

Regione PUGLIA
Provincia di FOGGIA
COMUNE di ASCOLI SATRIANO



IMPIANTO EOLICO
"San Potito"

(AUTORIZZAZIONE UNICA ai sensi del D.L. 29 dicembre
2003, n. 387)

PROGETTO DEFINITIVO

Cod. Elaborato

D. 13

SCALA =
DATA: Maggio 2019

**INTEGRAZIONI RICHESTE DAL "M.A.T.T.M."
PIANO DELLE VIBRAZIONI**

COMMITTENTE:

Winderg s.r.l.
via Trento, 64
80071 – Vimercate (MB)
P.IVA 04702520968

WINDERG

WINDERG s.r.l.
Presidente e Amministratore Delegato
Dott. Michele Giambelli

CONSULENTE PER AdR srls:

SR international srl
Corso Vittorio Emanuel II, 284, Roma
Dott. Ing. Andrea Bartolazzi

STUDIO
RINNOVABILI

Andrea Bartolazzi



Via Enrico Fermi n°38
85021 Avigliano (PZ)
Tel/fax 0971.700637
mail: adr_srls@virgilio.it

A.D.R. srls
Via Enrico Fermi, 38
85021 AVIGLIANO (PZ)
C.F. e P.IVA 02022800763

Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	27/05/2019	1 emissione	A. Bartolazzi	A.D.R S.r.l.s	Winderg S.r.l

*Progetto
Project*

Relazione di analisi vibrazionale

*Cliente/Proponente
Customer/Developer*

Winderg srl / AdR srls

Nr. Doc:

01809018AB

Tipo di documento: **C**
Document type:

File:

Data: 05.08.2019
Date:

Materia: **E**
Subject:

Analisi vibrazionale del parco eolico San Potito di Ascoli Satriano (FG)

REV	DATA	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE
	<i>Date</i>	<i>Description of revisions</i>
A	15.5.19	Emissione draft

SR International s.r.l.

Sede legale: C..so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma - +39 06 8079555
Partita IVA e Cod. Fisc. 13457211004 - Capitale Sociale € 10.000.

www.studiorinnovabili.it info@studiorinnovabili.it

PREPARATO
Prepared
AB, FL

CONTROLLATO
Checked
AB

APPROVATO
Approved
AB

AUTORIZZAZIONE SR International srl
Approval
AB



Copyright © 2019 SR international s.r.l.
Tutti i diritti riservati

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata in sistemi di recupero o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico, fotocopie, registrazione o altrimenti, senza la previa autorizzazione scritta della società SR international srl.

Avviso di non responsabilità

Studio Rinnovabili ritiene che le informazioni e le opinioni espresse in questo lavoro siano valide, ma manifesta che tutte le parti debbano fare affidamento sulla loro competenza e giudizio nel farne uso. Studio Rinnovabili non rende alcuna garanzia, espressa o implicita, per quanto riguarda l'accuratezza o la completezza delle informazioni contenute nella presente relazione e ricevute dal cliente e non si assume alcuna responsabilità per l'accuratezza o la completezza di tali informazioni. Studio Rinnovabili non si assume alcuna responsabilità verso chiunque per qualsiasi perdita o danno derivante da questa relazione.

GLOSSARIO

SR	Studio Rinnovabili
MAP	Ministero delle attività produttive
AC	Corrente alternata
DC	Corrente continua
MT	Media tensione
AEEG	Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas
BAT	Migliori Tecniche Disponibili
CIP	Comitato interministeriale dei prezzi
CIPE	Comitato interministeriale programmazione economica
DPCM	Decreto del Presidente Consiglio dei ministri
DM	Decreto ministeriale
GHG	Gas ad effetto serra
GME	Gestore del mercato elettrico
TERNA	Operatore del sistema di trasmissione nazionale (ex GRTN)
ENEL	Operatore locale del sistema di trasmissione
IAFR	Domanda da presentare al GSE per iniziare un impianto di ER
NC	Non comunicati
NA	Non ammissibili
NN	Non necessario
PRG	Piano Regolatore Comunale
ER	Energia rinnovabile
UTF	Ufficio tecnico di finanza
RTI	Raggruppamento temporaneo di imprese

INDICE

1. SINTESI E CONCLUSIONI	5
2. PREMESSA	6
3. CENNI SUL FENOMENO VIBRAZIONALE	6
4. LEGISLAZIONE ITALIANA	7
5. DIRETTIVE REGIONALI	9
6. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	9
7. ANALISI DEI RICETTORI	10
8. ANALISI GEOLOGICA DELLA ZONA	11
9. SITUAZIONE POST-OPERAM	13
10. SITUAZIONE IN FASE DI CANTIERE	13
11. BIBLIOGRAFIA	17

