

PROPONENTE

Repower Renewable Spa
Via Lavaredo, 44
30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott. Giuseppe Caricato



PROGETTAZIONE



TENPROJECT

Tenproject Srl -via De Gasperi 61
82018 S.Giorgio del Sannio (BN)
t + 39 0824 337144 - f + 39 0824 49316
tenproject.it - info@tenproject.it

Progettista :
Ing. Massimo Lepore

N° COMMESSA

1478

NUOVO PARCO EOLICO CASAMASSIMA "LOC. PARCO SAN NICOLA" e "VILLA ABBADO"
PROVINCIA DI BARI
COMUNI DI CASAMASSIMA - RUTIGLIANO - TURI



PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI


CODICE ELABORATO


SIA07.IA.03

NOME FILE

1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00


REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	12/2021	PRIMA EMISSIONE	PI	GT	ML

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 2 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 3 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

INDICE

1.	PREMESSA	4
1.1.	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	4
1.2.	INDIVIDUAZIONE E SCELTA DEI RECETTORI	9
1.2.1.	RECETTORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DEL CAVIDOTTO	12
2.	CENNI TEORICI SULLE VIBRAZIONI	14
2.1.	DEFINIZIONI E NOZIONI GENERALI (FONTE ISPRA)	14
2.2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	16
2.3.	CASO STUDIO E PARAMETRI DI TRASMISSIONE DELLE VIBRAZIONI	17
2.4.	MODELLO PREVISIONALE	18
2.5.	RISCHIO DEL DANNO A STRUTTURE ED EDIFICI	20
2.6.	RISCHIO ESPOSIZIONE UMANA – RISCHIO DISTURBO	20
2.7.	VIBRAZIONE ED AREE DI CANTIERE PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI EOLICI	21
2.8.	VIBRAZIONI DI IMPIANTI EOLICI IN FASE DI ESERCIZIO	22
3.	STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI ESERCIZIO	23
4.	STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE	26
5.	CONCLUSIONI	28
	BIBLIOGRAFIA	29

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	4 di 29

1. PREMESSA

Il progetto descritto nella presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da sette aerogeneratori della potenza di 6,0 MW ciascuno, per una potenza complessiva di 42,0 MW, comprensivo di un sistema di accumulo con batterie agli ioni di litio di potenza pari a 15,20 MW, da installare in agro dei territori comunali di Casamassima (BA), Rutigliano (BA) e Turi (BA) in località “Parco San Nicola – Vigna Addabbo”.

Proponente dell’iniziativa è la società Repower Renewable SpA.

La presente relazione, nel dettaglio, si pone lo scopo di valutare l’entità delle vibrazioni trasmesse durante la fase di cantiere, per la realizzazione del progetto, e durante la fase di esercizio del parco eolico al fine di verificare che queste non arrechino disturbo alle attività circostanti, alla popolazione umana ed in generale ai recettori sensibili.

1.1. Descrizione sintetica del progetto

Come detto il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico composto da sette aerogeneratori Vestas V150 di potenza nominale unitaria pari a 6,00 MW, con altezza al mozzo 125 m s.l.t. e diametro rotore pari a 150 m. Il sito di progetto è localizzato a circa 5 Km in direzione Est dal centro del comune di Casamassima (BA) e a circa 5,5 Km in linea d’aria in direzione Nord Ovest dal comune di Turi (BA) in area a carattere sostanzialmente pianeggiante con l’orografia che presenta una variabilità altimetrica sostanzialmente uniforme con moderate diversità di quota altimetrica e con valori che si attestano tra i 180 e 210 m s.l.m.

Le tabelle a seguire individuano le coordinate e le caratteristiche degli aerogeneratori di progetto e nelle figure successive l’inquadramento territoriale dell’area di installazione su cartografia OpenStreetMap e ortofoto satellitare estratta da Google Earth.

Tabella 1: Coordinate, tipologia e caratteristiche principali degli aerogeneratori di progetto.

ID WTG	UTM WGS 84 Long. Est [m]	UTM WGS 84 Lat. Nord [m]	Altitudine [m]	Modello Aerogeneratore	Altezza mozzo [m]	Potenza nominale [kW]
A01	665003	4536745	196	Vestas V150	125	6000
A02	666539	4537109	180	Vestas V150	125	6000
A03	667059	4536866	180	Vestas V150	125	6000
A04	667601	4536558	182	Vestas V150	125	6000
A05	666593	4536209	190	Vestas V150	125	6000
A06	666047	4534574	208	Vestas V150	125	6000
A07	667614	4533988	208	Vestas V150	125	6000



Figura 1: Inquadramento geografico del sito GE.CSM01: regione Puglia, provincia di Bari.

