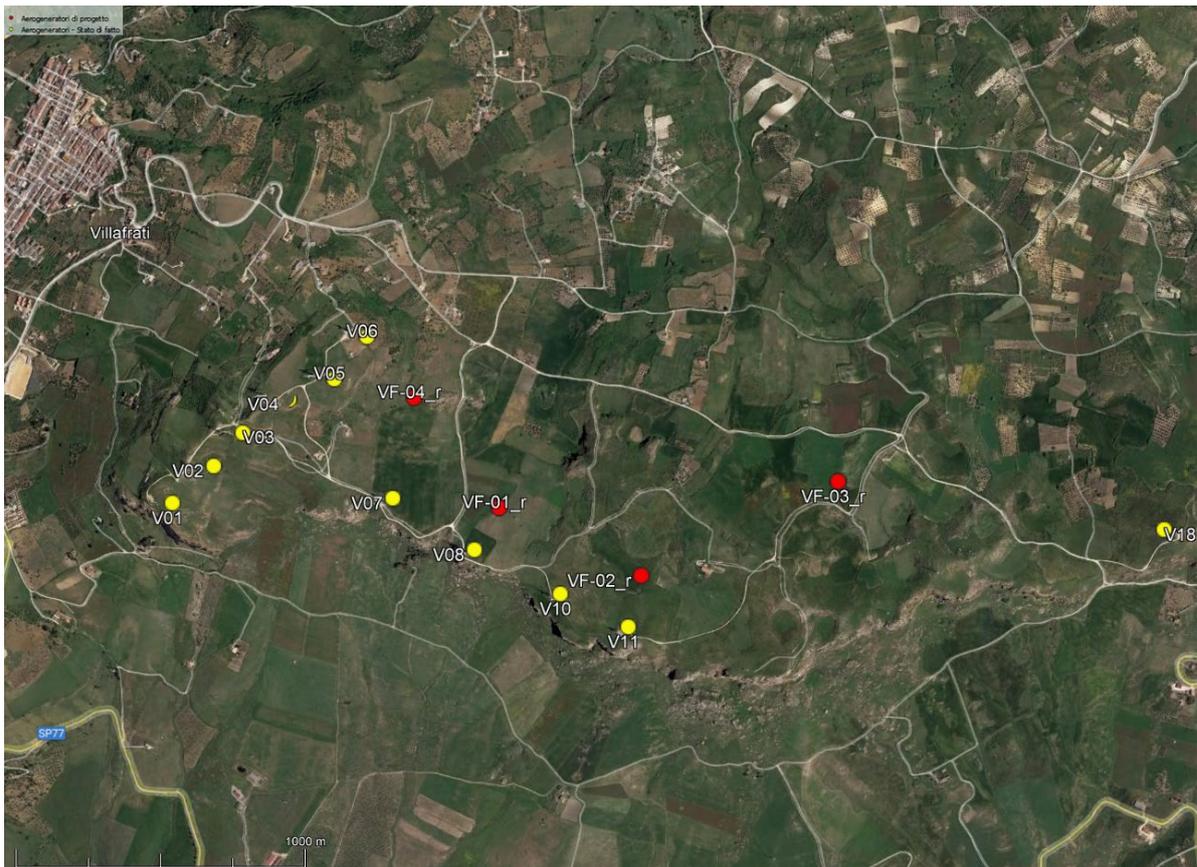


Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto VRG-040 Villafrati nel suo stato di fatto (in giallo) e nello stato di progetto (in rosso)

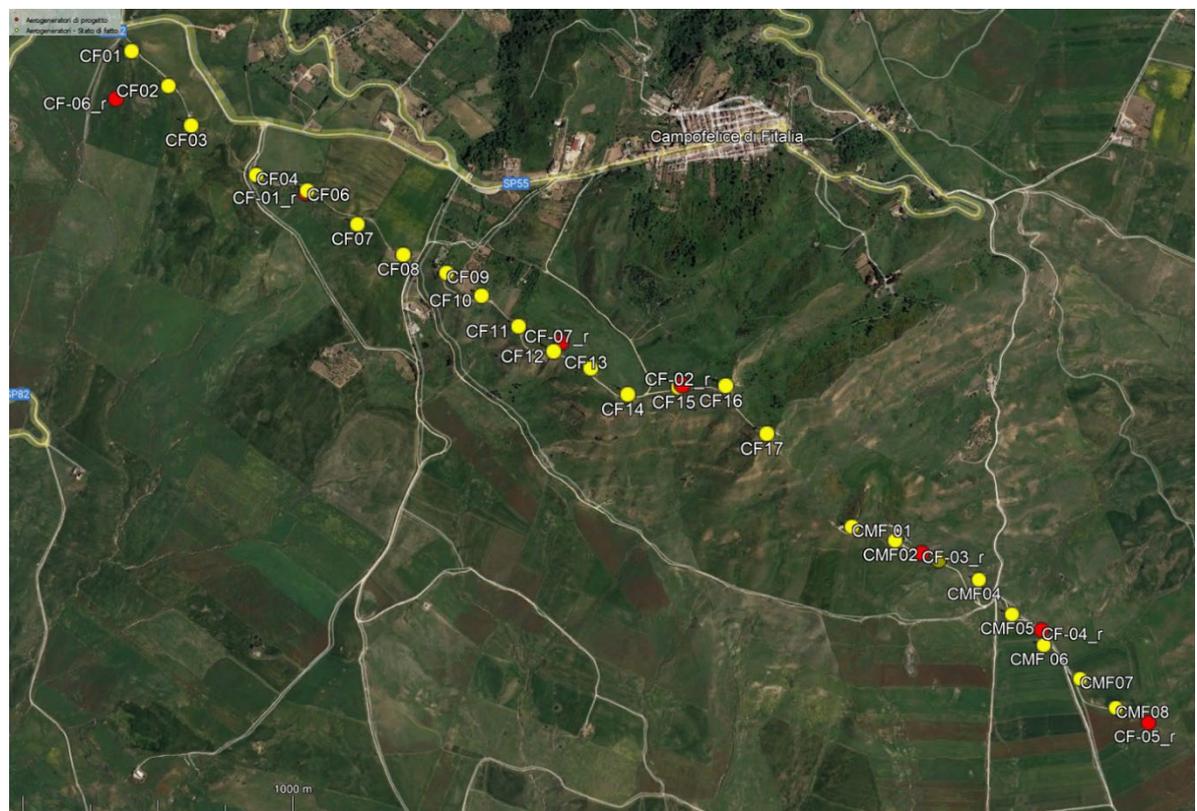


Figura 2-3: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto VRG-040 Campofelice nel suo stato di fatto (in giallo) e nello stato di progetto (in rosso)

Si riporta in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione degli aerogeneratori di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 33 N:

Tabella 1: Localizzazione geografica degli aerogeneratori di nuova costruzione

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]
VF-01_r	Villafrati	368426	4195457
VF-02_r	Villafrati	368897	4195223
VF-03_r	Villafrati	369560	4195527
VF-04_r	Villafrati	368145	4195831
CF-01_r	Campofelice di Fitalia	365429	4187461
CF-02_r	Campofelice di Fitalia	366612	4186827
CF-03_r	Campofelice di Fitalia	367414	4186248
CF-04_r	Campofelice di Fitalia	367840	4185966
CF-05_r	Campofelice di Fitalia	368221	4185627
CF-06_r	Campofelice di Fitalia	364734	4187807
CF-07_r	Campofelice di Fitalia	366221	4186975

Gli aerogeneratori considerati hanno un livello di potenza sonora che varia in funzione della velocità del vento, ma solo fino ad un certo valore: infatti da 8.5 m/s non abbiamo incrementi del valore.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori di potenza sonora in funzione della velocità del vento.

Tabella 2: Valori di potenza sonora in funzione della velocità del vento (dati del costruttore)

Wind speed [m/s]	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Up tp cut-out
AM 0	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-1	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-2	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-3	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-4	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-5	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
AM-6	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.7	106.0	106.0	106.0	106.0	106.0
N1	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	105.5	105.5	105.5	105.5	105.5	105.5
N2	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	104.5	104.5	104.5	104.5	104.5	104.5
N3	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0
N4	92.0	92.0	94.5	98.4	101.8	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0
N5	92.0	92.0	94.5	98.4	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0
N6	92.0	92.0	94.5	98.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
N7	92.0	92.0	94.5	98.4	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0

I dati del vento, al fine dell'analisi del livello di rumore generato dallo stesso, vengono poi rapportati all'altezza del mozzo dell'aerogeneratore attraverso la seguente espressione (power law):

$$V_{h_2} = V_{h_1} \cdot \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^a$$

Dove h_1 è l'altezza di riferimento, V_{h_1} la velocità del vento in corrispondenza dell'altezza di riferimento, h_2 è l'altezza del mozzo, V_{h_2} la velocità del vento in corrispondenza dell'altezza del mozzo e a è il coefficiente di Wind Shear.

Nella seguente figura è possibile osservare la variazione della velocità del vento in funzione dell'altezza a cui la si misura.



Figura 2-4: Variazione della velocità del vento in funzione dell'altezza (dati sperimentali derivanti da analisi dati anemometrici)

Nel presente studio risulta, in base alla conformazione del sito, un valore alfa sperimentale di circa 0.1. A fronte di questo sono stati considerati gli impatti acustici fino alle velocità del vento al mozzo corrispondenti alla massima velocità misurabile a terra, ovvero 5 m/s. Considerando quindi una velocità pari a 5 m/s all'altezza delle misurazioni (circa 1,5 m) la massima velocità al mozzo da calcolare nelle analisi sarà circa 8 m/s.

Per velocità superiori a quelle riportate sopra, che non rientrano nell'analisi, non si esclude comunque la possibilità di avere superamenti dei limiti.

2.1 La classificazione acustica del territorio

Il Comune di Villafrati (PA) e quello di Campofelice di Fitalia (PA) non hanno ancora adottato il Piano di Classificazione Acustica del Territorio, per cui abbiamo la situazione riportata nella seguente figura. si applicano al caso in esame i limiti di accettabilità stabiliti all'art. 6 del D.P.C.M. 1°Marzo 1991 (Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno).

Tabella 3: Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi*

Zona di appartenenza	Limite diurno	Limite notturno
<i>Tutto il territorio nazionale</i>	<i>70 dBA</i>	<i>60 dBA</i>
<i>Zona A (DM n. 1444/68)</i>	<i>65 dBA</i>	<i>55 dBA</i>
<i>Zona B (DM 1444/68)</i>	<i>60 dBA</i>	<i>50 dBA</i>
<i>Zona esclusivamente industriale</i>	<i>70 dBA</i>	<i>70 dBA</i>

* Limiti provvisori in mancanza di Classificazione Acustica - Art. 6 DPCM 1 Marzo 1991

La zona destinata ad ospitare gli aerogeneratori è del tipo Tutto il territorio nazionale, con limite diurno di 70 dB(A) e notturno di 60 dB(A).

2.2 I ricettori presenti nell'area d'indagine

Nell'area oggetto di indagine sono stati individuati una serie di ricettori, che possono essere coinvolti nelle emissioni sonore prodotte dalle turbine eoliche.

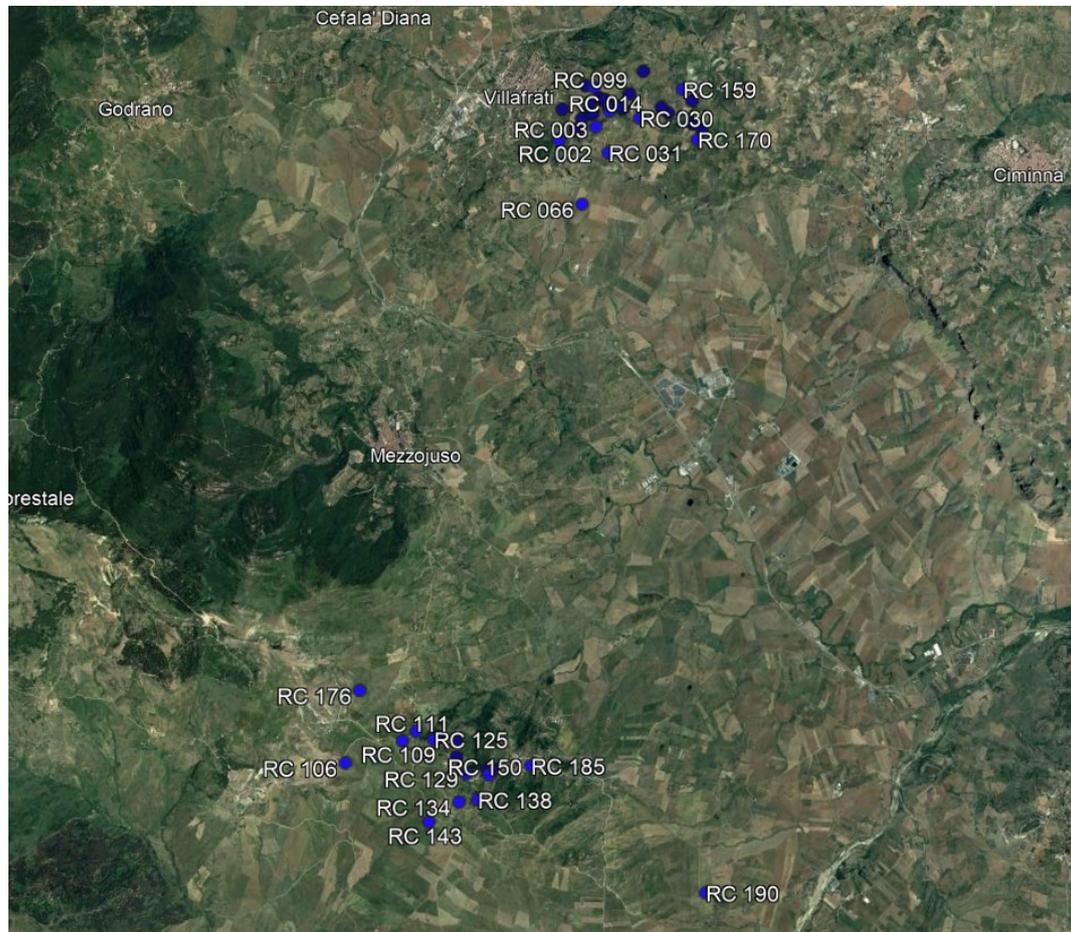


Figura 2-5: Ricettori in prossimità delle turbine eoliche dell'impianto in progetto

Nella valutazione sono stati scelti tutti i ricettori riportati nella mappa sovrastante. Dalla valutazione sono stati esclusi edifici non agibili.