Indice figure

Figura 1 – Geologia dell’area.....	11
Figura 2 – Inquadramento geologica del progetto nell’area.....	12
Figura 3 – Inquadramento delle zone cantiere più importanti dal punto di vista vibrazionale del progetto nell’area.....	14

Indice tabelle

Tabella 1 - Limiti di vibrazioni negli edifici (UNI 9614).....	8
Tabella 2 – Localizzazione delle turbine del parco con V136.....	9
Tabella 3 – Localizzazione delle turbine del parco con V136 e V150	9
Tabella 4 - Anagrafica Ricettori nel raggio di 1 km dall’impianto.	10
Tabella 5 - Parametri del terreno	12
Tabella 6 - Calcolo della vibrazione post operam in esercizio.....	13
Tabella 7 - Macchine considerate nella valutazione dell’impatto vibrazionale in fase di cantiere misurate a 5m dalla sorgente.....	16
Tabella 8 - Calcolo della vibrazione post operam in fase di cantiere.....	16

1. SINTESI E CONCLUSIONI

La Società Winderg S.r.l. sta sviluppando il Progetto di Parco Eolico denominato “San Potito” nel Comune di Ascoli Satriano (FG) e, per le sole opere di connessione, nel Comune di Deliceto (FG), in Regione Puglia, e per il tramite del progettista A.d.R. ha incaricato Studio Rinnovabili di effettuare una valutazione delle vibrazioni del progetto proposto tramite un modello geologico – vibrazionale della zona.

Il layout del progetto consiste attualmente di 10 generatori Vestas V136 da 3,45 MW che operano in modalità standard o in alternativa 6 generatori Vestas V150 e 2 generatori Vestas V136 da 3,45 MW.

Sulla base dello studio effettuato, applicando ipotesi conservative e cautelative e considerando le caratteristiche dell’aerogeneratore previsto, sono stati calcolati i livelli di vibrazioni dovuti alla presenza del futuro impianto eolico. Come si evince dalla tabella 6, la vibrazione post operam è di $1,114 \text{ mm/s}^2$ e cioè inferiore ai 5 mm/s^2 presi come livello limite.

La verifica è stata effettuata anche per la fase di cantiere per la quale si evince dalla tabella, la vibrazione massima post operam è di $4,7 \text{ mm/s}^2$ e cioè inferiore ai 5 mm/s^2 presi come livello limite.

Sono perciò verificati i livelli di vibrazione percepiti agli edifici sottostanti che risultano ampiamente entro i limiti della norma ISO 2631 e UNI 9614.

2. PREMESSA

Winderg è una società attiva nello sviluppo, realizzazione e gestione di impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile, in particolare eolica.

Studio Rinnovabili è una società di consulenza in vari settori delle energie rinnovabili e in particolare quello eolico. Il presente documento rappresenta la valutazione acustica del rumore ante-operam nella zona del futuro parco eolico San Potito situato nel Comune di Ascoli Satriano (FG) e della situazione post-operam.

Per l'eventuale disturbo creato dalle vibrazioni la Regione Puglia chiede la valutazione dell'impatto dovuto alle vibrazioni del parco.

Questo impatto e la conseguente legislazione sulle vibrazioni nascono dall'osservazione dei problemi ambientali in casi come la presenza di macchine rotative o vibranti e gli effetti sulla salute dei lavoratori che vi sono sottoposti, o come l'effetto del passaggio di un autobus, tram, metro e treno sulle strade circostanti all'edificio ricettore.

Viceversa non sono stati mai riscontrati casi di vibrazioni percepite come disturbanti da una abitazione sita nei pressi di un impianto eolico. Nel seguito daremo una interpretazione tecnica del fenomeno anche al fine di verificarne i possibili impatti. Nel seguente paragrafo esamineremo le caratteristiche principali del fenomeno vibrazionale, i limiti di legge e delle norme tecniche internazionali, l'applicazione al caso in oggetto.

3. CENNI SUL FENOMENO VIBRAZIONALE

La vibrazione è un fenomeno oscillatorio propagato attraverso un mezzo continuo e causato da una forzante. Nel nostro caso le forzanti sono date dal vento, dallo squilibrio che il rotore può avere e dall'effetto aerodinamico meccanico combinato dell'interazione pala/torre. Il mezzo attraverso cui si trasmette la vibrazione è la torre (in metallo), la fondazione, il terreno, la fondazione del ricettore e la struttura della casa del ricettore.

In particolare il terreno è il mezzo entro il quale il fenomeno vibratorio deve percorrere la gran parte del suo cammino per raggiungere il ricettore, infatti, la torre è un mezzo molto permeabile alle vibrazioni ed è relativamente corta (fino a 100-150 metri) rispetto alla distanza su terreno (300-500 metri) che è normalmente mai inferiore a 200 metri a causa dei possibili impatti acustici sui ricettori.