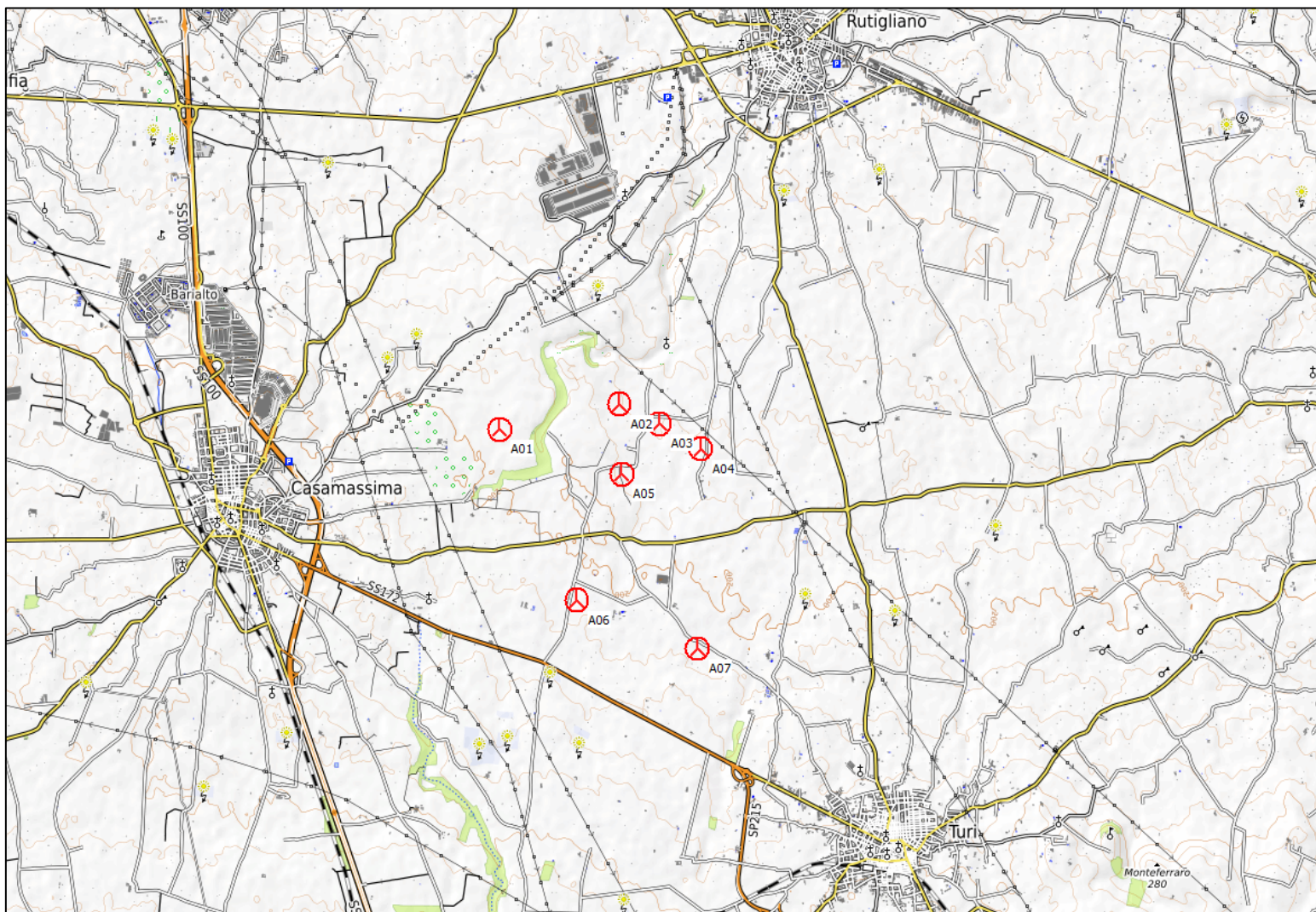


Figura 2: Individuazione geografica degli aerogeneratori di progetto su stralcio cartografico OpenStreetMap (icone in rosso).



Figura 3: Inquadramento territoriale su ortofoto planimetrica degli aerogeneratori di progetto (etichette in rosso).

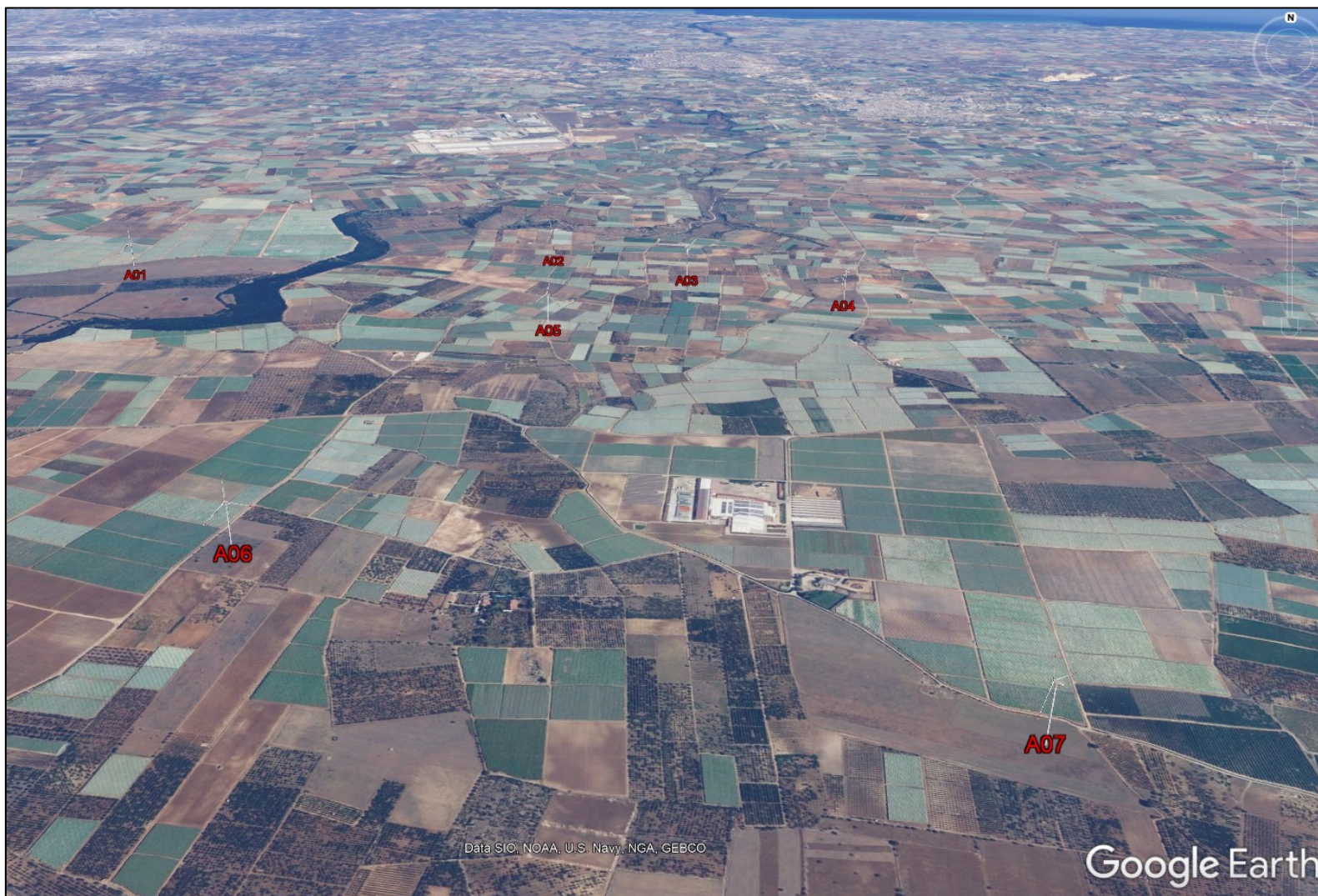



Figura 4: Individuazione degli aerogeneratori di progetto (etichette in rosso) su ortofoto 3D con vista da Sud verso Nord.

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 9 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

1.2. Individuazione e scelta dei recettori

Ai fini della previsione degli impatti indotti dall'impianto di progetto, sono stati individuati i "ricettori sensibili", facendo riferimento al **DPCM 14/11/97** e alla **Legge Quadro n.447/95**, che stabiliscono che la verifica dei limiti di immissione acustica va effettuata in corrispondenza degli ambienti abitativi, definiti come:

"ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.Lgs. 15 agosto 1991, n. 277 (2), salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive".

Per il sito in esame, sono state prese in considerazione e valutate tutte le strutture presenti nell'area limitrofa i punti di futura installazione della turbina di progetto. In particolare, per la scelta dei recettori da considerare per l'impatto dovuto alle vibrazioni derivante dall'installazione delle turbine della wind farm si faccia riferimento agli elaborati specifici "1478-PD_A_SIA06.IR01_TAV_r00/1478-PD_A_SIA07.IR02_TAV_r00 – "Planimetria cu C.T.R, ortofoto e catastale contenente l'individuazione dei fabbricati desunti da cartografie".

Pertanto, sono state individuate 13 strutture aventi caratteristiche di abitabilità, e sebbene a distanze ragguardevoli dalle sorgenti emissive, risultano essere le uniche strutture potenzialmente esposte alle emissioni acustiche e alle vibrazioni derivanti dal funzionamento dei macchinari e dei mezzi di movimentazione che operano durante la fase di cantiere.

A seguire saranno proposte la tabella di inquadramento dei recettori, la tabella con le distanze intercorrenti tra ciascuna turbina di progetto ed i recettori sensibili considerati e le immagini relative alle porzioni di territorio interessate rispettivamente dalle turbine di progetto e dai recettori individuati e considerati nel modello di stima previsionale.