Tabella 4: Ricettori considerati nel modello matematico

RC	UTM WGS84 33N Est(m)	UTM WGS84 33N Nord(m)	Comune	Foglio	Particella	Categoria
RC 002	367245	4195827	VILLAFRATI	15	720	A7
RC 003	367728	4195975	VILLAFRATI	15	215	A7
RC 005	367467	4195955	VILLAFRATI	15	963	A7
RC 007	367547	4196094	VILLAFRATI	15	817	A7
RC 009	367296	4196236	VILLAFRATI	15	986	A3
RC 011	367660	4196153	VILLAFRATI	15	794	A7
RC 012	367692	4196158	VILLAFRATI	15	791	A7
RC 014	367910	4196177	VILLAFRATI	15	935	A7
RC 015	367895	4196234	VILLAFRATI	15	909	A7
RC 017	367860	4196330	VILLAFRATI	15	915	A7
RC 018	367832	4196330	VILLAFRATI	15	913	A7
RC 019	367781	4196363	VILLAFRATI	15	939	A7
RC 020	367657	4196297	VILLAFRATI	15	62	A4
RC 023	368027	4196249	VILLAFRATI	15	726	A3
RC 024	368083	4196217	VILLAFRATI	15	980	A4
RC 030	368302	4196099	VILLAFRATI	16	506	A4
RC 031	367885	4195635	VILLAFRATI	15	937	A7
RC 034	368174	4196421	VILLAFRATI	10	774	A4
RC 044	368593	4196247	VILLAFRATI	10	851	A7
RC 045	368681	4196176	VILLAFRATI	16	509	A7
RC 066	367534	4194998	MEZZOJUSO	7	340	A4
RC 099	367719	4196503	VILLAFRATI	9	1051	A7
RC 106	364350	4187747	CORLEONE	43	232	A4
RC 109	365095	4188026	MEZZOJUSO	28	681	A4
RC 111	365271	4188141	MEZZOJUSO	28	570	A7
RC 124	365789	4187798	MEZZOJUSO	28	539	A7
RC 125	365497	4188029	MEZZOJUSO	28	683	A4
RC 126	365542	4188040	MEZZOJUSO	28	654	A3
RC 127	365567	4188062	MEZZOJUSO	28	644	A4
RC 129	365914	4187581	CAMPOFELICE DI FITALIA	5	289	A7
RC 134	365815	4187225	CAMPOFELICE DI FITALIA	5	489	A7
RC 138	366056	4187251	CAMPOFELICE DI FITALIA	5	294	A4
RC 143	365417	4186955	CAMPOFELICE DI FITALIA	8	365	A4
RC 149	366184	4187643	CAMPOFELICE DI FITALIA	1	1205	A4
RC 150	366205	4187564	CAMPOFELICE DI FITALIA	5	484	A7
RC 151	366248	4187627	CAMPOFELICE DI FITALIA	5	519	A4

RC 152	366271	4187637	CAMPOFELICE DI FITALIA	5	536	A7
RC 153	367605	4196533	VILLAFRATI	9	1464	A4
RC 154	368365	4196732	VILLAFRATI	10	863	A7
RC 159	368877	4196484	VILLAFRATI	11	818	A7
RC 165	368991	4196021	VILLAFRATI	16	564	A4
RC 166	368996	4196019	VILLAFRATI	16	562	A4
RC 168	368998	4196336	VILLAFRATI	11	824	A2
RC 169	369115	4195926	VILLAFRATI	16	514	A7
RC 170	369050	4195802	VILLAFRATI	16	558	A7
RC 176	364559	4188695	MEZZOJUSO	28	667	A4
RC 179	365789	4187993	MEZZOJUSO	28	569	A7
RC 185	366748	4187665	CAMPOFELICE DI FITALIA	4	178	A4
RC 190	369010	4185909	CAMPOFELICE DI FITALIA	11	239	A7

3 METODOLOGIA DI ANALISI ADOTTATA

3.1 Il processo di analisi

La metodologia seguita è in accordo con le indicazioni normative nazionali e regionali.

I punti salienti del processo di valutazione sono stati realizzati attraverso le seguenti fasi:

- Analisi della documentazione progettuale;
- Valutazione degli aspetti territoriali in cui si colloca il progetto;
- Analisi del clima acustico presente sul territorio tramite misure fonometriche;
- Calcolo dei livelli di pressione e potenza sonora delle torri eoliche attraverso analisi statistiche basate sulla correlazione fra velocità del vento e livelli di rumore rilevati;
- Modellazione acustica della morfologia del territorio;
- Inserimento nel modello delle sorgenti sonore impattanti;
- Valutazione dei livelli sonori sul territorio nella fase attuale;
- Inserimento del progetto oggetto della valutazione con le sorgenti previste;
- Valutazione dei livelli sonori presenti sul territorio dopo la realizzazione del progetto e la loro conformità ai limiti previsti dalla normativa;
- Confronto tra le due situazioni per comprendere le modificazioni del clima acustico.

I valori di immissione presso i ricettori localizzati in prossimità dello stabilimento sono espressi in livello medio equivalente (L_{eqA}) sull'intero periodo di riferimento.

Nello schema seguente vengono rappresentate le diverse fasi della valutazione di impatto acustico.

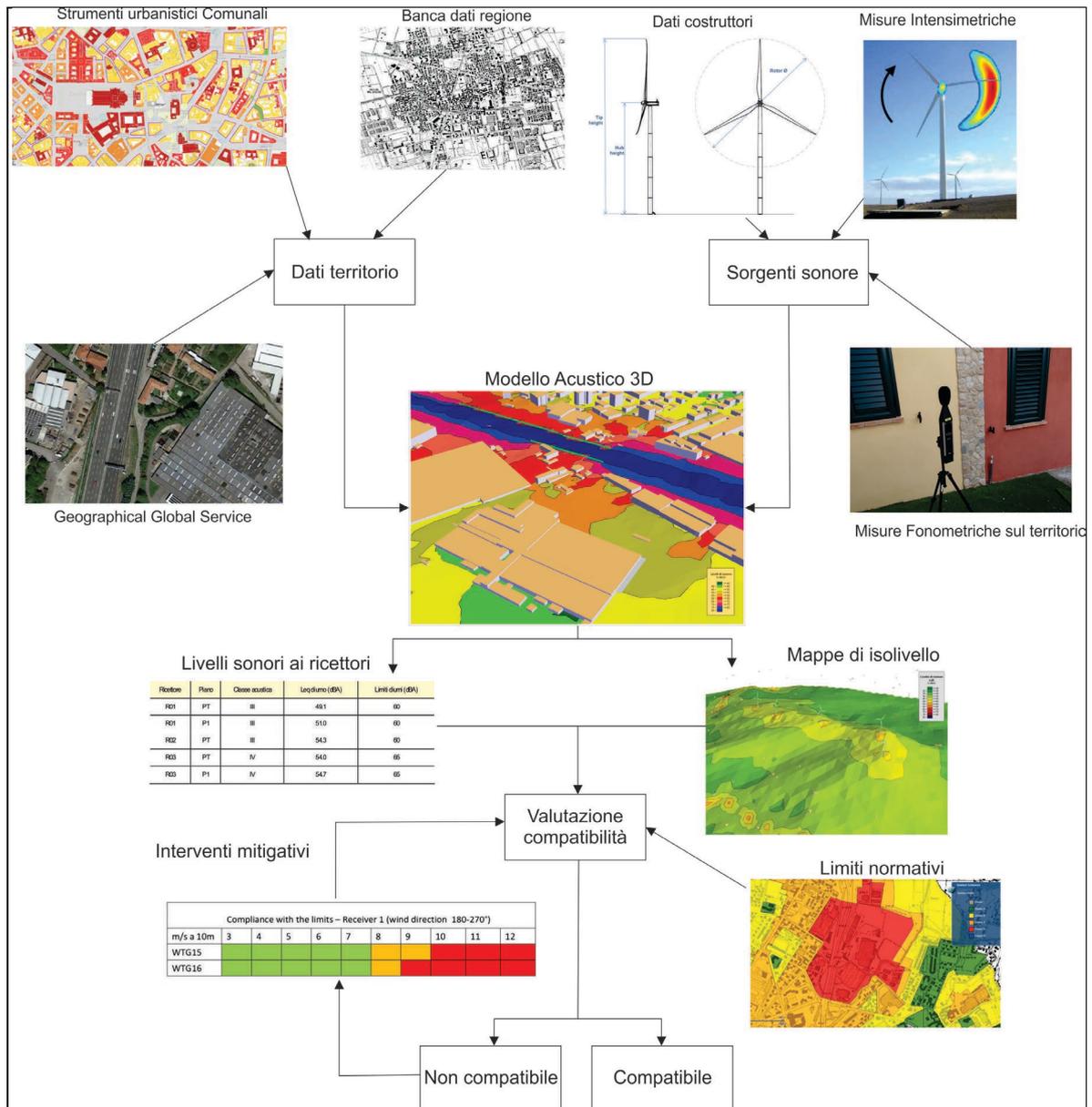


Figura 3-1: Schema metodologico usato per la valutazione di impatto acustico di un parco eolico

Il rumore prodotto dalle turbine eoliche differisce fundamentally dal rumore emesso da altre strutture di produzione di energia elettrica in termini di come viene creato, come si propaga, come viene percepito dai vicini e come deve essere misurato. In sostanza, tutto ciò che lo riguarda è unico e devono essere impiegate tecniche specialistiche per ottenere un approccio corretto al problema.

Gli standard esistenti che sono perfettamente appropriati per valutare e misurare il rumore dalla generazione di energia convenzionale e dagli impianti industriali non sono stati scritti pensando alle turbine eoliche e contengono alcune disposizioni che li rendono inadatti per l'applicazione alle turbine eoliche. Ad esempio, la maggior parte degli standard di test, in modo abbastanza ragionevole, consente misure valide solo in condizioni di vento debole o calmo al fine di precludere, o almeno minimizzare, gli effetti direzionali indotti dal vento, tra le altre cose. In una

centrale di produzione di energia convenzionale, che può funzionare tutto il giorno, questo requisito implica semplicemente un'attesa per condizioni meteorologiche appropriate.

Anche gli strumenti sono gli stessi, ma il modo in cui vengono usati è molto diverso dalle altre fonti sonore.

Ciò che tutto questo suggerisce è che gli standard e le metodologie esistenti per valutare e misurare il rumore proveniente da fonti di rumore industriali convenzionali non possono essere applicati al rumore prodotto da turbine eoliche e sono necessarie metodologie di valutazione e misurazione completamente diverse.

La Valutazione di Impatto Acustico di un parco eolico, in conformità alla UNI 11143-1, deve essere condotta nelle due seguenti fasi:

1. caratterizzazione acustica della situazione "ante operam" mediante campagna sperimentale
2. valutazione degli impatti potenziali, ossia stima dei livelli sonori dopo la realizzazione del parco eolico (situazione "post operam"), mediante un calcolo previsionale della propagazione sonora

Per la definizione del Metodo per la Stima dell'Impatto Acustico delle sorgenti in progetto, rappresentate dai nuovi aerogeneratori eolici si è fatto riferimento alla norma UNI/TS 11143/Parte 7, punto 5 (Valutazione dell'Impatto Acustico di un campo eolico). Di seguito si riporta il diagramma di flusso estratto dalla stessa norma.

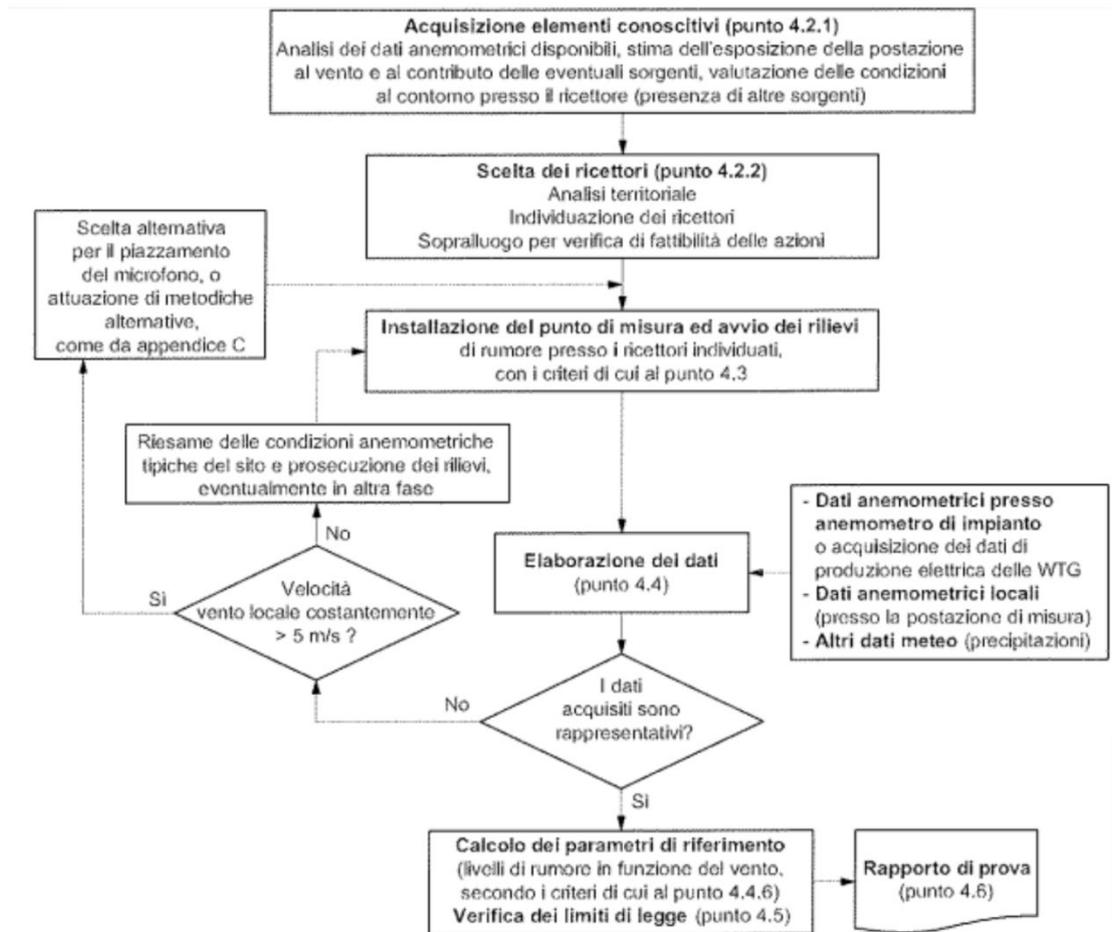


Figura 3-2: Schema metodologico per la valutazione di impatto acustico (UNI 11143-7)

3.2 Caratteristiche del rumore della turbina eolica

L'entità e la natura del rumore delle turbine eoliche dipendono interamente dal vento e dalle condizioni atmosferiche variabili nel tempo, mentre una convenzionale centrale elettrica alimentata da combustibili fossili funziona, spesso in modo continuo e costante, in un modo completamente indipendente dall'ambiente locale. Di conseguenza, un impianto di turbina a combustione, per esempio, è più adatto a essere percepibile e un potenziale problema di rumore durante condizioni atmosferiche calme e tranquille, mentre un progetto di turbina eolica, nelle circostanze più normali, non produce alcun rumore nelle stesse condizioni. In condizioni moderatamente ventose, un maggiore rumore di fondo tenderebbe a diminuire la percettibilità dell'impianto alimentato da combustibili fossili, mentre il rumore generato da un forte vento sarebbe generalmente più forte rispetto al livello del rumore di fondo.