La previsione dei meccanismi di propagazione avviene nel dominio delle frequenze (analisi spettrale) e può essere condotta per via numerica mettendo in conto una serie di dipendenze parametriche:

- caratteristiche dell'infrastruttura;
- natura e caratteristiche del suolo;
- distanza plano-altimetrica tra sorgente ed edificio ricettore;
- caratteristiche del sistema fondazionale degli edifici;

- caratteristiche strutturali degli edifici (strutture verticali ed orizzontali);
- propagazione delle vibrazioni da piano a piano;
oppure per via sperimentale attraverso la determinazione delle fdt fornite da indagini con vibrodina.

Il risultato operativo consiste sempre nella valutazione dei livelli vibrazionali presenti all'interno dei ricettori (vibrazioni e rumore solido).

Le vibrazioni di livello costante o variabile, di tipo non impulsivo, vengono rilevate misurando il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerazione oppure il corrispondente livello: il valore dell'accelerazione viene espresso in m/s^2 , il livello dell'accelerazione in dB.

Il livello dell'accelerazione è definito dalla relazione:

$$L = 20 \log_{10} (a/a_0)$$

dove L è il livello espresso in dB, a è l'accelerazione espressa in m/s^2 e $a_0 = 10^{-6} m/s^2$ è il valore dell'accelerazione di riferimento.

Le misurazioni si eseguono sui pavimenti dell'edificio.

Si considerano tre assi di propagazione delle vibrazioni. Tali assi vengono riferiti alla persona del soggetto esposto: l'asse x passa per la schiena ed il petto, l'asse y per le due spalle, l'asse z per la testa e i piedi (per la testa e i glutei se il soggetto è seduto). Se in un edificio si fa riferimento all'asse verticale, quest'ultimo coincide con l'asse z se il soggetto è in piedi o seduto, con l'asse x se il soggetto è disteso.

La percezione delle vibrazioni da parte dei soggetti esposti varia a seconda della frequenza e dell'asse di propagazione. La sensibilità è massima negli intervalli di frequenza compresi tra 4 e 8 Hz (asse z) e tra 1 e 2 Hz (assi x e y); all'esterno di tali intervalli la sensibilità via via si riduce. Per tale motivo le accelerazioni misurate sperimentalmente devono essere ponderate in frequenza, attenuando le componenti esterne agli intervalli di massima sensibilità in modo da rendere tutte le componenti omogenee in termini di percezione (e quindi di disturbo).

Dato che gli effetti delle vibrazioni di frequenza diversa sono cumulativi è necessario sommare (in termini quadratici) le diverse componenti delle accelerazioni, ovviamente dopo la ponderazione delle componenti stesse.

La tollerabilità delle vibrazioni dipende dalla destinazione d'uso degli edifici: nel caso delle aree critiche in cui si svolgono attività delicate (camere operatorie ospedaliere, laboratori, ecc.) vengono adottati come limiti i livelli di soglia di percezione delle vibrazioni: questi coincidono con $5,0 mm/s^2$ per l'asse z e con $3,6 mm/s^2$ per gli assi x e y. I limiti per le abitazioni durante i periodi notturno e diurno, per gli uffici e per le fabbriche superano i livelli di soglia di un fattore 1,4; 2; 4; 8.

4. LEGISLAZIONE ITALIANA

La legislazione italiana sull'impatto dovuto alla presenza di vibrazioni consiste nel DLgs 187/05, il quale impone limiti di vibrazione per gli ambienti lavorativi. Oltre

al 187 esistono varie altre leggi, ma nessuna in particolare da conto di parametri per le vibrazioni percepite fuori da luoghi di lavoro:

- DLG.s 187 del 19 Agosto 2005. Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche.
- DPR n.547 del 27/4/1955, artt. 28, 29, 30, 31, 32, 175, 225, 304, 307, 308, 332, 341.
Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro
- DPR n.303 del 19.3.1956, art.8
Norme generali per l'igiene del lavoro
- D.Lgs n.626 del 19.9.1994:
Attuazione di direttive CEE sul miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.
- D.Lgs. n.475 del 4.12.1992, in attuazione della direttiva 89/686 in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale.