 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	10 di 29

Tabella 2: Coordinate di inquadramento geografico dei recettori sensibili individuati

ID Recettore	UTM WGS 84 Long. Est [m]	UTM WGS 84 Lat. Nord [m]	Altitudine s.l.m. [m]
R01	664318	4536520	200
R02	664700	4535651	202
R03	667290	4534524	206
R04	665421	4534515	210
R05	668272	4533931	202
R06	668176	4535263	193
R07	667522	4532193	232
R08	668323	4533177	215
R09	666533	4534394	206
R10	666141	4535910	200
R11	667656	4535961	190
R12	667110	4534902	200
FR27	666992	4533306	220

Tabella 3: Matrice delle distanze intercorrenti tra le turbine di progetto e i recettori considerati con evidenza, in rosso, del valore minimo riscontrato.

COORDINATE E MATRICE DISTANZE WTG / RECETTORI [m]									
WTG		A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	
Recettore	Coordinate UTM WGS 84		665003	666539	667059	667601	666593	666047	667614
			4536745	4537109	4536866	4536558	4536209	4534574	4533988
R01	664318	4536520	721	2298	2763	3283	2296	2603	4156
R02	664700	4535651	1135	2347	2654	3039	1974	1725	3355
R03	667290	4534524	3188	2692	2353	2058	1823	1244	626
R04	665421	4534515	2269	2825	2865	2988	2060	629	2255
R05	668272	4533931	4313	3620	3176	2711	2830	2316	660
R06	668176	4535263	3502	2467	1954	1417	1844	2238	1393
R07	667522	4532193	5203	5013	4696	4366	4122	2801	1797
R08	668323	4533177	4874	4318	3900	3457	3491	2671	1077
R09	666533	4534394	2805	2715	2527	2413	1816	518	1155
R10	666141	4535910	1411	1263	1325	1597	542	1339	2422
R11	667656	4535961	2766	1602	1084	600	1092	2124	1973
R12	667110	4534902	2799	2280	1965	1727	1406	1112	1044
FR27	666992	4533306	3973	3830	3561	3309	2930	1581	923

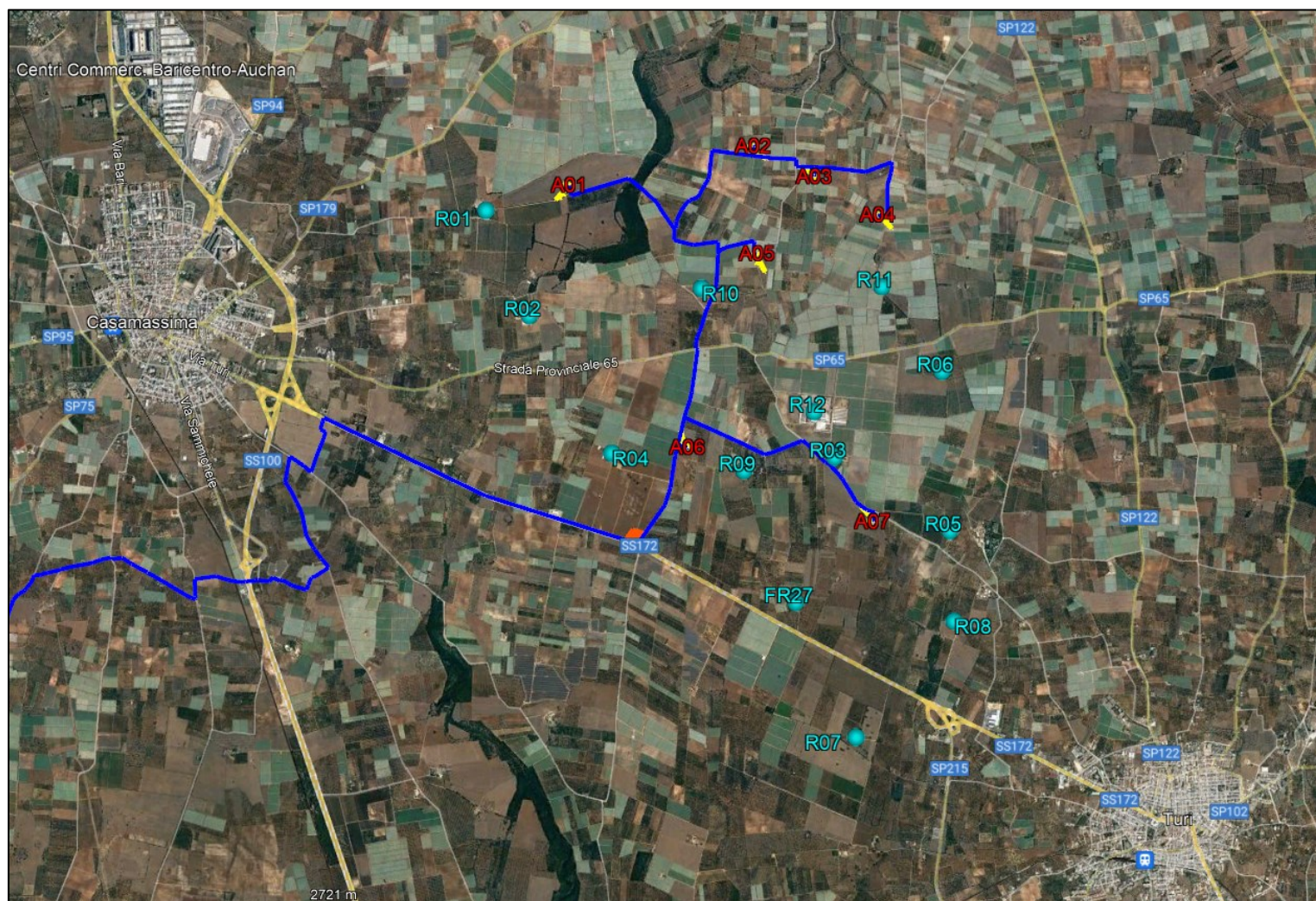



Figura 5: Inquadramento territoriale su ortofoto estratta da Google Earth degli aerogeneratori di progetto (etichette rosse), dei recettori individuati (etichette azzurre con sigle R1, R2,....,etc).

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	12 di 29

1.2.1. Recettori relativi alla realizzazione del cavidotto

Oltre ai recettori individuati in prossimità dell'impianto di progetto, sono stati individuati ulteriori recettori al fine di valutare l'impatto indotto dalle vibrazioni generate in fase di cantiere durante le attività di scavo e di posa in opera del cavidotto di connessione dell'impianto eolico alla stazione elettrica di trasformazione 30/150kV. Il tracciato del cavidotto di connessione, detto "cavidotto esterno", parte dall'aerogeneratore denominato A06 e si sviluppa per una lunghezza pari a poco meno di 10 km lungo la viabilità esistente fino a raggiungere la stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV. I recettori in questione sono stati individuati in un buffer di 100 m di distanza dal tracciato, per ulteriori informazioni riguardo la scelta dei recettori da considerare per l'impatto dovuto alle vibrazioni derivante dalle lavorazioni di posa in opera del cavidotto si faccia riferimento agli elaborati specifici "1478-PD_A_SIA06.IR01_TAV_r00/1478-PD_A_SIA07.IR02_TAV_r00 – Planimetria cu C.T.R, ortofoto e catastale contenente l'individuazione dei fabbricati desunti da cartografie".


A seguire una tabella di inquadramento degli ulteriori recettori individuati e le immagini rappresentanti le posizioni delle turbine di progetto, il percorso del cavidotto e la posizione degli ulteriori recettori individuati su ortofoto estratta da google earth.