Il rumore prodotto da un aerogeneratore può essere diviso in due grandi gruppi: rumore meccanico e rumore aerodinamico.

La potenza sonora complessiva ponderata A (LWA) è data, quindi, dalla somma di molti termini che sono raffigurati nell'immagine seguente per un aerogeneratore tipo da 2 MW di potenza e sono analizzati in dettaglio successivamente.

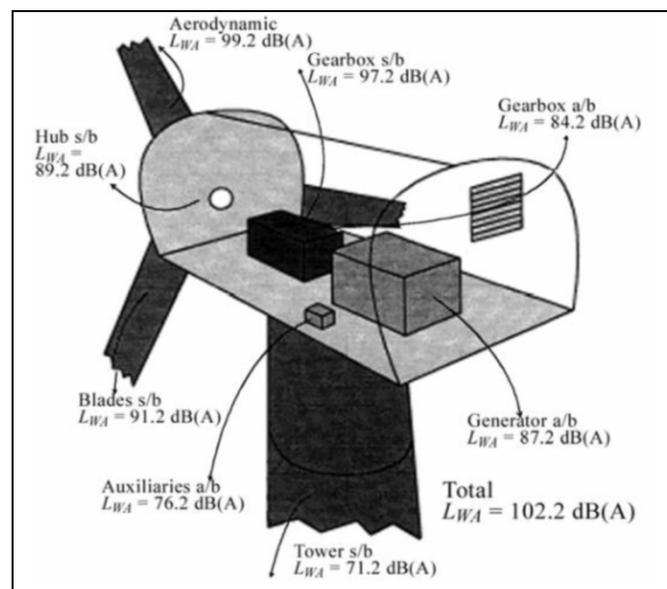


Figura 3-3: Diverse sorgenti presenti su un aerogeneratore

Oltre a dipendere semplicemente dal vento e dalle condizioni atmosferiche prevalenti, il rumore delle turbine eoliche di solito ha un carattere distintivo e identificabile che lo rende più facilmente percepibile rispetto ad altre fonti industriali di grandezza comparabile. Il meccanismo fondamentale di generazione del rumore, l'interazione turbolenta del flusso d'aria sulle pale mobili, dipende dalle caratteristiche della massa d'aria che fluisce nel piano del rotore. Ad esempio, quando il flusso d'aria è abbastanza costante ed è anche costante la velocità sopra l'area interessata, il rumore è generalmente al minimo.

Tali condizioni ideali, (flusso laminare) non si verificano in modo stazionario infatti il vento spesso soffia sotto forma di raffiche intermittenti separate da brevi periodi di calma relativa piuttosto che un continuo flusso continuo di velocità costante.

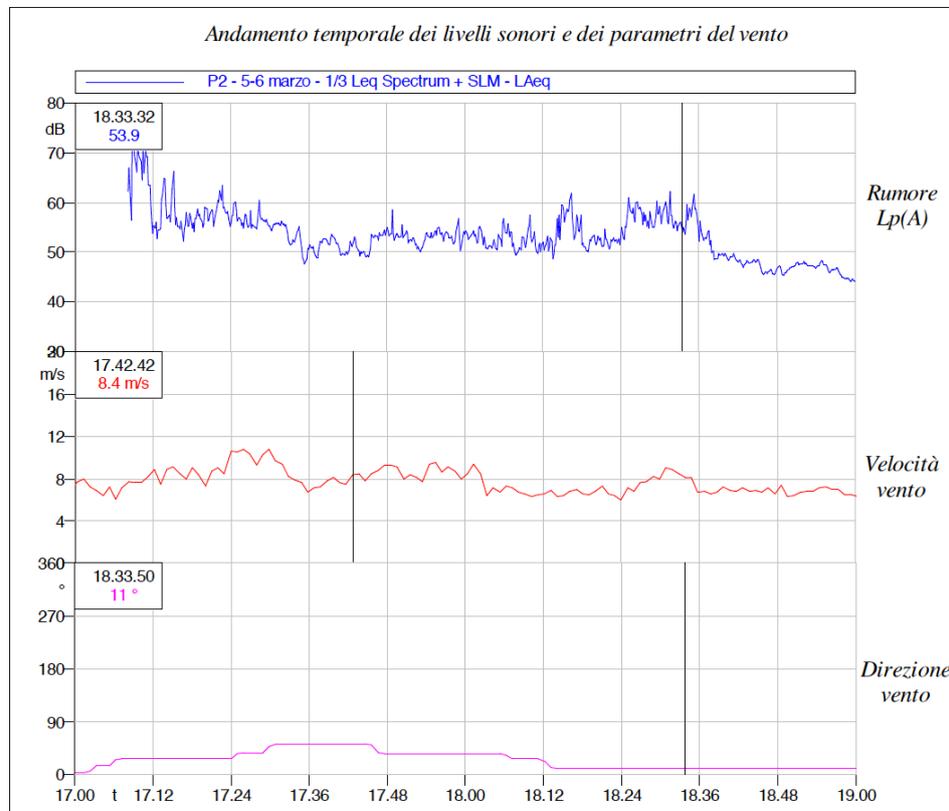


Figura 3-4: Livello di pressione sonora correlati con la velocità e direzione del vento

Attraverso questa analisi è poi possibile realizzare un processo statistico per correlare il rumore presente sull'area in funzione della velocità dell'aria.

3.3 Caratteristiche del vento nell'area di analisi

Un dato spesso trascurato nelle valutazioni di impatto acustico dei parchi eolici è la direzione del vento.

Le turbine eoliche vengono infatti spesso considerate come sorgenti puntiformi, che quindi irradiano la loro energia sonora in tutte le direzioni in modo omnidirezionale.

Questo principio potrebbe essere vero se non ci fosse il vento che, chiaramente, spinge le onde sonore con una direzione prevalente in funzione della direzione di arrivo di esso.

In diversi casi le differenze sulla misura di una stessa sorgente in momenti diversi, e con direzioni diverse, porta a variazioni del livello sonoro di oltre 10 dBA.

Fatta questa premessa è necessario considerare la turbina eolica come una sorgente anisotropa, con una sua specifica direzionalità, che dipende dalla direzione di arrivo del vento.

Sono stati quindi reperiti i grafici con i gradi di provenienza del vento per l'area in questione, in modo da caratterizzare al meglio all'interno del modello di simulazione la sorgente vento e la direzionalità prevalente degli aerogeneratori.

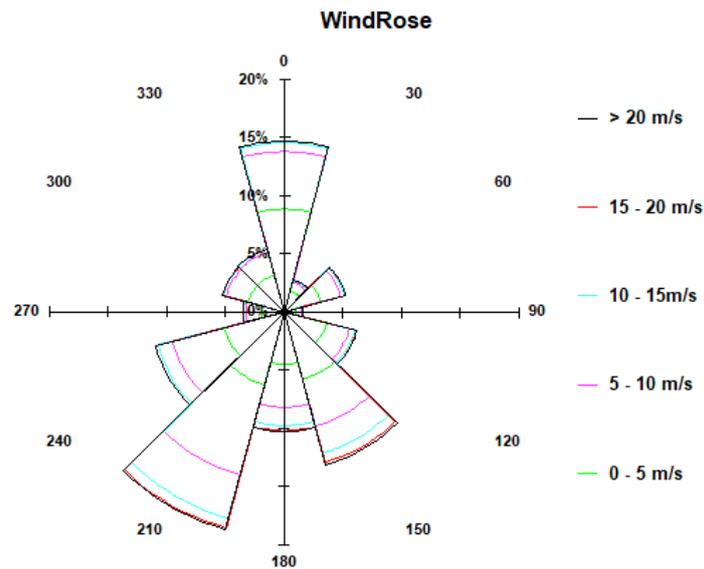


Figura 3-5: Rosa dei venti

La direzione prevalente caratterizzante il sito in esame è la direzione sud ovest.

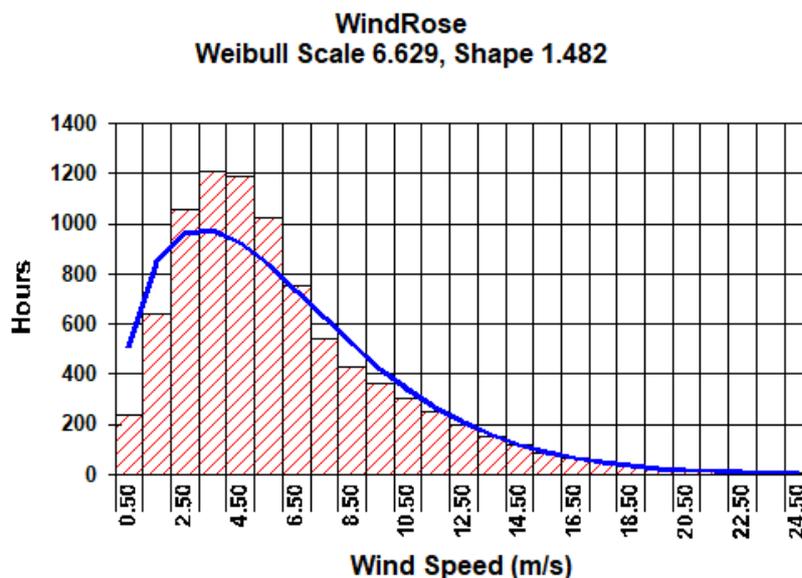


Figura 3-6: Curva Weibull

La Tabella 5 mostra la tabella di distribuzione della velocità del vento per i dodici settori di direzione ad un'altezza di 55 m s.l.s.

Tabella 5: Tabella di distribuzione della velocità del vento per settori di direzione ottenuta dall'analisi MCP

Velocità	Settori di direzione del vento											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0,5	0,24%	0,08%	0,10%	0,06%	0,19%	0,79%	0,38%	0,48%	0,19%	0,05%	0,07%	0,05%
1,5	1,14%	0,34%	0,45%	0,20%	0,63%	1,15%	0,67%	0,98%	0,75%	0,28%	0,39%	0,34%
2,5	2,18%	0,53%	0,81%	0,29%	1,01%	1,51%	1,05%	1,45%	1,26%	0,47%	0,76%	0,75%
3,5	2,61%	0,48%	0,94%	0,26%	1,03%	1,39%	1,19%	1,72%	1,56%	0,60%	0,99%	1,02%
4,5	2,64%	0,40%	0,92%	0,20%	0,94%	1,21%	1,23%	1,86%	1,56%	0,56%	0,98%	1,07%
5,5	2,14%	0,31%	0,75%	0,16%	0,75%	1,09%	1,11%	1,88%	1,41%	0,47%	0,80%	0,86%
6,5	1,31%	0,20%	0,47%	0,11%	0,50%	0,93%	0,86%	1,79%	1,08%	0,33%	0,51%	0,53%
7,5	0,73%	0,12%	0,27%	0,07%	0,31%	0,77%	0,66%	1,59%	0,82%	0,22%	0,30%	0,30%
8,5	0,45%	0,08%	0,17%	0,05%	0,22%	0,72%	0,56%	1,45%	0,66%	0,16%	0,19%	0,19%
9,5	0,32%	0,06%	0,13%	0,04%	0,17%	0,65%	0,50%	1,32%	0,55%	0,11%	0,13%	0,13%
10,5	0,23%	0,05%	0,09%	0,04%	0,14%	0,63%	0,44%	1,13%	0,43%	0,08%	0,09%	0,09%
11,5	0,18%	0,04%	0,08%	0,03%	0,12%	0,56%	0,39%	0,92%	0,32%	0,06%	0,07%	0,07%
12,5	0,15%	0,03%	0,06%	0,02%	0,09%	0,45%	0,31%	0,77%	0,24%	0,04%	0,05%	0,05%
13,5	0,11%	0,03%	0,05%	0,02%	0,07%	0,38%	0,24%	0,58%	0,17%	0,03%	0,04%	0,04%
14,5	0,08%	0,02%	0,03%	0,01%	0,06%	0,31%	0,19%	0,44%	0,13%	0,02%	0,02%	0,02%
15,5	0,06%	0,01%	0,03%	0,01%	0,05%	0,26%	0,15%	0,30%	0,08%	0,01%	0,02%	0,02%
16,5	0,04%	0,01%	0,02%	0,01%	0,03%	0,20%	0,11%	0,22%	0,05%	0,01%	0,01%	0,01%
17,5	0,03%	0,01%	0,01%	0,01%	0,03%	0,16%	0,08%	0,17%	0,04%	0,01%	0,01%	0,01%
18,5	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,13%	0,06%	0,11%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
19,5	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,09%	0,04%	0,07%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
20,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,06%	0,03%	0,05%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
21,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%	0,02%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
22,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,01%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
23,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
24,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
25,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
26,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
27,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
28,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
29,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
30,5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

4 Campagna di misura del rumore di fondo

4.1 Le catene di misura del rumore

La strumentazione di misura usata per la verifica del rumore ambientale è conforme alle indicazioni di cui all'art. 2 del D.M. 16/03/1998 ed in particolare soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 della norma CEI EN 61672. I filtri e i microfoni utilizzati sono conformi, rispettivamente, alle norme CEI EN 61260 e CEI EN 61094. I calibratori sono conformi alla norma CEI EN 60942 per la classe 1.