Esistono però alcune norme tecniche sull'argomento e in particolare la ISO 2631, e la UNI 9614 che danno alcuni parametri per la valutazione delle vibrazioni:

- ISO 2631 - guida per la valutazione dell'esposizione umana alle vibrazioni su tutto il corpo
- UNI 9614:1990 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"
- UNI ISO 5982 - vibrazioni ed urti, impedenza meccanica di ingresso del corpo umano
- ISO 5349-86 - vibrazioni meccaniche, linee guida per la misurazione e la valutazione dell'esposizione a vibrazione
- ISO 8041 - risposta degli individui alle vibrazioni, strumenti di misurazioni

Edificio	Limite (dB)	Limite (x,y) mm/s ²
Aree critiche	71	3,54813
Abitazioni (notte)	74	5,01187
Abitazioni(giorno)	77	7,07946
Uffici	83	14,1254
Fabbriche	89	28,1838

Tabella 1 - Limiti di vibrazioni negli edifici (UNI 9614)

In particolare, considerato che gli edifici della zona sono tutt'al più residenziali, sarà usato il valore di 5 mm/s^2 come limite minimo per l'intensità di vibrazione.

5. DIRETTIVE REGIONALI

Non ci sono specifiche direttive sulle vibrazioni dei parchi eolici in regione Puglia, solo norme che richiamano norme nazionali.

6. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto di impianto consta di 10 aerogeneratori. Il modello degli aero-generatori potrebbe essere il Vestas V136 da 3,45 MW, o in alternativa un progetto misto con alcune Vestas V150 da 4,5 MW, A questi andranno aggiunte le linee di collegamento e la stazione di consegna. La disposizione è indicata nelle tabelle e figure seguenti:

Turbine/ Sorgenti	Comune	UTM WGS84 Long	UTM WGS84 Lat	Long	Lat	Tipo
A1	Ascoli Satriano (FG)	540910	4565677	41° 14' 29.27" N	15° 29' 17.60" E	V136
A2	Ascoli Satriano (FG)	542097	4565572	41° 14' 25.62" N	15° 30' 8.57" E	V136
A3	Ascoli Satriano (FG)	542625	4565571	41° 14' 25.50" N	15° 30' 31.26" E	V136
A4	Ascoli Satriano (FG)	543186	4565540	41° 14' 24.40" N	15° 30' 55.33" E	V136
A5	Ascoli Satriano (FG)	543730	4565361	41° 14' 18.47" N	15° 31' 18.67" E	V136
A6	Ascoli Satriano (FG)	540573	4566613	41° 14' 59.68" N	15° 29' 3.35" E	V136
A7	Ascoli Satriano (FG)	541153	4566377	41° 14' 51.92" N	15° 29' 28.19" E	V136
A8	Ascoli Satriano (FG)	541994	4566303	41° 14' 49.37" N	15° 30' 4.34" E	V136
A9	Ascoli Satriano (FG)	542620	4566303	41° 14' 49.23" N	15° 30' 31.21" E	V136
A10	Ascoli Satriano (FG)	543149	4566278	41° 14' 48.33" N	15° 30' 53.93" E	V136

Tabella 2 – Localizzazione delle turbine del parco con V136

Turbine/ Sorgenti	Comune	UTM WGS84 Long	UTM WGS84 Lat	Long	Lat	Tipo
A1	Ascoli Satriano (FG)	540910	4565677	41° 14' 29.27" N	15° 29' 17.60" E	V150
A2	Ascoli Satriano (FG)	542097	4565572	41° 14' 25.62" N	15° 30' 8.57" E	V136
A3	Ascoli Satriano (FG)	542625	4565571	41° 14' 25.50" N	15° 30' 31.26" E	V150
A4	Ascoli Satriano (FG)	543186	4565540	41° 14' 24.40" N	15° 30' 55.33" E	V150
A6	Ascoli Satriano (FG)	540573	4566613	41° 14' 59.68" N	15° 29' 3.35" E	V150
A7	Ascoli Satriano (FG)	541153	4566377	41° 14' 51.92" N	15° 29' 28.19" E	V150
A8	Ascoli Satriano (FG)	541994	4566303	41° 14' 49.37" N	15° 30' 4.34" E	V136
A9	Ascoli Satriano (FG)	542620	4566303	41° 14' 49.23" N	15° 30' 31.21" E	V150

Tabella 3 – Localizzazione delle turbine del parco con V136 e V150

Il progetto come descritto nella parte precedente prevede il posizionamento degli aerogeneratori a distanze rilevanti dalle abitazioni. In particolare, dall'analisi sul software Windfarm si desume che l'abitazione più colpita dal fenomeno vibratorio è il ricettore P2_2510 che si trova a 454 metri dalla turbina A2, la più vicina.

Questa turbina emette a 5 metri dalla base una vibrazione di 80 dB, corrispondente ad una vibrazione di 1 mm/s².

La vibrazione ha due punti di frequenza corrispondenti alle pulsazioni 1p e 3p.

La somma delle vibrazioni delle turbine agenti sul ricettore P2_2510 entro 1,15 km sarà presa come livello di vibrazione presso il ricettore.