Tabella 4: Coordinate di inquadramento geografico dei recettori sensibili individuati per la fase di cantiere relativa alle attività di realizzazione del cavidotto esterno.

ID Recettore	UTM WGS 84 Long. Est [m]	UTM WGS 84 Lat. Nord [m]	Altitudine s.l.m. [m]
R13	664144	4534292	217
R14	664137	4534342	216
R15-16	664018	4534293	218
R17	664024	4534330	217
R17b	663952	4534407	215
R18	663450	4534561	220
R19	663413	4534490	220
R20	663359	4534626	219
R21	663284	4534717	220
R22	663252	4534734	220
R23	662971	4534812	220
R24	662483	4533322	240
R25	662344	4533338	240



Figura 6: Inquadramento territoriale su ortofoto estratta da Google Earth degli ulteriori recettori individuati per la fase di cantiere relativa alle attività di realizzazione del cavidotto esterno (icone azzurre indicate con etichetta R17, R17b,....,etc).

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	14 di 29

2. CENNI TEORICI SULLE VIBRAZIONI

2.1. Definizioni e nozioni generali (fonte ISPRA)

Le vibrazioni sono oscillazioni meccaniche generate da onde di pressione che si trasmettono attraverso i corpi ovvero è definito vibrazione un fenomeno ondulatorio, generalmente a bassa frequenza, trasmesso attraverso un mezzo solido, liquido o gassoso. Una vibrazione è costituita da una fluttuazione rapida intorno ad una posizione di equilibrio; il movimento netto dell'elemento posto in vibrazione è quindi nullo.

L'oscillazione è il movimento che un punto mobile compie per ritornare alla posizione di partenza.

Il tempo che intercorre tra due passaggi nel punto di equilibrio (o punto di partenza) è detto periodo (o ciclo).

Il numero di periodi al secondo costituisce la frequenza di una vibrazione, espressa in Hertz (Hz).

In funzione degli effetti fisiopatologici sull'uomo le vibrazioni sono suddivise in tre principali bande di frequenza:

- 0-2 Hz: oscillazioni a bassa frequenza, generate dai mezzi di trasporto (terrestri aerei, marittimi)
- 2-20 Hz: oscillazioni a media frequenza, generate da macchine ed impianti industriali
- > 20-30 Hz: oscillazioni ad alta frequenza, generate da una gamma ampia di strumenti vibranti diffusi in ambito industriale.

Le vibrazioni sono caratterizzate inoltre da tre ulteriori parametri: l'ampiezza, la velocità e l'accelerazione dello spostamento.

Un'onda è una perturbazione di tipo elastico che si propaga da un punto ad un altro attraversando un materiale oppure sulla superficie dello stesso, anche se non è implicito il suo spostamento definitivo. Le onde si distinguono pertanto in onde di volume ed onde di superficie.

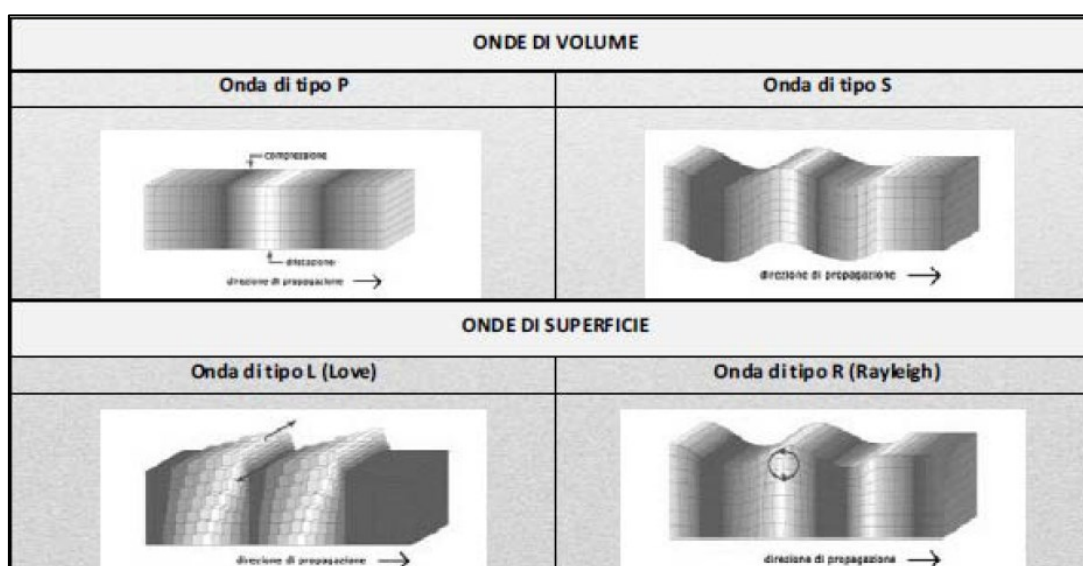



Figura 7: Differenti tipologie di Onde di Volume e Superficie

	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	15 di 29

Tra quelle esistenti, le più veloci sono le onde di compressione, mentre le onde di taglio e di superficie decadono più lentamente con la distanza.

La caratterizzazione della qualità dell'ambiente in relazione agli effetti delle vibrazioni deve consentire di individuare e stimare le modifiche e/o le interferenze introdotte dall'intervento proposto e valutarne la compatibilità con gli standard esistenti, in riferimento alla verifica sia del disturbo sull'uomo, sia del danno agli edifici per la salvaguardia del patrimonio architettonico/archeologico.

Quando viene imposto sul terreno un prefissato livello di vibrazione, questo si propaga nel mezzo, subendo una attenuazione dipendente da natura del terreno, frequenza del segnale, distanza tra sorgente e ricevitore.

Il modello di propagazione valido per tutti i tipi di onde si basa sulla seguente relazione matematica:

$$w_2(d, f) = w_1(d_0, f) \cdot \left(\frac{d}{d_0}\right)^n \cdot e^{-\alpha f(d-d_0)}$$

dove: α è il coefficiente di attenuazione del materiale, c la velocità di propagazione in m/s, f la frequenza in Hz, d la distanza in m e d_0 la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione.

Il modello semplificato di propagazione si riferisce ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, ipotizzato omogeneo ed isotropo.

In presenza di edifici con struttura complessa, collegati al terreno attraverso fondazioni, i livelli di vibrazione riscontrabili all'interno delle strutture possono presentare attenuazioni e/o amplificazioni secondo lo schema riportato nell'immagine seguente.

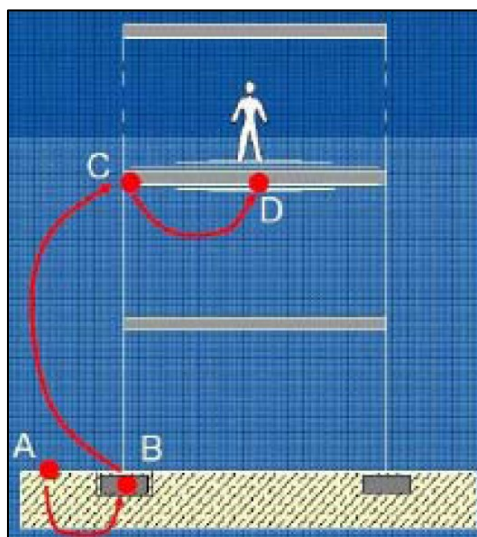


Figura 8: Schematizzazione semplificata della propagazione delle vibrazioni nel sistema terreno-edificio

Differenti tipologie di fondazioni forniscono diversi effetti di attenuazione o amplificazione del fenomeno vibratorio come evidenziato nelle immagini a seguire.