Per le misure a lungo termine, e per alcune a breve termine, sono stati utilizzati analizzatori in tempo reale di ultima generazione prodotti dalla 01 dB, del modello DUO).



Figura 4-1: Analizzatore in frequenza DUO

Per altre misure a breve termine sono stati utilizzati altri analizzatori in tempo reale sempre conformi alle normative tecniche citate.

Per quanto riguarda la calibrazione della strumentazione, questa è stata eseguita prima e dopo ogni ciclo di misura; le misure fonometriche eseguite sono state considerate valide se le calibrazioni differiscono al massimo di $\pm 0,5$ dB(A).

Gli strumenti di misura sono provvisti di certificato di taratura sia per la parte fonometrica che per i filtri rilasciato da un laboratorio accreditato (laboratori di ACCREDIA - LAT) per la verifica della conformità alle specifiche tecniche.

Le catene di misure utilizzate sono tarate da un laboratorio Accredia (LAT-068).

Si riportano nella tabella sottostante gli estremi dei certificati di taratura delle catene di misure utilizzate.

Tabella 6: Elenco strumentazione utilizzata per la misura del rumore

Strumento	Modello	Costruttore	Matricola	Data Certificato	N. Certificato	Laboratorio
Analizzatore	DUO	01 dB	12184	2021-12-07	48211-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-12-07	48212-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12183	2021-12-06	48209-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-12-06	48210-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12186	2021-09-24	47843-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-09-24	47844-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12185	2022-04-19	48894-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2022-04-19	48893-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	10440	2021-09-25	47851-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-09-27	47852-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	10455	2021-12-28	48277-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-12-28	48278-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	10644	2021-10-05	47907-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-10-05	47908-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	10449	2021-09-24	47841-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-09-24	47842-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12199	2022-04-19	48904-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2022-04-19	48905-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12410	2022-04-19	48895-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2022-04-19	48896-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	10753	2021-09-16	47802-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-09-16	47803-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12725	2021-01-13	46302-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-01-13	46303-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12554	2022-04-19	48898-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2022-04-19	48897-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12035	2021-12-13	48233-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-12-13	48232-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12037	2021-12-13	48230-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2021-12-13	48234-A	LAT-068
Analizzatore	SVAN 948	Svantek	8871	2022-01-10	48304-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2022-01-11	48313-A	LAT-068
Analizzatore	XL2	NTI Audio	12509	2022-03-08	48680-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2022-03-08	48681-A	LAT-068
Analizzatore	XL2	NTI Audio	20351	2022-04-14	48884-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				2022-04-14	48885-A	LAT-068
Calibratore	4231	Brüel & Kjær	2518174	2021-09-15	47797-A	LAT-068

In allegato vengono riportati i certificati.

La catena di misura utilizzata è stata calibrata all'inizio e alla fine della sessione di misura senza riscontrare differenze, tra la calibrazione iniziale e quella finale, superiori ai 0.5 dB.

Tabella 7: Risultati delle calibrazioni

Catena di misura	Calibrazione iniziale	Calibrazione finale	Differenza	Limite
01dB DUO (matr. 12184)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12183)	94.0 dB	94.1 dB	0.1 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12186)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12184)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12183)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12186)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12185)	94.0 dB	94.1 dB	0.1 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 10440)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 10455)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 10644)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 10449)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12199)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12410)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 10753)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12725)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12554)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12035)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12037)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
Svantek SVAN 948 (matr. 8871)	94.0 dB	94.1 dB	0.1 dB	+/-0.5 dB
NTi-Audio XL2 (matr. 12509)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
NTi-Audio XL2 (matr. 20351)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB

4.2 Le catene di misura dei parametri meteo

La strumentazione di misura usata per la verifica dei parametri meteo è la stazione VAISALA che viene direttamente interfacciata con l'analizzatore DUO della 01dB.



Figura 4-2: Stazione Meteo Vaisala

Il sistema di rilevamento della velocità dell'aria avviene attraverso un sensore di alta precisione ad ultrasuoni.

Le principali caratteristiche della stazione meteo Vaisala sono le seguenti:

- Misura contemporanea dei 6 parametri, Velocità del vento e Direzione (con sensore di precisione ad ultrasuoni), Temperatura, Umidità, Pioggia, Pressione atmosferica;
- Accuratezza della velocità del vento entro +/- 0,3 m/s;
- Accuratezza della temperatura entro +/- 0,3 °C;
- Accuratezza della pressione entro +/- 0,5 hPa;
- Accuratezza dell'umidità entro +/- 3 %;
- Accuratezza caduta pioggia entro 5 %.

La catena di misura utilizzata è stata tarata da un laboratorio Accredia (LAT-068).

Si riportano nella tabella sottostante gli estremi dei certificati di taratura delle catene di misure utilizzate.

Tabella 8: Elenco strumentazione utilizzata per la misura dei parametri meteo

Oggetto	Modello	Costruttore	Matricola	Data Certificato	N. Certificato	Laboratorio
Anemometro elettronico con sensore ad ultrasuoni	DUO	01 dB	12410	01/10/2019	0107 19 VA	LAT-157
	WXT520	VAISALA	H320008			
Termoigrometro elettronico con uscita numerale	DUO	01 dB	12410	01/10/2019	0134 19 UR	LAT-157
	WXT520	VAISALA	H320008			
Misuratore di temperatura dell'aria con sensore termistore	DUO	01 dB	12410	01/10/2019	0256 19 TA	LAT-157
	WXT520	VAISALA	H320008			

In allegato vengono riportati i certificati.

4.3 Localizzazione dei punti di misura

L'obiettivo di un'indagine preliminare alla realizzazione del progetto è stabilire quali sono i livelli di rumore residuo attualmente presenti sui ricettori all'interno dell'area di progetto, al fine di formare una base di riferimento rispetto alla quale confrontare le emissioni sonore previste dal progetto. Non è necessario, né sarebbe pratico, misurare in ogni casa. L'idea è di ottenere una serie di campioni che possano essere considerati rappresentativi dell'intera area del sito.

Posizioni di monitoraggio specifiche dovrebbero idealmente essere situate presso o vicino a residenze tipiche nell'area del sito. È il livello sonoro in cui le persone sono in realtà la maggior parte del tempo e specialmente di notte è di primaria importanza (piuttosto che a livello di proprietà, ad esempio).

Se un sito è in gran parte piatto e omogeneo (ad esempio terreni agricoli lontani da autostrade, aree urbane o industrie) le posizioni di monitoraggio dovrebbero essere selezionate in punti distribuiti in modo più o meno uniforme nell'area del progetto.

Nel nostro caso, nell'area oggetto di indagine sono stati eseguiti 3 punti di misura della durata di 24 ore e 6 misure a breve termine, queste ultime suddivise in tre periodi, mattina, pomeriggio e notte, della durata di 1 ora a campionamento.

Per ogni punto di misurazione acustico, i dati raccolti sono:

- I periodi della giornata e l'ora di inizio e fine di ciascun periodo (fascia oraria)
- Descrittore di rumore
- Tempo di integrazione per valutare il descrittore
- LAeq, TM, LAeq, Tr, livelli istantanei LAslow, LAImpulse, LAFast, Ln (percentile), Spettri sonori (1/3 ottave)
- Coordinate;
- Distanze dagli edifici, altezza dei punti di misurazione, ecc .
- Condizioni del vento
- Foto del punto di misura

I punti scelti sono rappresentativi delle sorgenti presenti sul territorio, come avviene per le strade, e della situazione di rumore generata dal vento.

In alcuni casi i punti di misura pianificati a tavolino sono stati modificati in campo, in relazione alle possibilità reali di accesso.

Nella seguente immagine è possibile osservare i punti di misura dell'area di indagine.

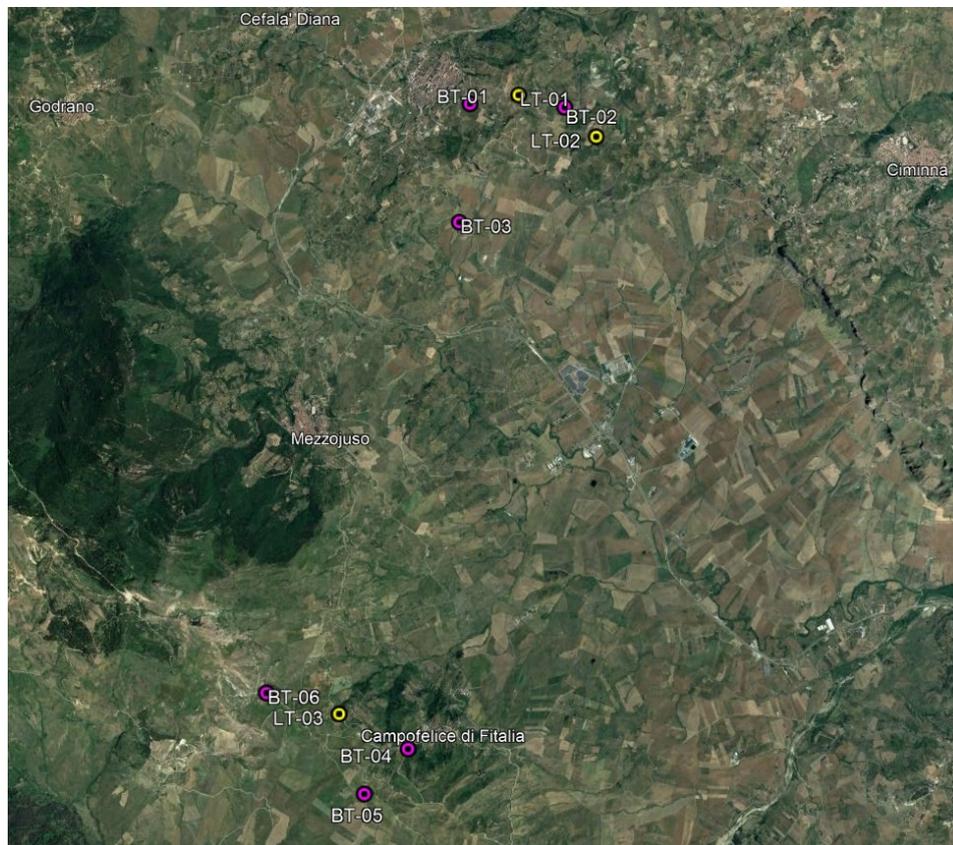


Figura 4-3: Punti di misura a lungo (denominati LT-XX) e breve termine (denominati BT-YY)

Accanto ai punti da 24 ore (LTXX) sono riportati quelli a breve termine (BTXX).

Nella seguente tabella, riportiamo le coordinate relative ai punti di misura.

Tabella 9: Coordinate dei punti di misura di 24 ore

Punto di misura	Latitudine	Longitudine
LT-01	37.905401	13.498072
LT-02	37.900339	13.510069
LT-03	37.829598	13.470487

Tabella 10: Coordinate dei punti di misura a breve termine

Punto di misura	Latitudine	Longitudine
BT-01	37.904467	13.490551
BT-02	37.904103	13.505227
BT-03	37.890057	13.488874
BT-04	37.825378	13.481080
BT-05	37.819847	13.474359
BT-06	37.819847	13.474359

4.4 Risultati delle misure

Negli allegati vengono riportati tutti i grafici ed i valori relativi alle misure effettuate, in particolare in quello delle misure a lungo termine vengono anche correlati graficamente i dati relativi al rumore e al vento. Le misure sono state svolte con l'impianto presente allo stato attuale in attività.

Nelle tabelle sottostanti vengono riportati i dati riassuntivi dei livelli sonori riscontrati.

Le misure riportate sono state svolte in assenza di precipitazioni e con velocità del vento inferiore a 5 m/s. In fase di analisi delle misure svolte si è provveduto a "mascherare" gli eventi estranei al clima acustico dell'area (es. precipitazioni, veicoli...). Mascherare un evento consiste nell'eliminare dal calcolo del livello equivalente una parte di misura in un determinato intervallo di tempo. Il criterio per individuare la tipologia degli eventi da filtrare si basa sull'analisi delle componenti spettrali presenti nel sonogramma o eventualmente registrazioni audio contemporanee alla misura.

Tabella 11: Risultati misure da 24 ore in ambito Diurno

Punto di misura	Data	Periodo di riferimento	LA_{eq} (dBA)	LA₉₅ (dBA)
LT-01	16-17 Giugno	Diurno	59.6	27.9
LT-02	16-17 Giugno	Diurno	44.0	30.6
LT-03	16-17 Giugno	Diurno	56.8	38.3

Tabella 12: Risultati misure da 24 ore in ambito Notturmo

Punto di misura	Data	Periodo di riferimento	LA_{eq} (dBA)	LA₉₅ (dBA)
LT-01	16-17 Giugno	Notturmo	42.9	21.0
LT-02	16-17 Giugno	Notturmo	39.1	20.1
LT-03	16-17 Giugno	Notturmo	48.0	22.4

Questi dati sono stati poi comparati con i dati delle velocità del vento rilevati durante le misure fonometriche (insieme agli altri parametri meteo).

Tabella 13: Misure di breve termine in ambito Diurno (mattino)

Punto di misura	Data	Periodo di riferimento	LA_{eq} (dBA)	LA₉₅ (dBA)
BT-01	18 Giugno	Diurno	55.4	36.3
BT-02	18 Giugno	Diurno	52.5	37.0
BT-03	18 Giugno	Diurno	50.1	36.6
BT-04	18 Giugno	Diurno	60.1	36.3
BT-05	18 Giugno	Diurno	60.1	36.8
BT-06	18 Giugno	Diurno	54.5	36.2

Tabella 14: Misure di breve termine in ambito Diurno (pomeriggio)

Punto di misura	Data	Periodo di riferimento	LA_{eq} (dBA)	LA₉₅ (dBA)
BT-01	18 Giugno	Diurno	45.0	35.6
BT-02	18 Giugno	Diurno	46.7	33.0
BT-03	18 Giugno	Diurno	50.9	35.8
BT-04	18 Giugno	Diurno	52.6	35.4
BT-05	18 Giugno	Diurno	53.3	35.8
BT-06	18 Giugno	Diurno	53.5	35.5

Tabella 15: Misure di breve termine in ambito Notturno

Punto di misura	Data	Periodo di riferimento	LA_{eq} (dBA)	LA₉₅ (dBA)
BT-01	18 Giugno	Notturmo	43.6	19.5
BT-02	18 Giugno	Notturmo	54.4	34.5
BT-03	18 Giugno	Notturmo	45.3	18.7
BT-04	19 Giugno	Notturmo	44.3	22.6
BT-05	19 Giugno	Notturmo	43.4	25.3
BT-06	19 Giugno	Notturmo	46.3	19.6

4.5 Correlazioni con i dati di velocità dell'aria

Attraverso l'analisi statistica dei dati è stato possibile comprendere meglio il clima acustico dell'area in funzione dei dati di venti rilevati dalla stazione meteo.