7. ANALISI DEI RICETTORI

La prima fase della verifica della compatibilità vibrazionale dell'opera in progetto con i limiti di legge consiste nella determinazione dello stato dei ricettori sensibili attorno alla zona del progetto.

Per la valutazione ante-operam si è quindi proceduto a:

- definire l'area di impatto dell'opera e l'ubicazione dei siti sensibili;
- analizzare la struttura del terreno sottostante;
- modellizzare la trasmissione delle vibrazioni tra i generatori e i ricettori.

I Comuni interessati dal progetto sono quelli di Ascoli Satriano (FG).

Nella tabella seguente sono indicati i ricettori sensibili per cui si è fatto il calcolo.

Ricettore	Comune	UTM WGS84 Long	UTM WGS84 Lat	Long	Lat
P1_2510	Ascoli Satriano (FG)	541577	4564997	41° 14' 7.0884" N	15° 29' 46.0857" E
P2_2510	Ascoli Satriano (FG)	541870	4565177	41° 14' 12.8664" N	15° 29' 58.7288" E
P1b_2510	Ascoli Satriano (FG)	542155	4565003	41° 14' 7.1849" N	15° 30' 10.9064" E
P3_2510	Ascoli Satriano (FG)	544465	4564800	41° 14' 0.1310" N	15° 31' 50.0903" E

Tabella 4 - Anagrafica Ricettori nel raggio di 1 km dall'impianto.

8. ANALISI GEOLOGICA DELLA ZONA

La geologia della zona è riportata nelle immagini seguenti.

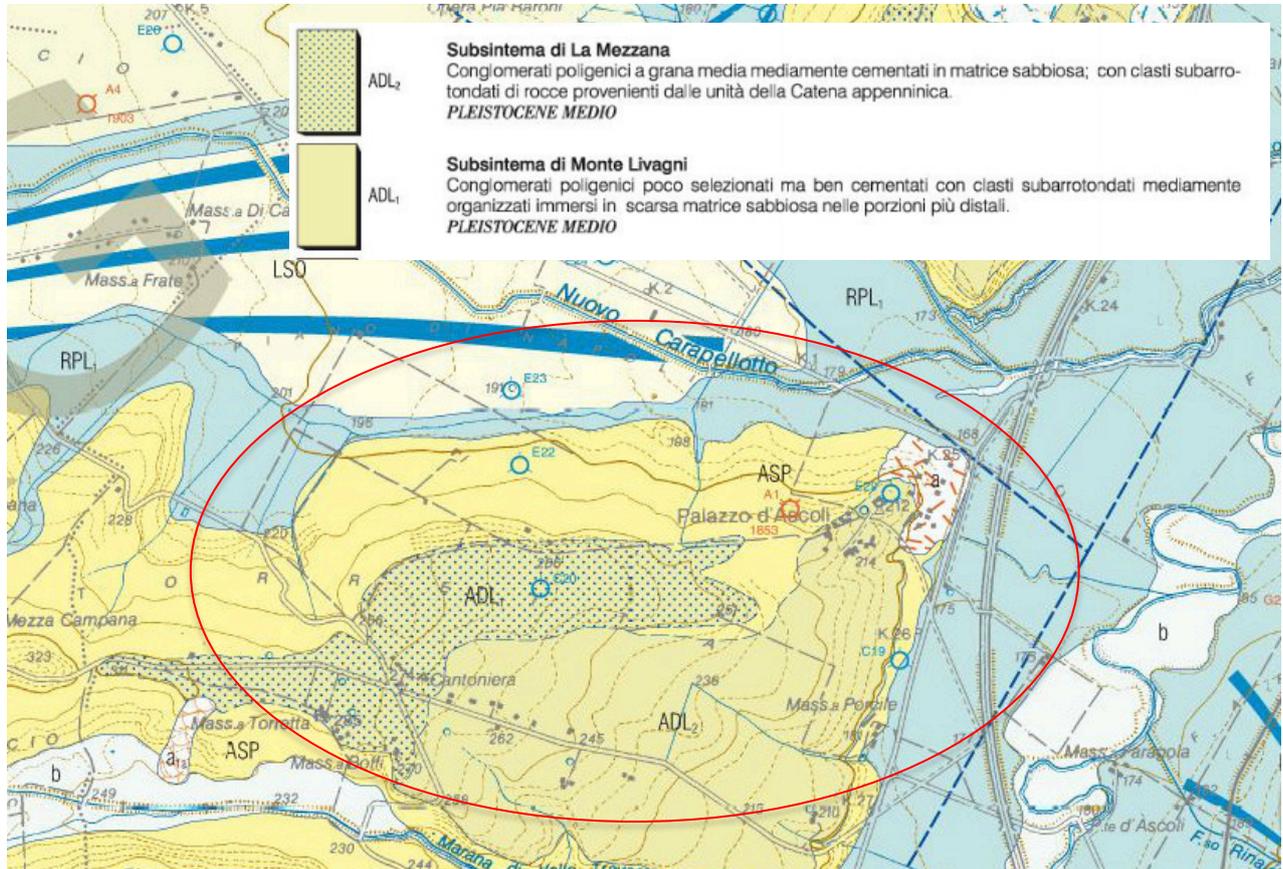


Figura 1 – Geologia dell'area.