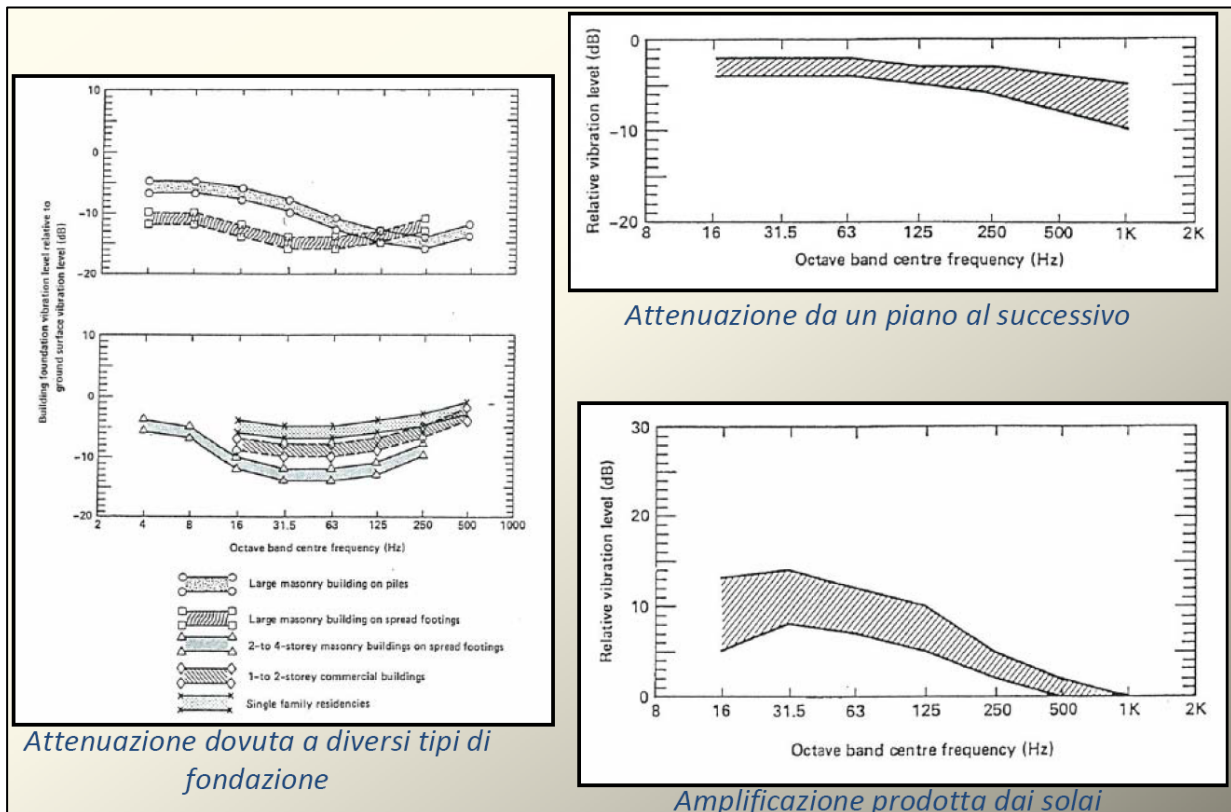


Figura 9: Esempi di Attenuazione/Amplificazione dei fenomeni vibratorii/oscillatori nei differenti elementi

2.2. Normativa di riferimento

Allo stato attuale non esiste una norma a livello nazionale che stabilisca valori limite per l'esposizione alle vibrazioni; tuttavia esistono alcune norme tecniche nazionali ed internazionali cui si può far riferimento e che possono fungere da indicatori. Tali norme sono distintamente orientate e relative a:


Esposizione Umana:

- ISO 2631-2: Valutazione dell'esposizione umana alla vibrazione del corpo intero – Vibrazione negli edifici.
- UNI 9614: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo
- UNI 11048: Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo

Danni ad edifici:

- ISO 9916: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici

Le aree di cantiere per la realizzazione di impianti eolici, e le tematiche ad esse relative oggetto di tale relazione, interessano solitamente suoli e zone a carattere quasi esclusivamente di tipo rurale localizzate e pertanto in luoghi ove la presenza di strutture ed edifici è solitamente scarsa, poco concentrata e costituita per lo più da fabbricati per il ricovero di mezzi agricoli o, in casi meno frequenti, da strutture abitative di altezza comunque contenuta (max 2-3 piani) e le cui distanze, anche nell'ottica

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 17 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

del rispetto dei requisiti di impatto acustico per la realizzazione delle turbine, risulta quasi sempre non inferiore i 200-300 m in linea d'aria.

In questo, risulta chiaramente evidente come la tematica legata ai potenziali danni agli edifici sia intrinsecamente esclusa, e quanto poco probabile e/o rilevante possano essere invece le ripercussioni in termini di esposizione umana essendo le aree di cantiere, di tipo temporaneo, dislocate in ambiente aperto ove la propagazione di rumore e vibrazioni è di tipo sferico (quindi proiettata lungo tutte le direzioni e non in modo esclusivo e diretto nei confronti di una o più zone edificate) e dove **non** sono valutati e considerati tutti gli elementi di tipo naturale e/o artificiale, la cui presenza esercita un effetto barriera alla propagazione delle onde.

2.3. Caso studio e parametri di trasmissione delle vibrazioni

Le vibrazioni possono essere valutate in tre diverse modalità:

- in termini di spostamento (variazione della posizione di un corpo o di una particella, che è di solito misurata a partire dalla media delle posizioni assunte dal corpo o dalla particella stessa oppure dalla posizione di quiete);
- in termini di velocità (variazione dello spostamento rispetto al punto di riferimento, in un determinato intervallo di tempo):

Si utilizza o il valore di picco (PPV peak particle velocity) definito come il picco massimo istantaneo positivo o negativo del segnale di vibrazione: tale grandezza è utile per valutare i danni potenziali agli edifici ma non è adeguata per valutare la risposta umana.

La grandezza collegata alla risposta umana alle vibrazioni è il valore efficace della velocità (RMS), definito come la radice quadrata della media della velocità istantanea al quadrato.

Infine si utilizza, come per le grandezze acustiche, il livello associato al valore efficace della velocità L_V , che si misura in dB ed è definito a seguire attraverso l'equazione:

$$L_V = 20 \log \left(\frac{v}{v_0} \right)$$


dove v è il valore efficace della velocità istantanea e v_0 è il valore di riferimento ($v_0 = 10^{-9}$ m/sec)
In termini di accelerazione: le grandezze impiegate sono le corrispondenti a quelle descritte per la velocità.