Questa analisi è stata eseguita per ogni misura di 24 ore suddividendola nei periodi di riferimento diurno (06.00-22.00) e notturno (22.00-06.00).

Mediante il grafico in figura 2-4, sarà poi possibile correlare la velocità del vento a terra con quella al mozzo.

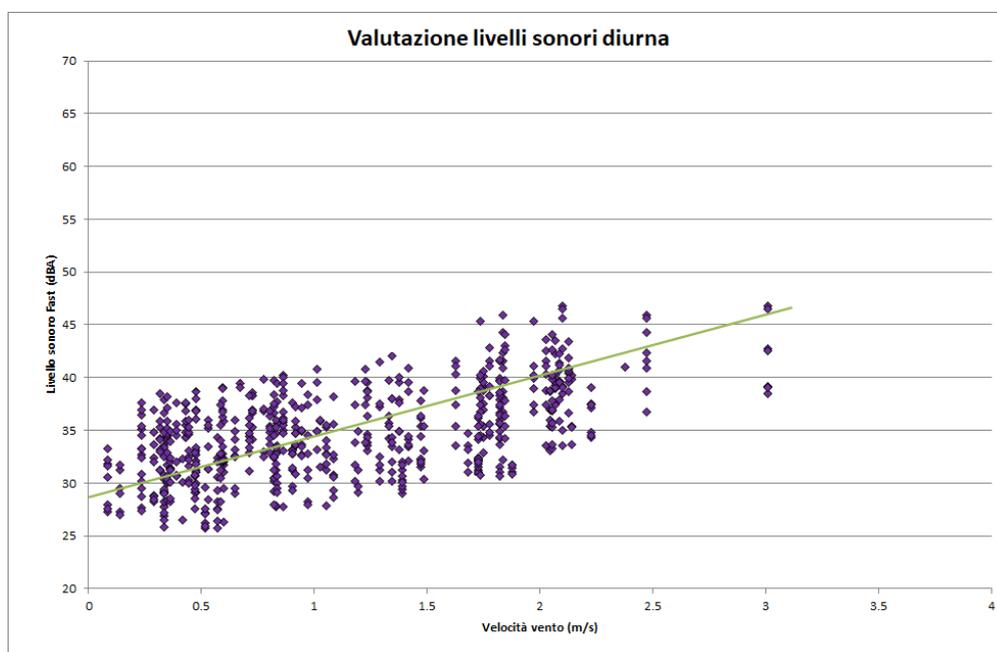


Figura 4-4: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-01 - diurno)

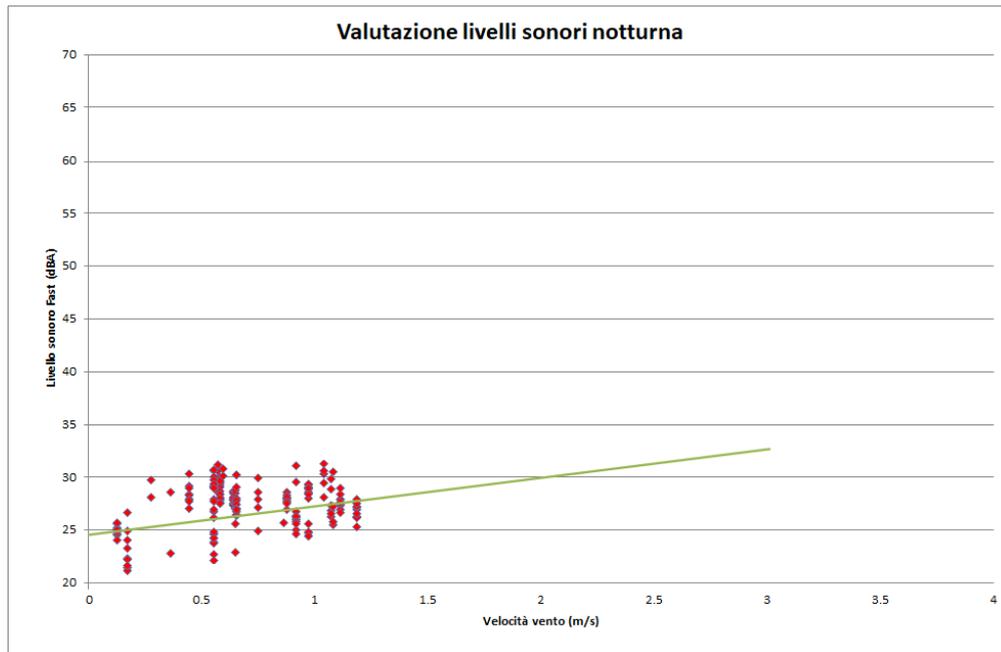


Figura 4-5: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-01 - notturno)

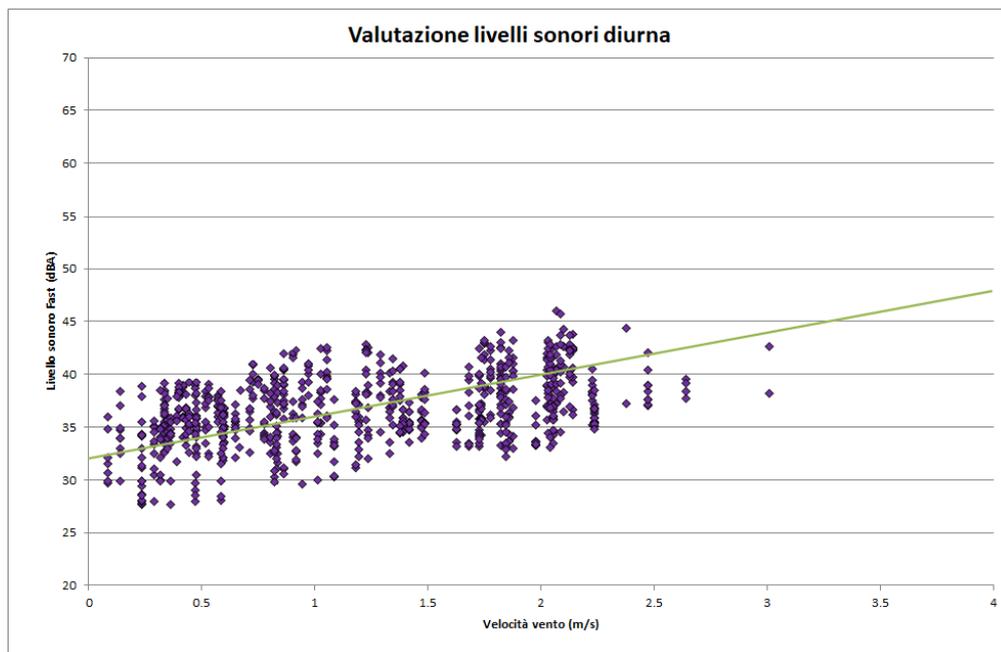


Figura 4-6: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-02 - diurno)

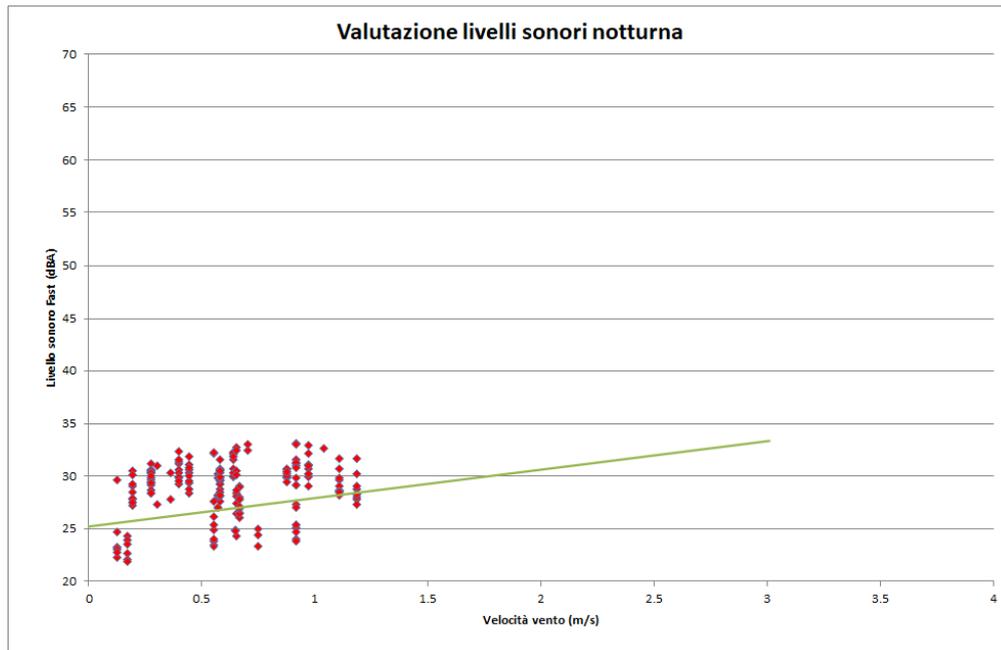


Figura 4-7: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-02 - notturno)

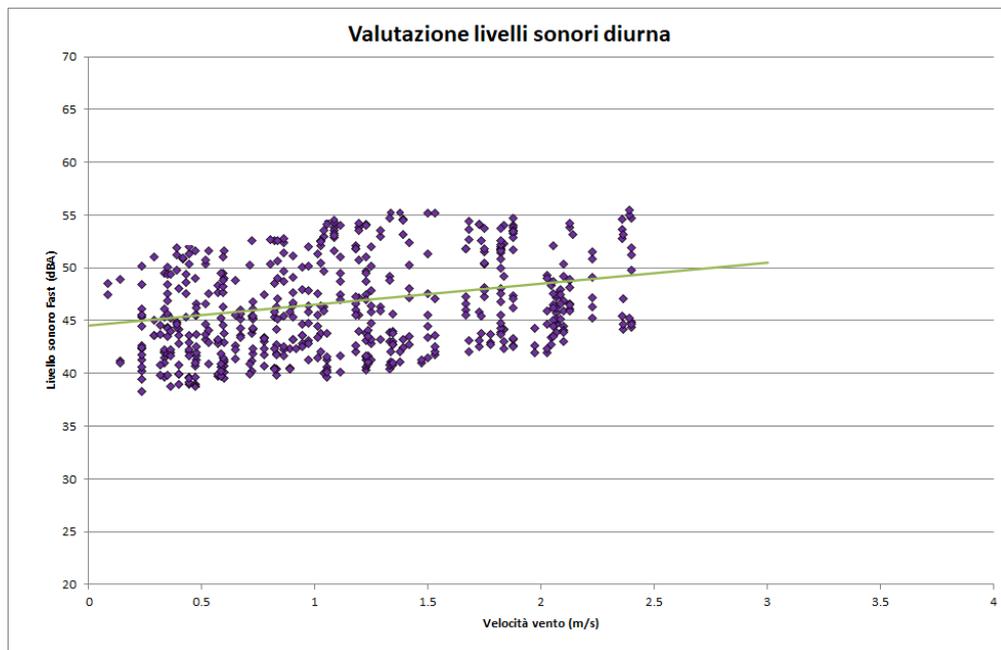


Figura 4-8: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-03 - diurna)

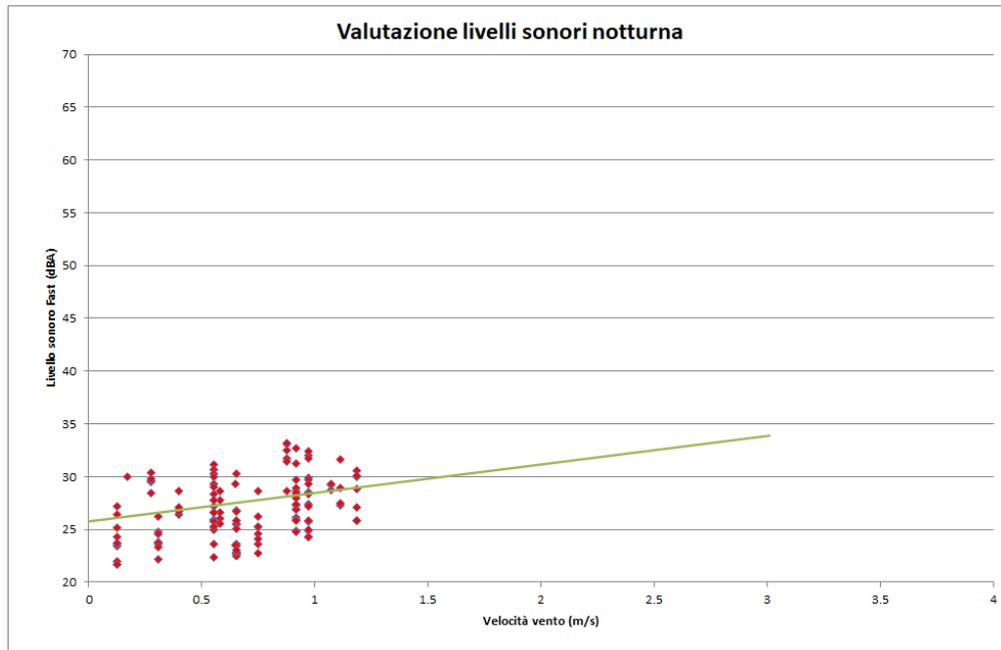


Figura 4-9: Analisi correlativa tra valori di rumore e velocità del vento (LT-03 - notturno)

5 Analisi attraverso il modello matematico

5.1 Realizzazione del modello matematico

Per rappresentare la situazione esistente è stato realizzato un apposito modello matematico, attraverso il software SoundPlan ver. 8.2 – 2022, in cui vengono inseriti tutti gli elementi che concorrono a determinare il clima acustico dell'area oggetto di studio.