Figura 2 – Inquadramento geologica del progetto nell'area.

Nella figura soprastante le turbine sono rappresentate con i cerchi bianchi, i ricettori sono rappresentati con i punti rossi. Le turbine e i ricettori sono posizionati in gran parte in area di sabbie e conglomerati originati da sedimenti marini. Una turbina ad ovest su argille, un ricettore ad est su sabbie da depositi alluvionali. I parametri di trasmissione della vibrazioni sono riportati in tabella:

Parametro	Valore
Tipologia del fondo	Sabbie e conglomerati
Coefficiente di assorbimento del terreno	0,1
Velocità di propagazione	1500 m/s
Densità del mezzo	1600 kg/mc

Tabella 5 - Parametri del terreno

9. SITUAZIONE POST-OPERAM

Si mostra in tabella il calcolo dell'effetto delle turbine sul ricettore considerato. Per entrambi i layout le turbine più rilevanti sono le turbine A2, A3, A1, e A8. In particolare l'analisi tiene conto di due fenomeni, l'attenuazione della vibrazione per la espansione geometrica, e l'attenuazione dovuta al terreno che nella zona è composto di sabbie e argille.

Emissione alla sorgente	Sgen	A2	A3	A1	A8
vibrazione alla sorgente	85,1 dB	85,1	85,1	85,1	85,1 dB
accelerazione alla sorgente	17,989 mm/s ²	17,989	17,989	17,989	17,989 mm/s ²
Attenuazione geometrica					
distanza del ricettore dall'aerogeneratore	200 m	454	849	1086	1144 m
posizione di misura (distanza dalla sorgente)	1 m	1	1	1	1 m
coefficiente di attenuazione geometrica	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
attenuazione geometrica	23,010 dB	26,571	29,289	30,358	30,584 dB
Attenuazione per assorbimento del terreno					
frequenza di rotazione	19 rpm	19	19	19	19 rpm
f- frequenza onda vibrazione	0,95 Hz	0,95	0,95	0,95	0,95 Hz
omega - pulsazione onda	5,969 rad/s	5,969	5,969	5,969	5,969 rad/s
eta - coefficiente di assorbimento del terreno	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
c - velocità di propagazione	1500 m/s	1500	1500	1500	1500 m/s
densità del mezzo di propagazione	1600 kg/m ³	1600	1600	1600	1600 kg/m ³
attenuazione per assorbimento	0,344 dB	0,782	1,465	1,874	1,974 dB
attenuazione per assorbimento (2 ^{ndo} calc)	4,868 dB	5,921	6,993	7,524	7,647 dB
Vibrazione al ricettore					
vibrazione al ricettore	61,746 dB	57,747	54,346	52,868	52,542 dB
accelerazione al ricettore	1,223 mm/s ²	0,772	0,522	0,440	0,424 mm/s ²
accelerazione al ricettore totale	1,114 mm/s²				

Tabella 6 - Calcolo della vibrazione post operam in esercizio

Come si evince dalla tabella la vibrazione post operam è di 1,114 mm/s² e cioè inferiore ai 5 mm/s² presi come livello limite.

10. SITUAZIONE IN FASE DI CANTIERE

Le attività di cantiere relative al progetto oggetto di studio produrranno un incremento delle vibrazioni limitatamente al periodo diurno. Tale incremento è ipotizzabile in relazione alle seguenti attività:

- trasporto di materiale da e per l'area di sviluppo dell'impianto eolico;
- adeguamento della viabilità di accesso all'area d'impianto;
- realizzazione delle piazzole e relative piste di accesso;

- realizzazione delle fondazioni;
- montaggio dell'aerogeneratore;
- realizzazione del cavidotto d'impianto (collegamento elettrico tra gli aerogeneratori e tra questi ed il centro collettore di parco) e di collegamento alla rete di distribuzione.
- aumento del traffico veicolare

Dato che abbiamo supposto un sostrato geologico uniforme nella zona la verifica del punto più sollecitato dal punto di vista vibrazionale assicura che anche per le altre zone cantiere la situazione sia verificata. Il punto più sollecitato, il ricettore P2_2510 si trova 401 ml a sud dell'aerogeneratore A2 come indicato in figura.