In particolare il livello dell'accelerazione L_A (espresso in dB) è definito come:

$$L_A = 20 \log \left(\frac{a}{a_0} \right)$$

dove a è il valore efficace dell'accelerazione istantanea e a_0 è il valore di riferimento ($a_0 = 10^{-6}$ m/sec²)

I parametri fisici che influenzano le vibrazioni via terra si possono dividere in tre categorie:

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 18 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

1) Fattori legati a tipologie di sorgenti e modalità operative (Fase di Cantiere)

2) Fattori Geologici

3) Fattori Strutturali e caratteristiche dei recettori (Edifici-Strutture e Fabbricati)

1. Sorgenti e modalità operative:

In questa categoria sono inclusi tutti i parametri collegati ai mezzi di escavazione e sbancamento del materiale. Le attività connesse alla fase di escavazione generano livelli vibratorii di vari gradi in relazione ai macchinari e ai mezzi impiegati. Le attività che tipicamente generano livelli di vibrazioni pericolosi sono associate all'uso di esplosivi e attrezzature d'impatto (battipalo) che, però questo nello specifico caso dell'eolico, non sono impiegati.

2. Fattori Geologici:

Le condizioni e la tipologia del suolo e del substrato influenzano fortemente i livelli vibratorii, in particolare assumono particolare rilievo la rigidità, lo smorzamento interno del terreno e la profondità del substrato roccioso. Fattori quali la stratificazione del terreno e profondità delle falde acquifere possono avere effetti significativi sulla propagazione delle vibrazioni via terra.

3. Fattori Strutturali e caratteristiche dei recettori (Edifici-Strutture e Fabbricati):


I problemi legati alla vibrazione via terra si hanno quasi esclusivamente all'interno degli edifici. Quindi le caratteristiche dei recettori costituiscono una componente fondamentale nella valutazione delle vibrazioni. Le vibrazioni indotte da mezzi di escavazione possono essere percepite da persone che si trovano all'esterno, ma è raro che provochino lamentele. I livelli di vibrazione dentro un edificio dipendono dall'energia vibratoria che raggiunge le fondazioni, dall'accoppiamento tra le fondazioni ed il terreno e dalla propagazione della vibrazione attraverso la struttura dell'edificio. Come regola generale si può affermare che più è massivo l'edificio, minore è la sua risposta all'energia vibratoria incidente sul terreno. Le sorgenti di vibrazioni, provocano effetti che si propagano attraverso il terreno e diminuiscono di intensità con la distanza.

Gli edifici subiscono effetti che si possono classificare in una scala da non percepibili (livelli di vibrazione bassi), a suoni a bassa frequenza e vibrazioni percepibili (livelli di vibrazione medi) fino a livelli tali da provocare danni alle strutture.

2.4. Modello previsionale

Tutte le fonti bibliografiche ai fini delle elaborazioni dei modelli previsionali indicano l'utilizzo di modelli semplificati globali in luogo alle stime afferenti all'utilizzo degli elementi finiti. Pertanto anche in tale elaborato la valutazione previsionale viene elaborata attraverso l'utilizzo di un modello di propagazione classico la cui procedura per la stima delle vibrazioni indotte viene riportata a seguire:

1. si determinano le apparecchiature impiegate e i relativi livelli di vibrazione forniti, generalmente, a una distanza di riferimento; nel caso in oggetto è stato considerato il valore relativo all'utilizzo della ruspa cingolata [rif. A. Farina "Valutazione dei livelli di vibrazioni in edifici residenziali,

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 19 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

Normativa, tecniche di misura e di calcolo”, neo- Eubios n. 16 (2006)] misurato a distanza di 5 m dal centro della sorgente

- si applica il modello di propagazione classico per la stima del livello di accelerazione prevista descritto dalla seguente equazione (Dong-Soo, Jin-Sun Lee):

$$w_2 = w_1 \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^n e^{-\alpha(r_2-r_1)}$$

dove, w_1 e w_2 rappresentano le ampiezze delle vibrazioni rispettivamente alla distanza r_1 e r_2 dalla sorgente; n è il coefficiente di smorzamento geometrico; α è il coefficiente di smorzamento del materiale.

Il coefficiente di smorzamento geometrico rappresenta l’attenuazione che si verifica a causa della diminuzione della densità di energia all’aumentare della distanza dalla sorgente e può essere determinato conoscendo il tipo onda che si propaga, il tipo di sorgente e il luogo di emissione della vibrazione, che generalmente varia tra 0,5 e 2,0. Il coefficiente di smorzamento del materiale tiene conto della riduzione di energia delle vibrazioni a causa dell’attrito e della coesione tra le particelle di terreno, essendo quest’ultimo non perfettamente elastico. Questa attenuazione, dovuta allo smorzamento del materiale, è influenzata dal tipo di terreno e dalla frequenza delle vibrazioni: α può essere calcolato come:

$$\alpha = \frac{\pi \eta f}{c}$$

dove:

η rappresenta il fattore di perdita del terreno,

c rappresenta la velocità di propagazione dell’onda [m/s].

Ne consegue pertanto che per substrati meno duri (più soffici, con minore presenza di componente rocciosa), il valore di attenuazione del mezzo di propagazione risulta più elevato del corrispondente valore per i substrati duri (rocciosi). Tanto più sarà compatta la roccia del substrato, tanto meno sarà attenuato il fenomeno di propagazione. Inoltre, l’attenuazione della propagazione risulta essere maggiore per le vibrazioni ad alte frequenze rispetto alle vibrazioni a basse frequenze. Risulta quindi che la maggiore propagazione delle vibrazioni si ottiene in presenza di substrati rigidi con trasmissioni a basse frequenze.

La tabella proposta a seguire evidenzia e sintetizza esempi di valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali in relazione ai differenti substrati litologici che si possono incontrare.


 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	20 di 29

Tabella 5: Velocità di propagazione delle onde longitudinali, fattore di perdita e massa volumica per le differenti tipologie di substrato litologico

Tipologia di substrato	Velocità di propagazione onda longitudinale [m/s]	Fattore di perdita [η]	Massa volumica [kg/m ³]
Roccioso	3500	0,01	2650
Sabbioso	600	0,1	1600
Argilloso	1500	0,5	1700

- Il valore dell'accelerazione determinato al punto 2 permette di calcolare il livello ponderato di accelerazione da confrontare con i criteri di valutazione del disturbo o del danno degli edifici in base alla loro destinazione d'uso.

2.5. Rischio del danno a strutture ed edifici

Esplosioni, utilizzo ed operazioni effettuate da macchine battipalo, demolizioni, perforazioni, scavi in prossimità di strutture particolarmente sensibili rappresentano le principali attività che solitamente si valutano quando si parla di rischio per strutture derivanti da vibrazioni. I livelli di impulso e di vibrazione di grande ampiezza devono essere valutati con riferimento ai loro potenziali effetti sui fabbricati e sulle strutture. La definizione di un limite di sicurezza per la velocità di vibrazione non è univoca: una rassegna completa dei valori di riferimento per la valutazione degli effetti delle vibrazioni, proprio in termini di velocità di picco puntuale (PPV) è riportata nella normativa di riferimento UNI 9916. Il criterio adottato in questa sede pone i seguenti limiti:

- 5 mm/s per edifici residenziali (vibrazioni durature);
- 2.5 mm/s per edifici storici estremamente fragili (vibrazioni durature);

Tali valori rappresentano i limiti più cautelativi noti in letteratura

Essi sono generalmente più elevati di quelli derivanti dal non disturbo alle persone. Solo in presenza di un fattore di cresta molto elevato, maggiore di 18 dB, potrebbe infatti verificarsi il caso di superamento del limite di danno strutturale senza che si verifichi il superamento del limite di disturbo alle persone.