Il primo passaggio per la definizione dello scenario di calcolo all'interno del modello previsionale è stato la ricostruzione dell'orografia dell'area di interesse, inserendo gli edifici e le strade locali.

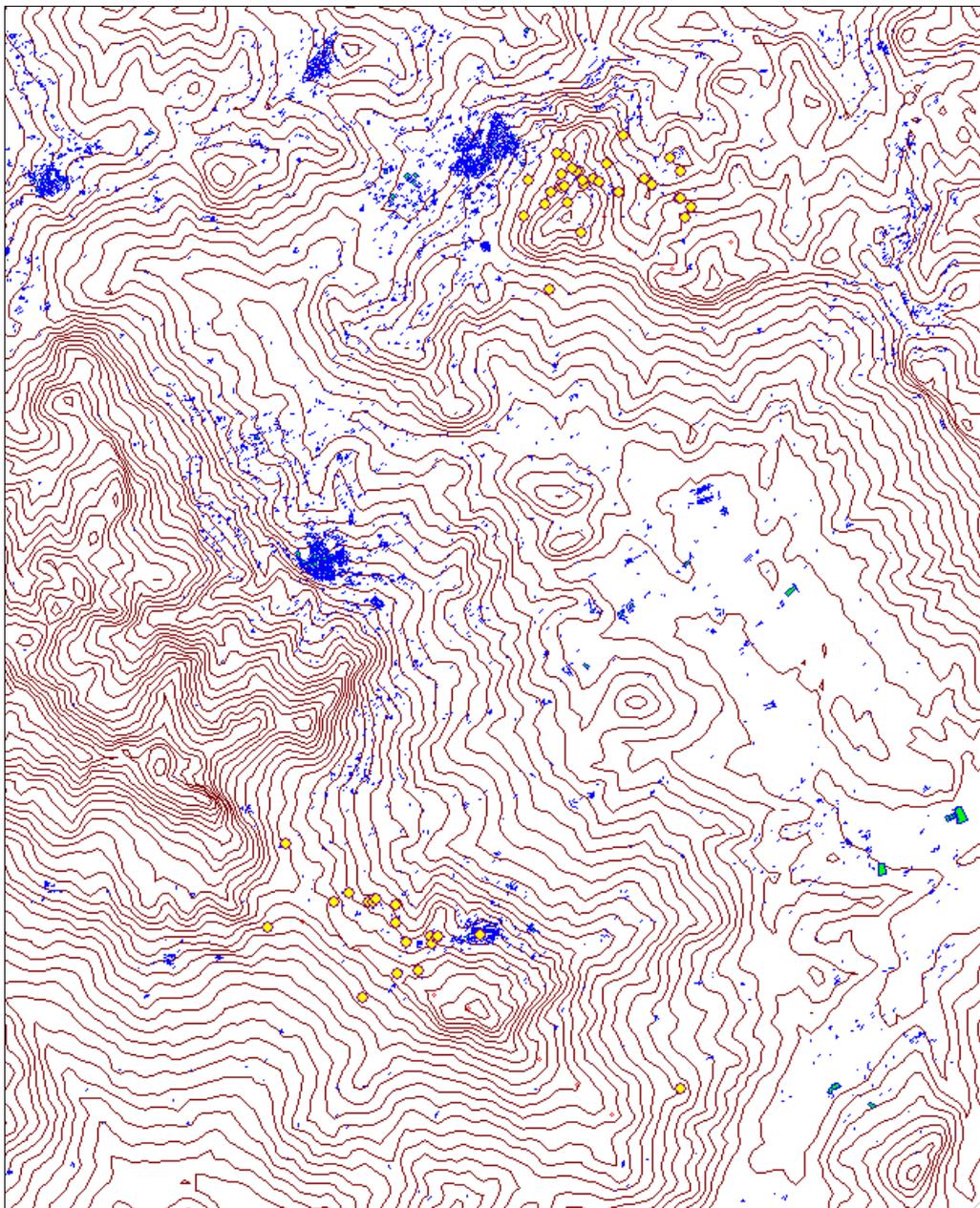


Figura 5-1: Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista planimetrica)

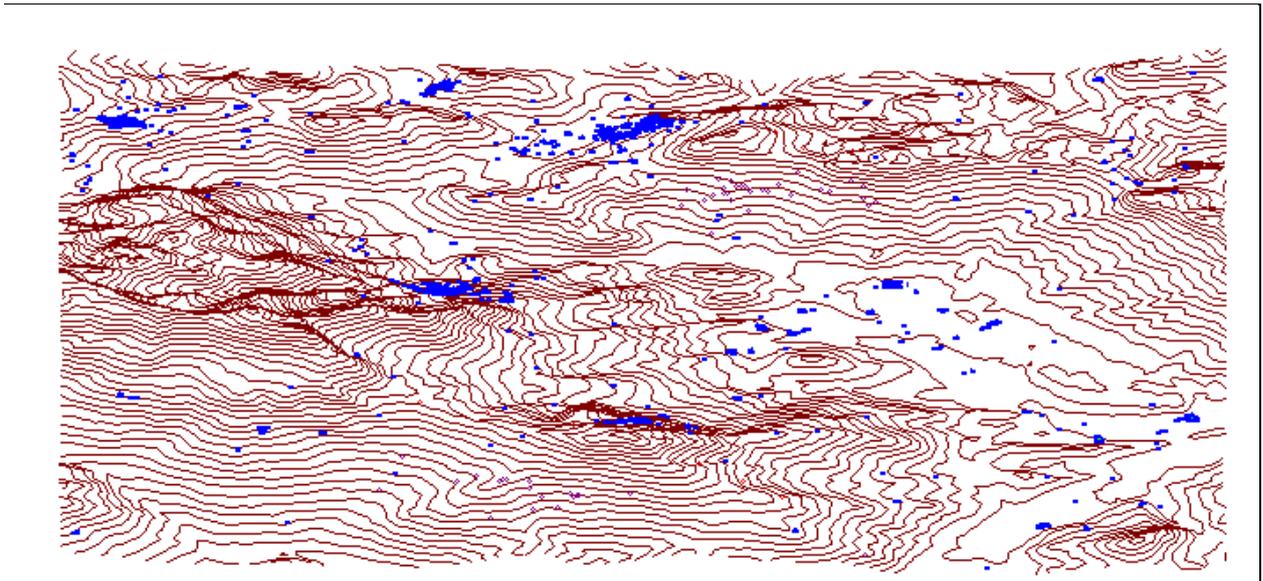


Figura 5-2: Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista 3D)

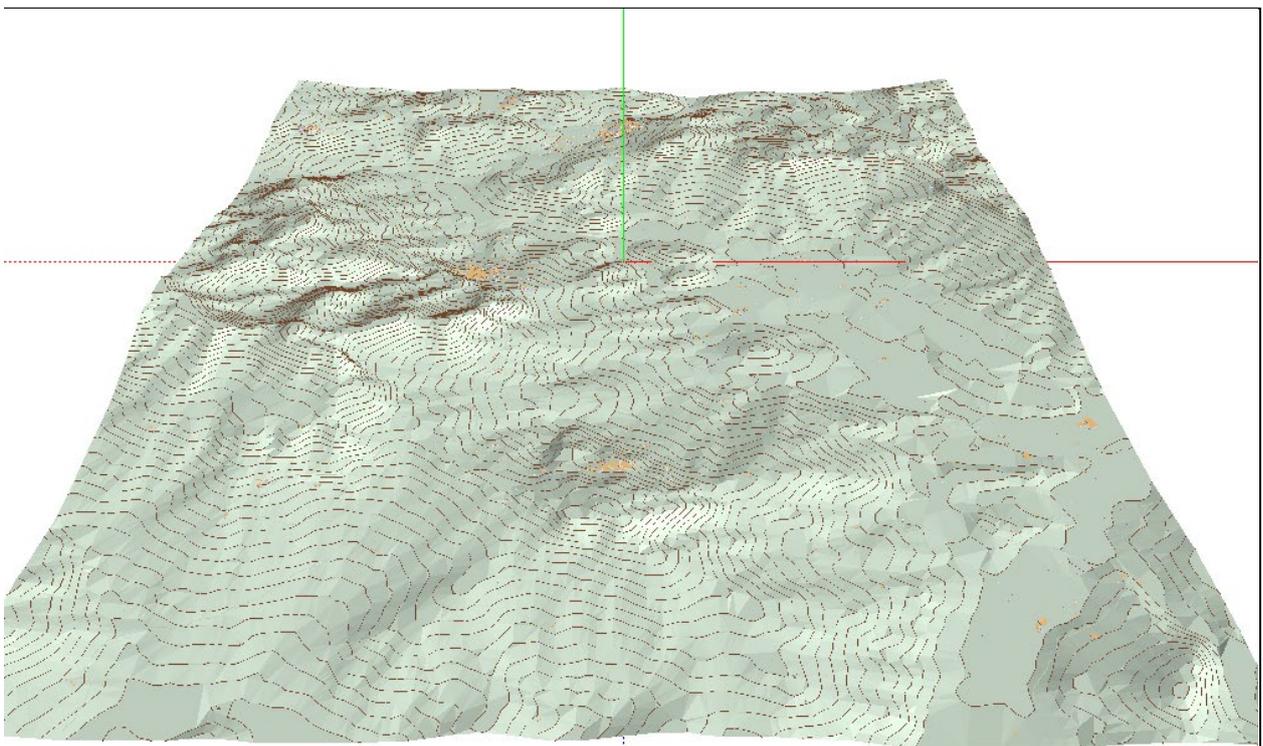


Figura 5-3: Inserimento degli edifici e delle strade nel modello (vista 3D)

Sulla base delle informazioni altimetriche raccolte nelle cartografie vettoriali dell'area, è stato ricreato il modello digitale del terreno (DGM) fino a una congrua distanza dal confine d'impianto in modo da comprendere le abitazioni limitrofe potenzialmente interessate dalle emissioni di rumore.

5.2 Inserimento delle sorgenti sonore

In una fase successiva sono state inserite le sorgenti sonore indicate dalla committenza. La modalità d'inserimento di ogni sorgente di rumore all'interno del modello, ossia la scelta di utilizzare sorgenti di tipo puntiforme, lineare o aerale, è stata valutata singolarmente sulla base della posizione, dimensione e tipologia dell'apparecchiatura considerata.

Le sorgenti sonore considerate nei calcoli saranno le seguenti:

- Strade
- Vento in base alle classi di velocità riferite ad altezza mozzo
- Aerogeneratori

5.3 Taratura del modello matematico

Come evidenziato in precedenza, una volta che il modello di calcolo è stato definito e tarato, l'accuratezza della modellizzazione è stata verificata confrontando i dati generati dal modello con i dati riscontrati in misure fonometriche. Data la variabilità dei livelli di rumore riscontrati dalle misure fonometriche effettuate nei punti di misura esterni, è stato individuato un intervallo di confidenza sul valore medio delle misure effettuate in ogni punto. Quest'analisi statistica è stata compiuta in modo da permettere il confronto dei risultati in considerazione, non solo del valore medio, ma anche della variabilità dei risultati delle misure.

5.4 Previsione dei livelli sonori nel territorio circostante

Nell'analizzare i valori di pressione sonora sul territorio, sono state considerate le immissioni sia nel periodo diurno che nel periodo notturno. Le mappe, per via delle riflessioni degli edifici, possono, apparentemente, discostarsi dai valori puntuali sui ricettori. I valori riportati nelle mappe sono stimati a 1,5 metri di altezza.

5.4.1 Individuazione dei Ricettori – Valori puntuali

Oltre che alle mappe di isolivello, in prossimità dell'area dell'impianto, abbiamo considerato come ricettori gli edifici residenziali situati nelle vicinanze dell'area.

I valori ottenuti sono previsti in facciata: quelli all'interno dell'ambiente abitativo è presumibile che siano più bassi di circa 2-3 dBA.

I ricettori considerati sono riportati nella figura seguente.

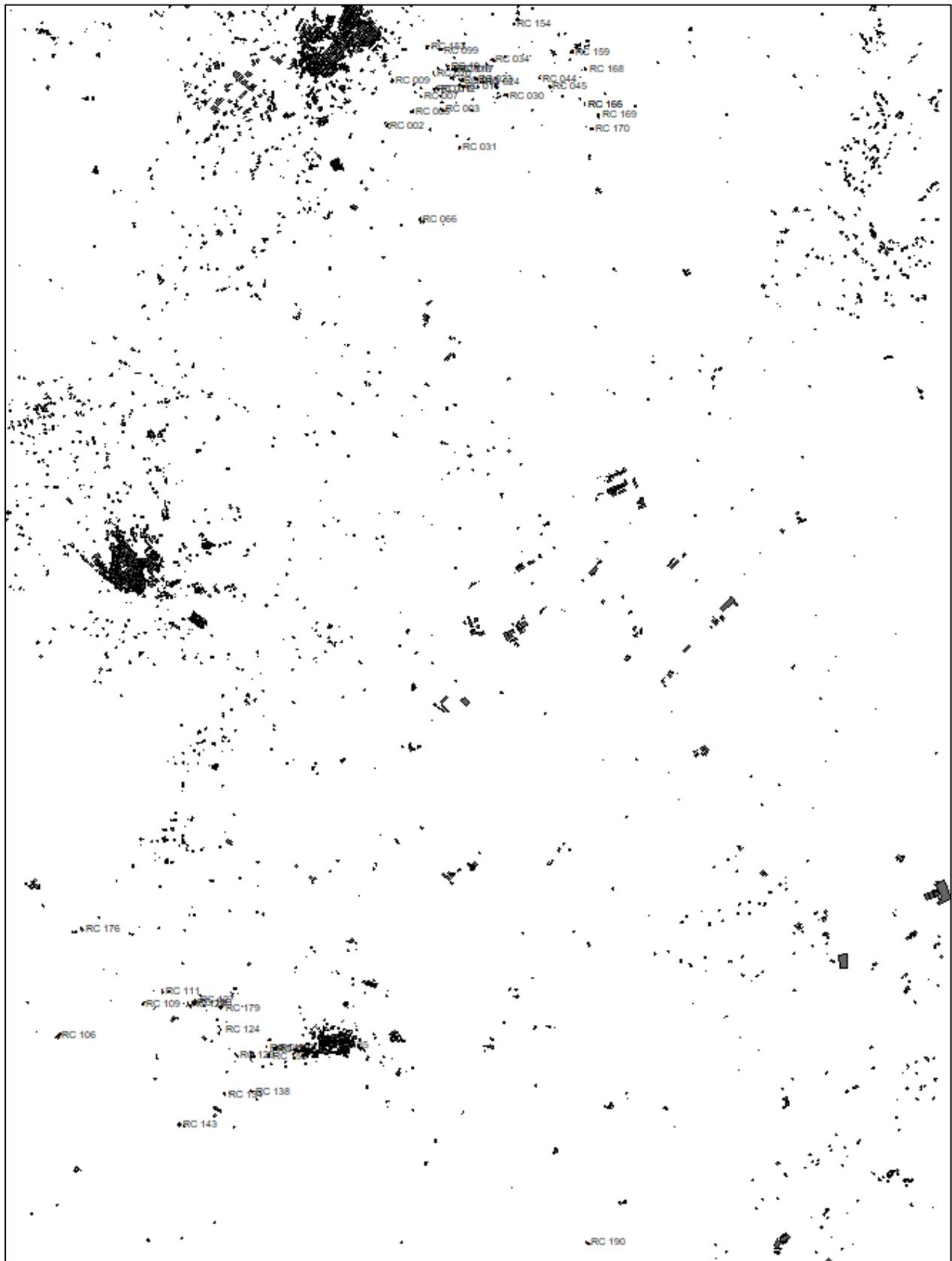


Figura 5-4: Ricettori considerati

5.4.2 Risultati della simulazione modellistica – Rumore Residuo

Al fine di valutare la situazione del clima acustico, sono state considerate come sorgenti acustiche tutte quelle insistenti sull'area, che per il rumore residuo sono le strade e il vento. L'emissione dell'impianto eolico presente attualmente è stata esclusa.