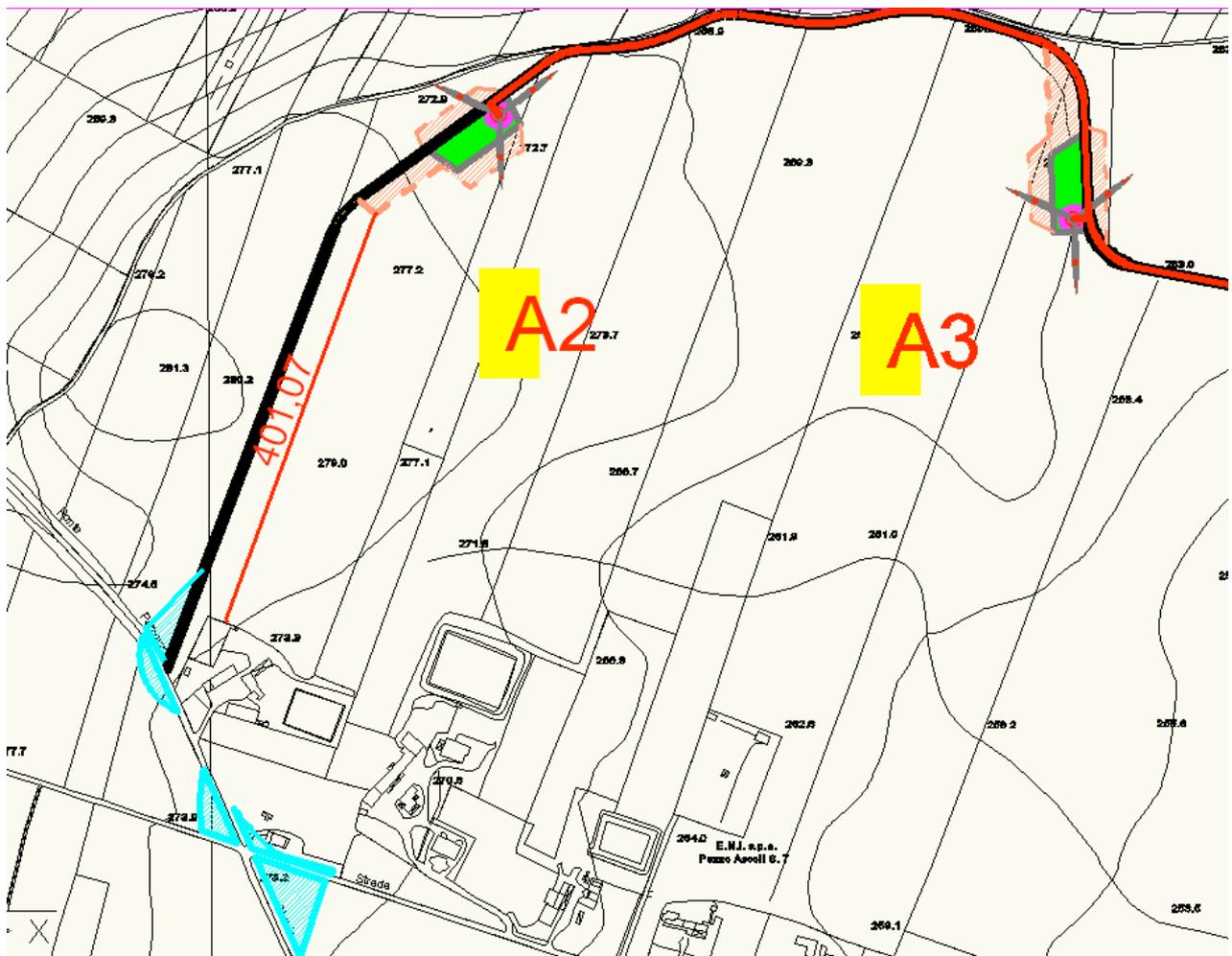


Figura 3 – Inquadramento delle zone cantiere più importanti dal punto di vista vibrazionale del progetto nell'area.

Sulla base dei dati disponibili relativamente alla tipologia delle opere da realizzare, sono state identificate le macchine per movimento terra e le macchine stazionarie

che verranno utilizzate. Nell'impostazione dello scenario di cantiere si è ipotizzata la presenza non contemporanea delle attività descritte.

Sulla base delle premesse formulate nei paragrafi precedenti, con riferimento allo spettro di emissione delle macchine operatrici e dell'incremento previsto nei flussi di traffico stradale e di mezzi pesanti, è stato sviluppato un modello di calcolo previsionale dell'impatto della componente vibrazioni relativo alle attività di costruzione, in prossimità dei possibili ricettori sensibili.