Si definisce pertanto "fattore di cresta" la differenza fra il valore massimo di picco di una forma d'onda e il suo valore efficace.

Per una forma d'onda sinusoidale, il fattore di cresta risulta essere pari a 3 dB, per un segnale con più componenti e con forma d'onda molto "aspra", il fattore di cresta può facilmente essere superiore ai 10 dB, ed in alcuni casi (eventi impulsivi quali martellate, esplosioni, etc.) può anche superare i 20 dB.

La circostanza in oggetto risulta però altamente improbabile tanto che è possibile assumere che il rispetto dei limiti di non-disturbo alle persone, fornisce sufficienti garanzie (e quindi necessariamente implica) di non avere effetti dannosi per le strutture edilizie.

2.6. Rischio Esposizione Umana – Rischio Disturbo

Nelle strutture classificate come recettori, ed in generale in tutti i corpi di fabbrica o edifici il disturbo può

	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	21 di 29

essere percepito sia come vibrazione meccanica degli elementi edilizi (groundborne vibration), sia come rumore irradiato nei locali dagli orizzontamenti, dalle pareti e dagli infissi (groundborne noise). Tali disturbi, in virtù dei differenti meccanismi dissipativi citati, diminuiscono con la distanza dalla sorgente in modo rapido. Come anticipato, l'entità dell'effetto disturbante legato alla vibrazione dipende da molti altri fattori oltre la distanza dalla sorgente. Tali fattori sono legati alle attenuazioni o amplificazioni nella struttura degli edifici, dovuti principalmente alla tipologia dei sistemi di fondazione.

La UNI 9614, norma di riferimento relativamente alla soglia di percezione delle vibrazioni individua il valore di riferimento pari a: $a_{soglia,z} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ corrispondenti a 74 dB (per $a_0 = 10^{-6} \text{ m/sec}^2$) per l'asse z e $a_{soglia, x/y} = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ corrispondenti a 71 dB (per $a_0 = 10^{-6} \text{ m/sec}^2$) per gli assi x e y.

Nella tabella a seguire viene sintetizzata ed evidenziata la soglia dei valori limite utili ad evitare il disturbo in relazione alle destinazioni d'uso delle aree/strutture oggetto di analisi.

Devono essere infine assegnata una classificazione di sensibilità dei recettori adiacenti alle sorgenti. Le classi di sensibilità devono essere definite sulla base della destinazione d'uso dell'immobile, in conformità con la Norma UNI 9614, prescindendo da considerazioni delle caratteristiche dei singoli fabbricati quali, ad esempio, lo stato di conservazione e la tipologia costruttiva dell'immobile. Nella tabella a seguire sono evidenziate le classi di sensibilità:

Tabella 6: Valutazione del disturbo UNI 9614 - Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza


VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE PONDERATE IN FREQUENZA VALIDI PER GLI ASSI x E y			VALORI E LIVELLI LIMITE DELLE ACCELERAZIONI COMPLESSIVE PONDERATE IN FREQUENZA VALIDI PER L'ASSE z		
Destinazione d'uso	Accelerazione		Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s ²	dB		m/s ²	dB
Aree critiche	$3,6 \cdot 10^{-3}$	71	Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni notte	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74	Abitazioni notte	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77
Abitazioni giorno	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77	Abitazioni giorno	$10,0 \cdot 10^{-3}$	80
Uffici	$14,4 \cdot 10^{-3}$	83	Uffici	$20,0 \cdot 10^{-3}$	86
Fabbriche	$28,8 \cdot 10^{-3}$	89	Fabbriche	$40,0 \cdot 10^{-3}$	92

Le aree critiche corrispondono alle aree archeologiche di importanza storico-monumentale, infrastrutture sanitarie, fabbricati scolastici di qualsiasi genere. Rientrano in tali classi aree anche le attività industriali che impiegano macchinari di precisione.

Per Fabbriche e affini devono essere inoltre applicati i valori limite sanciti nel D.Lgs 81/2008 per l'esposizione dei lavoratori a vibrazioni meccaniche

2.7. Vibrazione ed aree di cantiere per la realizzazione di impianti eolici

Premesso che le aree di cantiere per l'installazione di un impianto eolico sono solitamente dislocate in zone adibite a carattere agricolo e rurale e che pertanto l'area è già interessata dal transito periodico dei mezzi pensanti ed agricoli per il raggiungimento e la lavorazione dei suoli coltivati in aree limitrofe, al fine di minimizzare le potenziali fonti di rumore e vibrazione, con conseguente potenziale temporanea sensazione di fastidio o disturbo indotto, potranno essere previsti alcuni accorgimenti operativi a carattere preventivo come ad esempio:

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 22 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

- L'impiego di mezzi gommati al fine di contenere il rumore di fondo nell'area durante il passaggio su strada (solitamente di tipo imbrecciato o sterrato);
- Utilizzo di macchine operatrici a norma
- Prevedere un piano di monitoraggio

Per quanto concerne il piano di monitoraggio in fase di realizzazione dell'impianto, è possibile ipotizzare delle campagne fonometriche in virtù delle differenti fasi di cantiere ed in considerazione dello spostamento lungo linee orizzontali dei macchinari impiegati durante le differenti e successive fasi lavorative.

In tale ottica si potrebbe pertanto prevedere una campagna fonometrica di monitoraggio in concomitanza ad esempio all'impiego di nuovi differenti macchinari oppure quando è previsto uno spostamento significativo del fronte di lavorazione.

Per tali circostanze le indagini fonometriche programmate potranno essere indirizzate presso gli stessi recettori individuati in fase di studio previsionale per la valutazione del clima acustico ante operam e stima dell'impatto acustico post operam in condizioni di normale esercizio e durante i periodi maggiormente critici (come ad esempio in particolari sfavorevoli condizioni di bassa ventosità e direzione del vento prevalente lungo la direttrice verso la struttura in esame).

2.8. Vibrazioni di impianti eolici in fase di esercizio


Le fonti di rumore e vibrazione emesse da una turbina eolica sono essenzialmente di natura aerodinamica, (causate dall'interazione tra il vento e le pale), meccanica (generate dagli attriti meccanici dei componenti del rotore e del sistema di trasmissione del generatore) e cinetica (generate dalle oscillazioni e dal passaggio e cambiamento di stato da stazionario a combinato. Le oscillazioni sono causate dal vento che insiste sul piano del rotore degli aerogeneratori generando momenti forzanti opportunamente controllati dalle strutture di fondazione, nonché dall'interazione aerodinamica e meccanica delle pale con la torre.

Diversi studi della BWEA (British Wind Energy Association) hanno mostrato che a distanza di poche decine di metri il rumore risultante dalle esigue vibrazioni prodotte dalle turbine eoliche risulta sostanzialmente poco distinguibile rispetto al rumore residuo.

In particolare per i fenomeni vibratorii è possibile analizzare come questi si trasmettono nel terreno circostante le fondazioni di sostegno delle torri degli aerogeneratori.

Le vibrazioni perdono energia durante la propagazione nel terreno e la loro ampiezza diminuisce con l'aumentare della distanza dalla sorgente.

Le vibrazioni vengono trasmesse attraverso la struttura metallica della torre, le fondazioni, il terreno e alle caratteristiche strutturali del recettore.