Ricettore	Rumore Residuo Diurno (dBA)	Rumore Residuo Notturno (dBA)
RC 002	29.2	28.7
RC 003	35.1	29.8
RC 005	36.2	30.4
RC 007	32.6	29.0
RC 009	34.0	29.1
RC 011	35.7	30.0
RC 012	32.6	29.0
RC 014	30.5	28.8
RC 015	30.0	28.7
RC 017	40.9	30.4
RC 018	31.1	28.8
RC 19	37.4	29.5
RC 020	34.0	29.1
RC 023	30.9	28.8
RC 024	34.2	29.0
RC 030	35.3	29.1
RC 031	29.4	28.7
RC 034	31.8	28.8
RC 044	44.3	31.9
RC 045	50.5	36.3
RC 066	33.7	30.0
RC 099	45.3	32.7
RC 106	46.4	38.7
RC 109	36.9	31.4
RC 111	52.2	44.3
RC 124	33.0	29.6
RC 125	37.1	31.5
RC 126	37.9	32.0
RC 127	36.9	31.4
RC 129	45.3	35.8
RC 134	30.8	29.0
RC 138	35.1	30.4
RC 143	29.3	28.7

RC 149	36.4	30.0
RC 150	47.3	33.9
RC 151	39.3	30.5
RC 152	39.7	30.0
RC 153	38.8	29.8
RC 154	34.1	29.0
RC 159	36.6	29.3
RC 165	39.6	30.0
RC 166	36.5	29.3
RC 168	29.1	28.7
RC 169	32.6	28.8
RC 170	29.3	28.7
RC 176	30.9	29.1
RC 179	31.9	29.3
RC 185	55.5	40.8
RC 190	28.9	28.7

Il rumore residuo, chiaramente, varia anche in funzione della velocità del vento e dalla tipologia di vegetazione dell'area. L'esempio qui sopra riportato è relativo alla velocità di 4 m/s. Nelle tabelle in allegato e più precisamente, all'allegato 5 Tabelle Differenziale, sarà possibile visionare i livelli di rumore residuo in base alle diverse classi di vento.

In mancanza di Classificazione Acustica del territorio, i valori limite con cui confrontarsi sono quelli di 70 dBA nel periodo di riferimento diurno (06.00-22.00) e di 60 dBA nel periodo notturno (22.00-06.00).

In allegato è possibile osservare le mappe relative al rumore residuo.

5.4.3 Risultati della simulazione modellistica – Rumore Emesso - STATO DI PROGETTO

Al fine di valutare le emissioni sonore del parco eolico sono state considerate come sorgenti acustiche solo quelle degli aerogeneratori escludendo le strade.

Le tabelle relative al rumore emesso nello stato di progetto sono visibili nell'Allegato 03.

5.4.4 Risultati della simulazione modellistica – Rumore Immesso - STATO DI PROGETTO

Al fine di valutare le immissioni sonore del parco eolico sono state considerate come sorgenti acustiche sia quelle degli aerogeneratori che le sorgenti presenti nel rumore residuo, ovvero le strade ed il rumore del vento.

In mancanza di Classificazione Acustica del territorio, i valori limite con cui confrontarsi sono quelli di 70 dBA nel periodo di riferimento diurno (06.00-22.00) e di 60 dBA nel periodo notturno (22.00-06.00).

Le tabelle relative al rumore immesso nello stato di progetto sono visibili nell'Allegato 04.

5.4.5 Valutazione dei Risultati – Criterio differenziale

Riprendendo dal DPCM 14/11/97 il concetto di Criterio Differenziale di Immissione, possiamo dire che:

Il "rumore ambientale" viene definito come il livello equivalente di pressione acustica ponderato con la curva A del rumore presente nell'ambiente con la sovrapposizione del rumore relativo all'emissione delle sorgenti disturbanti specifiche. Mentre con "rumore residuo" si intende il livello equivalente di pressione acustica ponderato con la curva A presente senza che siano in funzione le sorgenti disturbanti specifiche.

Il criterio differenziale non si applica nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dBA durante il periodo diurno e 40 dBA durante il periodo notturno;

se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dBA durante il periodo diurno e 25 dBA durante il periodo notturno.

Non si dovrà tenere conto di eventi eccezionali in corrispondenza del luogo disturbato.

Le differenze ammesse tra il livello del "rumore ambientale" e quello del "rumore residuo" misurati nello stesso modo non devono superare i 5 dBA nel periodo diurno e 3 dBA nel periodo notturno.

Chiarito questo elemento, per la valutazione del criterio differenziale dobbiamo tenere conto che la misura del criterio differenziale deve essere fatta all'interno dell'ambiente abitativo, e quindi i livelli di rumore previsti in facciata dal modello, devono essere decrementati di circa 2-3 dBA.

Come evidenziato sopra, il Criterio Differenziale non si applica per livelli di Rumore Ambientale diurni inferiori a 50 dBA e per livelli di Rumore Ambientale notturni inferiori a 40 dBA.

Le tabelle relative alla valutazione del criterio differenziale nello stato di progetto sono visibili nell'Allegato 05.

6 STATO DI CANTIERE

La realizzazione del progetto impiegherà la costituzione di un cantiere per lo smontaggio e quindi l'installazione delle nuove pale eoliche.

Le fasi operative del cantiere (dismissione vecchio impianto e realizzazione nuovo) avranno una durata di circa 50 settimane come indicato nel cronoprogramma qui riportato.

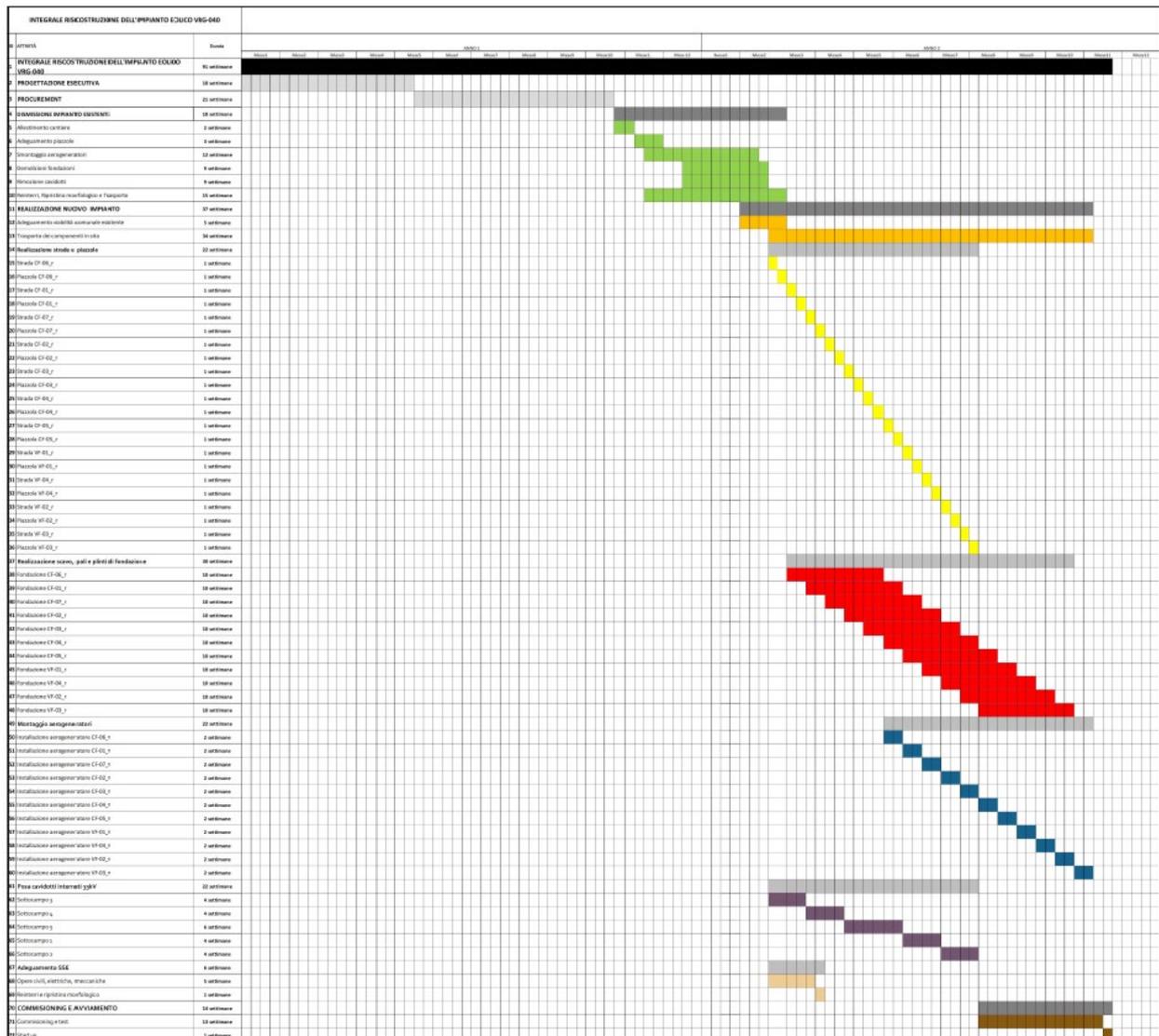


Figura 6-1: Cronoprogramma attività di cantiere

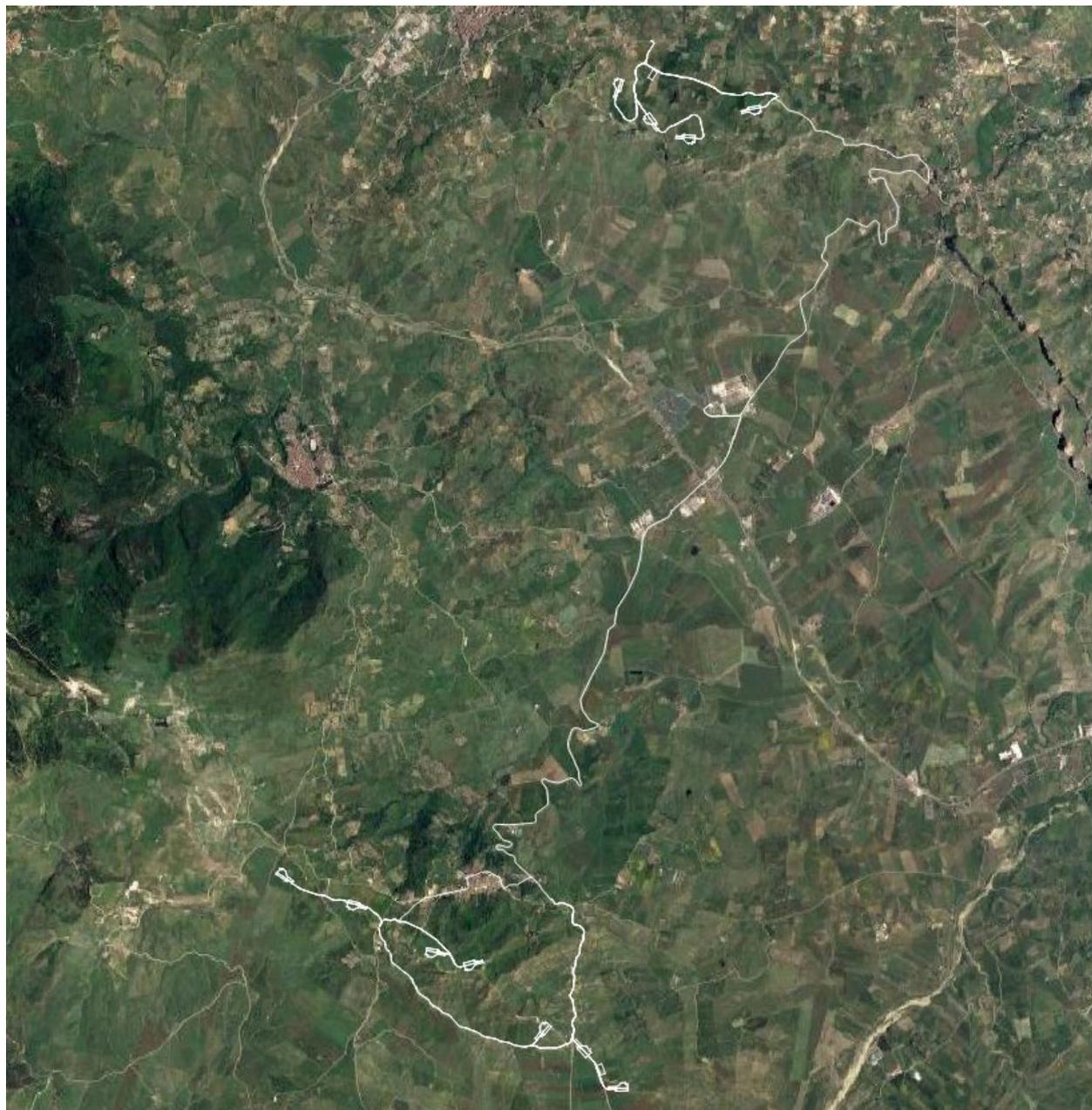


Figura 6-2: Inquadramento delle attività di cantiere (zona principale)

6.1 Il cantiere

Come descritto in precedenza il cantiere avrà una durata stimata pari a circa 55 settimane per quanto riguarda le fasi operative.