Il modello previsionale utilizzato per la valutazione dell'impatto dovuto a vibrazioni nell'area di installazione dell'aerogeneratore comprende:

- Escavatore
- Pala caricatrice
- Autocarro
- Martello pneumatico
- Mezzo di compattazione a rullo

Gli scenari di calcolo prevedono un orario di lavoro compreso tra le 8:00 e le 12:00 e poi tra le 13:00 e le 17:00 e perciò solo diurno. I mezzi d'opera si prevedono in opera continuativamente. La tabella che segue riporta i macchinari ed i mezzi che si è ipotizzato vengano utilizzati da ciascuna squadra.

Le emissioni massime per singola macchina sono ricavate da dati di letteratura e sono descritte in Tabella 7

Macchinari/Mezzi	dB (max)	Freq. (Hz)	Attività
Escavatore, mezzi semoventi o gommati o cingolati che scavano, sollevano e scaricano il materiale per mezzo di una benna montata su un cinematismo a braccio articolato o su un braccio telescopico	93	62	Realizzazione della piazzola e fondazione
Autocarro	77	12,5	Trasporto materiali di strade, della piazzola e fondazione
Mezzo di compattazione, utilizzato per l'addensamento dei materiali in sito, ad esempio pietrame, terreno o materiale di rivestimento del suolo, mediante azioni di rullatura, battitura o vibrazione dell'attrezzo	105	40	Realizzazione di tratti di strada ex novo e oggetto di ampliamenti
Martello pneumatico	102	50	
Pala caricatrice a ruote gommate	90	50	Realizzazione della piazzola e fondazione

Tabella 7 - Macchine considerate nella valutazione dell'impatto vibrazionale in fase di cantiere misurate a 5m dalla sorgente

Di seguito si riporta una tabella descrittiva con i livelli di vibrazioni al ricevitore il P2_2510.

Emissione alla sorgente	Rullo	Esc	Aut	Martello	Pala
vibrazione alla sorgente	105 dB	93	77	102	90 dB
accelerazione alla sorgente	177,828 mm/s ²	44,668	7,079	125,893	31,623 mm/s ²
Attenuazione geometrica					
distanza del ricevitore dalla sorgente	401 m	401	401	401	401 m
posizione di misura (distanza dalla sorgente)	5 m	5	5	5	5 m
coefficiente di attenuazione geometrica	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
attenuazione geometrica	19,042 dB	19,042	19,042	19,042	19,042 dB
Attenuazione per assorbimento del terreno					
frequenza di rotazione	800 rpm	250	250	125	1000 rpm
f- frequenza onda vibrazione	40 Hz	12,5	12,5	50	50 Hz
omega - pulsazione onda	251,327 rad/s	78,540	78,540	314,159	314,159 rad/s
eta - coefficiente di assorbimento del terreno	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
c - velocità di propagazione	3500 m/s	3500	3500	3500	3500 m/s
densità del mezzo di propagazione	1700 kg/m ³	1700	1700	1700	1700 kg/m ³
attenuazione per assorbimento	12,341 dB	3,857	3,857	15,426	15,426 dB
attenuazione per assorbimento (2 ^{ndo} calc)	13,376 dB	6,798	6,798	15,768	15,768 dB
Vibrazione al ricevitore					
vibrazione al ricevitore	73,617 dB	70,102	54,102	67,532	55,532 dB
accelerazione al ricevitore	4,796 mm/s ²	3,199	0,507	2,380	0,598 mm/s ²

Tabella 8 - Calcolo della vibrazione post operam in fase di cantiere

Sulla base dello studio effettuato, applicando ipotesi conservative e cautelative e considerando le caratteristiche delle macchine operatrici previste, sono stati calcolati i livelli di vibrazioni dovuti alla presenza del futuro impianto eolico. Come si evince dalla tabella 8, la vibrazione massima post operam è di 4,796 mm/s² e cioè inferiore ai 5 mm/s² presi come livello limite.

Si conclude perciò che nessuna delle posizioni ha limiti superiori alla norma.

11. BIBLIOGRAFIA

[ADR01] - Relazione acustica del parco con le informazioni sui ricettori confermate via email, da Adr, a A. Bartolazzi, Studio Rinnovabili, 13 maggio 2019, "A.6.pdf".

[MAT02] – Carta geologica d’Italia estratta da <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/serviziowms/> il 13.5.2019.

[ISO03] – ISO 2631 - Guida per la valutazione dell’esposizione umana alle vibrazioni su tutto il corpo

[UNI04] – UNI 9614:1990 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”, 1990

[UNI05] – UNI 9916:2014 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”, 2014

[AND06] – Anderson, J.S.; Solving problems in vibrations; London, Longman Scientific & Technical, 1987

[COS07] – Cosa, M. e Nicoli, M.; Valutazione e controllo del rumore e delle vibrazioni; Milano, ESA, 1989

[WAT81] – L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ. 1981