Le attività possono essere suddivise in due macrofasi:

- Fase 1: Dismissione impianto esistente
- Fase 2: Realizzazione nuovo impianto

La Fase 1 comprende le seguenti operazioni:

- Allestimento cantiere
- Adeguamento viabilità di cantiere
- Smontaggio aerogeneratori
- Demolizione fondazioni
- Rimozioni cavidotti
- Reinterri e ripristino morfologico

La Fase 2 comprende le seguenti operazioni:

- Realizzazione piazzole e strade
- Realizzazione scavo, pali e plinti di fondazione
- Montaggio aerogeneratori
- Posa cavidotti interrati MT
- Adeguamento SSE
- Avvio di tutti gli aerogeneratori

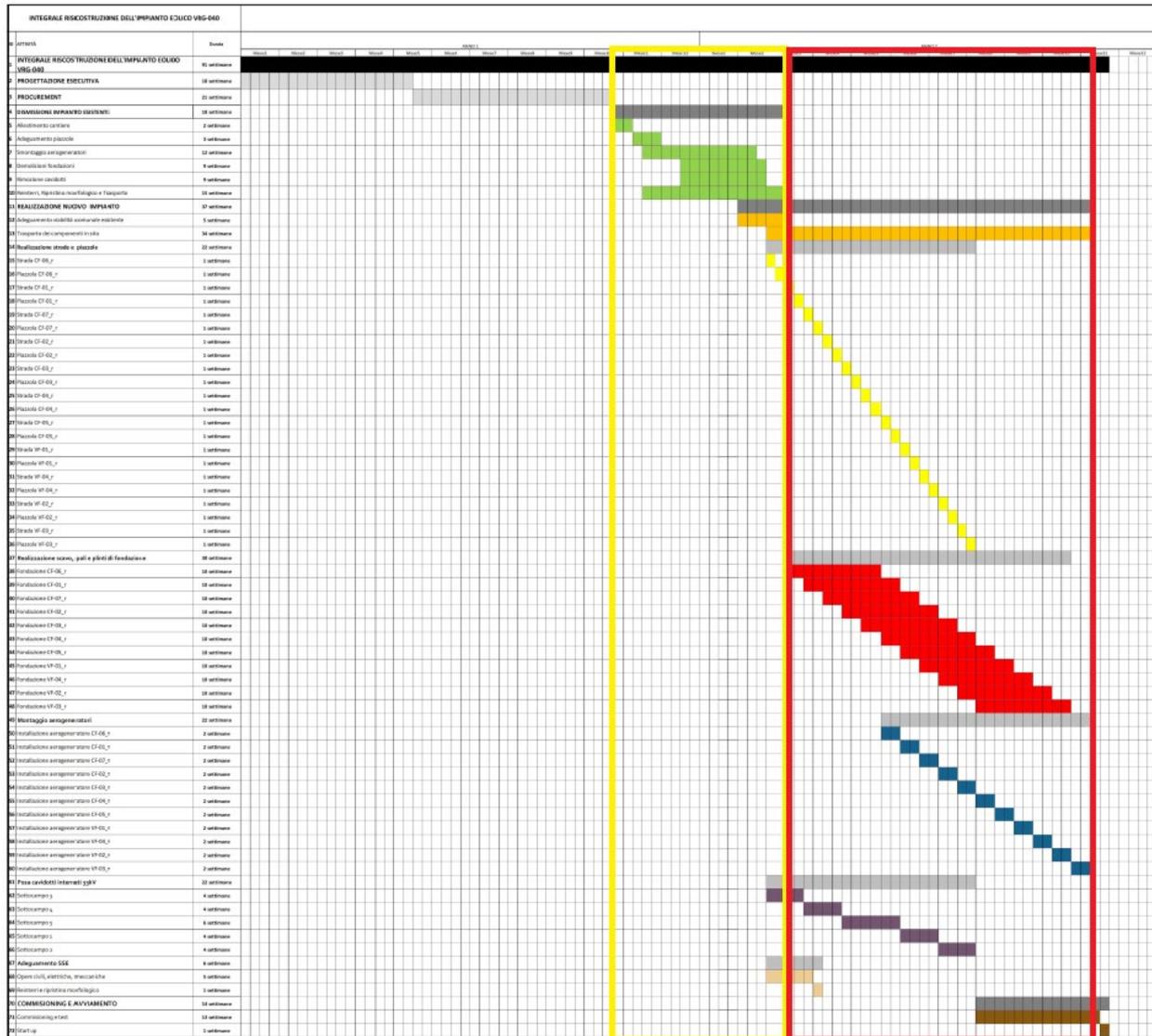


Figura 6-3: Individuazione fasi di cantiere

6.2 Le sorgenti di cantiere

Le lavorazioni di cantiere prevedono l'impiego di diversi mezzi.

Nella tabella qui di seguito viene riportato l'elenco delle lavorazioni svolte, dei mezzi impiegati e delle potenze sonore:

Dismissione impianto esistente

Opera	Lavorazione	Mezzo	Potenza sonora [dB(A)]
Adeguamenti strade /piazze	Scavo / riporto	Pala meccanica cingolata	102.3
		Bobcat	106.9
		Autocarro	101.1
Smontaggio aerogeneratori	Smontaggio	Gru	101.0
	Trasporto componenti	Automezzo speciale	96.2
		Gru	101.0
Rimozione fondazioni	Scavo	Escavatore cingolato	104.2
		Autocarro	101.1
	Demolizione plinto	Martello demolitore	113.0
	Trasporto detriti	Autocarro	101.1
	Reinterro	Escavatore cingolato	104.2
Rimozione cavidotti	Scavo a sezione obbligata	Escavatore cingolato	104.2
Ripristini ambientali / rinaturalizzazione	Scavo / riporto	Pala meccanica cingolata	102.3
		Bobcat	106.9
		Rullo ferro-gomma	113.0
		Autocarro	101.1

Realizzazione nuovo impianto

Opera	Lavorazione	Mezzo	Potenza sonora [dB(A)]
Fondazione	Scavo	Escavatore cingolato	104.2
		Autocarro	101.1
	Perforazione pali	Trivella perforazione pali	110.0
	Trasporto e installazione ferri	Autocarro	101.1
	Posa calcestruzzo pali	Betoniera (2)	90.3
		Pompa	107.9
	Posa magrone	Betoniera (2)	99.6
		Pompa	107.9
	Trasporto e installazione ferri	Autocarro	101.1
	Posa calcestruzzo plinto	Pompa	107.9
Autocarro		101.1	
Reinterro	Escavatore cingolato	104.2	
Strade e piazzole	Scavo / riporto	Pala meccanica cingolata	102.3
		Bobcat	106.9
		Rullo ferro-gomma	113.0
		Autocarro	101.1
Cavidotti	Scavo a sezione obbligata	Escavatore cingolato	104.2
	Apertura trincee	Escavatore cingolato	104.2
		Taglia asfalto	108.0
Sottostazione elettrica	Trasporto componenti	Automezzo speciale	96.2
		Gru	101.0
	Montaggio	Gru	101.0
Montaggio aerogeneratori	Trasporto componenti	Automezzo speciale (4)	96.2
		Gru	101.0
	Montaggio	Gru	101.0

Tabella 6-1: Elenco dei mezzi e strumenti utilizzati nel cantiere

6.2.1 Risultati della simulazione modellistica – Cantiere fase 1

Al fine di valutare le immissioni sonore del parco eolico sono state considerate come sorgenti acustiche sia quelle del cantiere in Fase 1 che le strade ed il rumore del vento.

Le tabelle relative al rumore dello stato di Cantiere Fase 1 sono visibili nell'Allegato 06.

In mancanza di Classificazione Acustica del territorio, i valori limite con cui confrontarsi sono quelli di 70 dBA nel periodo di riferimento diurno (06.00-22.00) e di 60 dBA nel periodo notturno (22.00-06.00).

6.2.2 Risultati della simulazione modellistica – Cantiere fase 2

Al fine di valutare le immissioni sonore del parco eolico sono state considerate come sorgenti acustiche sia quelle del cantiere in Fase 2 che le strade ed il rumore del vento.

Le tabelle relative al rumore dello stato di Cantiere Fase 2 sono visibili nell'Allegato 06.

In mancanza di Classificazione Acustica del territorio, i valori limite con cui confrontarsi sono quelli di 70 dBA nel periodo di riferimento diurno (06.00-22.00) e di 60 dBA nel periodo notturno (22.00-06.00).

6.2.3 Valutazione dei Risultati – Criterio differenziale

Riprendendo dal DPCM 14/11/97 il concetto di Criterio Differenziale di Immissione, possiamo dire che:

Il "rumore ambientale" viene definito come il livello equivalente di pressione acustica ponderato con la curva A del rumore presente nell'ambiente con la sovrapposizione del rumore relativo all'emissione delle sorgenti disturbanti specifiche. Mentre con "rumore residuo" si intende il livello equivalente di pressione acustica ponderato con la curva A presente senza che siano in funzione le sorgenti disturbanti specifiche.

Il criterio differenziale non si applica nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dBA durante il periodo diurno e 40 dBA durante il periodo notturno;

se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dBA durante il periodo diurno e 25 dBA durante il periodo notturno.

Non si dovrà tenere conto di eventi eccezionali in corrispondenza del luogo disturbato.

Le differenze ammesse tra il livello del "rumore ambientale" e quello del "rumore residuo" misurati nello stesso modo non devono superare i 5 dBA nel periodo diurno e 3 dBA nel periodo notturno.

Chiarito questo elemento, per la valutazione del criterio differenziale dobbiamo tenere conto che la misura del criterio differenziale deve essere fatto all'interno dell'ambiente abitativo, e quindi i livelli di rumore previsti in facciata dal modello, devono essere decrementati di circa 2-3 dBA.

Come evidenziato sopra, il Criterio Differenziale non si applica per livelli di Rumore Ambientale diurni inferiori a 50 dBA e per livelli di Rumore Ambientale notturni inferiori a 40 dBA.

Per quanto riguarda la rumorosità di cantiere, si assiste su alcuni ricettori a superamenti del limite differenziale. Le tabelle relative alla valutazione del criterio differenziale per le fasi di cantiere sono visibili nell'Allegato 07.

7 Conclusioni

Dai dati ottenuti attraverso il modello acustico previsionale è possibile verificare la compatibilità del rumore emesso dall'impianto eolico di progetto con le attuali norme in materia e i benefici ottenuti attraverso la sostituzione dei generatori presenti allo stato di fatto.

Non essendovi un Classificazione Acustica non è possibile confrontarsi con i limiti di Emissione, mentre possiamo analizzare quelli di Immissione e Differenziali.

- LIMITI DI IMMISSIONE – ANALISI DELLA SITUAZIONE FUTURA.

I valori di Immissione possono essere confrontati con i limiti provvisori previsti dal DPCM 1/3/1991, che vedono l'area inquadrata come "Tutto il Territorio Nazionale" con valori di 70 dBA nel periodo di riferimento diurno (06.00-22.00) e 60 dBA nel periodo di riferimento notturno.

Su tutti i ricettori presenti nell'area tali limiti vengono ampiamente rispettati, sia nella fase di esercizio per le classi di velocità del vento indagate, che in quella di cantiere.

- LIMITI DI IMMISSIONE DIFFERENZIALI – ANALISI DELLA SITUAZIONE FUTURA.

Progetto nuovo parco eolico

Per quanto riguarda il periodo di riferimento diurno (06.00-22.00), non si sono rilevati problemi in quanto, dai valori previsti, inferiori ai 50 dBA, tale Criterio non risulta applicabile.

Per quanto riguarda il periodo di riferimento notturno (22.00-06.00), dalle considerazioni fatte nel capitolo 5, per quasi tutti i ricettori, all'interno dell'ambiente abitativo non abbiamo livelli superiori ai 40 dBA, per cui anche in questo caso non ci sono le condizioni per l'applicabilità di tale criterio. Dove questa condizione non viene soddisfatta, la differenza fra rumore ambientale e residuo è comunque inferiore o uguale a 3 dB e quindi il limite risulta rispettato per le classi di velocità del vento indagate.

Fase di cantiere

Per quanto riguarda la rumorosità di cantiere, si assiste su alcuni ricettori a superamenti del limite differenziale, motivo per il quale sarà opportuno richiedere una deroga durante le diverse fasi del cantiere.

Opera 02-03-2023

Il Tecnico Competente in Acustica Responsabile

Marco Sergenti



Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 556 del 10.02.1998

Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica n. 2172

Certificazione Esperto Acustica e Vibrazioni Livello 2 – ACCREDIA – CICIPND n. A1-403/ASV/C

Certificazione Esperto Acustica e Vibrazioni Livello 2 – ACCREDIA – CICIPND n. A2-404/ASV/C

I Tecnici Competenti in Acustica

Lorenzo Magni

Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 18366 del 16.12.2019

Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica n. 11326

Davide Irtò

Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 12177 del 13.12.2013

Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica n. 1847

8 Allegati

Allegato 1 – Misure fonometriche effettuate

Allegato 2 - Mappe acustiche di rumore residuo, stato di progetto, inquadramento e fase di cantiere

Allegato 3 - Tabella - Rumore Emesso allo stato di progetto

Allegato 4 - Tabella - Rumore Immesso allo stato di progetto

Allegato 5 - Tabella - Valutazione del criterio differenziale

Allegato 6 - Tabella - Rumore Immesso allo stato di cantiere

Allegato 7 - Tabella - Valutazione del criterio differenziale della fase di cantiere

Allegato 8 – Certificati di Taratura delle catene strumentali

Allegato 9 – Certificazioni dei Tecnici Competenti in Acustica

Allegato 10 – Note tecniche (Normativa, Intensimetria, Modelli, Incertezze associate)