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 23 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

3. STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI ESERCIZIO

Al fine di valutare in termini **quantitativi** la distanza alla quale l'entità delle vibrazioni generate dal funzionamento a regime del parco eolico possa ritenersi tale da non arrecare disturbo alle attività circostanti, alla popolazione umana ed ai recettori in generale, applichiamo il modello di calcolo appena esposto, utilizzando come dato di input i valori di vibrazione riferiti ad impianti simili ed associando gli stessi alla condizione in oggetto, non essendo gli stessi attualmente ancora disponibili per il modello di aerogeneratore di futura installazione. Nell'applicazione del modello previsionale al fine di valutare il potenziale possibile disturbo in termini **quantitativi**, sono stati ipotizzati i seguenti parametri come di seguito esplicitati:

In funzione della tipologia di substrato litologico si assumono i seguenti valori:

- $\eta = 0.1$ (fattore di perdita del substrato nell'ipotesi peggiore possibile nell'ottica della valutazione a maggior carattere cautelativo nei confronti dei recettori);
- c (velocità di propagazione dell'onda di Rayleigh VR) = 2500 m/s (valore coerente con i dati geotecnici riportati nell'elaborato specialistico)

Livelli di riferimento per la sorgente in esercizio: sono stati considerati valori di accelerazione misurati presso strutture analoghe.

Potenziali fenomeni di attenuazione o amplificazione relativi alla tipologia di fondazioni cui sono dotati i recettori **non** sono stati tenuti in conto.

In particolare i valori r.m.s di accelerazione (non ponderati in frequenza) in corrispondenza della torre di sostegno lungo i tre assi (x, y, z), presi come riferimento per il calcolo in base a valori reali misurati su strutture analoghe sono:

$$w_1(x) = 0,02238 \frac{m}{s^2} \quad w_1(y) = 0,01333 \frac{m}{s^2} \quad w_1(z) = 0,02722 \frac{m}{s^2}$$

I valori dei coefficienti presenti nell'espressione sopra proposta, sono stati ricavati da dati misurati disponibili per strutture analoghe facendo riferimento alle condizioni di funzionamento più gravose compatibili con le caratteristiche delle sorgenti ed al fine di avere una valutazione cautelativa dell'entità delle vibrazioni trasmesse.

Nel dettaglio, al fine di eseguire il calcolo del potenziale possibile disturbo, sono stati assunti i parametri di input come esplicitati nella tabella seguente.


 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	24 di 29

Tabella 7: Valori di input per il calcolo quantitativo delle vibrazioni indotte da un aerogeneratore in esercizio.


	Valore asse x	Valore asse y	Valore asse z
Vibrazione alla sorgente [dB]	87	82,5	88,7
Accelerazione alla sorgente [mm/s ²]	22,38	13,33	27,22
Distanza dalla sorgente [m]	1	1	1
Coefficiente di attenuazione geometrica	0,5	0,5	0,5
Tipologia di terreno	Litologia a prevalente componente calcarea-argillosa		
Fattore di perdita del terreno	0,1	0,1	0,1
Velocità di propagazione nel terreno [m/s]	2500	2500	2500
Densità del terreno [kg/mc]	1600	1600	1600
Velocità di rotazione di riferimento [rpm]	12	12	12
Frequenza onda di vibrazione di riferimento per il calcolo [Hz]	0,600	0,600	0,600
Pulsazione d'onda ω [rad/s]	3,768	3,768	3,768

Di seguito i risultati ottenuti in termini di distanza minima di rispetto dei valori soglia della norma UNI 9614. Poiché il fenomeno riguarda l'esercizio di macchine la cui vita utile è ultraventennale con funzionamento anche notturno, si riporta anche la distanza minima del valore raccomandato per le aree critiche, che può essere preso a riferimento per aree particolarmente delicate sotto l'aspetto della stabilità territoriale.

Tabella 8: risultati in termini di distanza di rispetto dei limiti UNI 9614

	Valore rif. asse x 77 dB	Valore rif. asse y 77 dB	Valore rif. asse z 80 dB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Abitazioni giorno) [m]	10,0	3,5	7,4
	Valore rif. asse x 74 dB	Valore rif. asse y 74 dB	Valore rif. asse z 77 dB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Abitazioni notte) [m]	19,8	7,1	14,7
	Valore rif. asse x 71 dB	Valore rif. asse y 71 dB	Valore rif. asse z 74 dB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Aree critiche) [m]	39,3	14,1	29,3

Poiché gli aerogeneratori di progetto sono distanti tra loro oltre 500 m, ed il primo recettore sensibile risulta dislocato a una distanza di 518 m si può senz'altro affermare che l'impatto causato dalle vibrazioni prodotto dal parco eolico in oggetto sia assolutamente trascurabile e che nessun recettore riceve un fenomeno vibrazionale tale da ingenerare disturbo. Ciò risulta valido anche considerando l'effetto cumulato di tutti gli aerogeneratori.

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	25 di 29

Di seguito si riporta, a titolo esemplificativo, l'andamento del decadimento delle vibrazioni calcolate per l'asse x con evidenza della distanza di rispetto del valore raccomandato per le abitazioni nel periodo diurno:

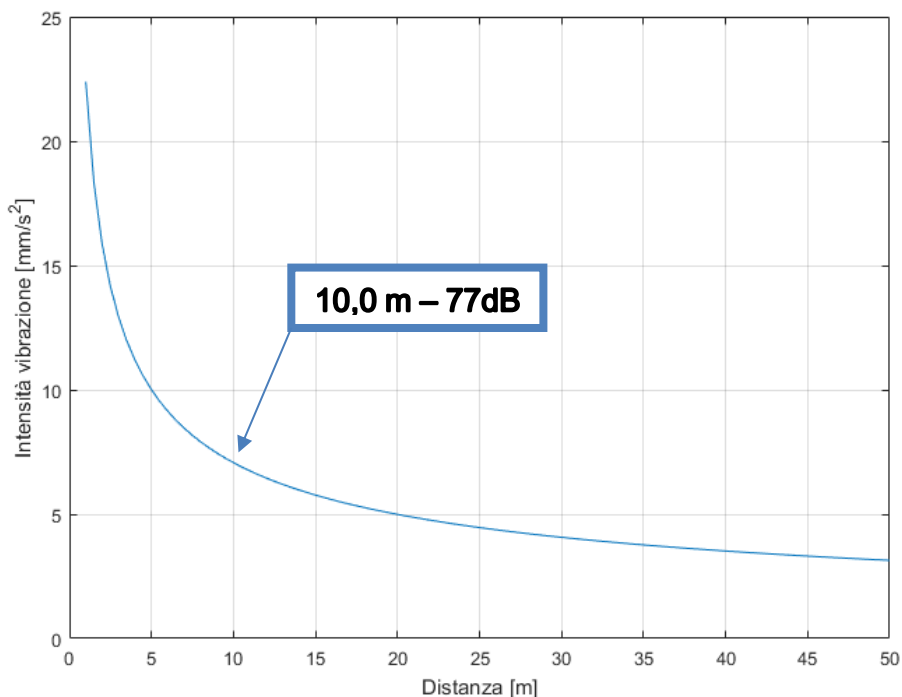



Figura 10: Andamento del decadimento dell'intensità delle vibrazioni lungo l'asse x rispetto alla distanza dalla sorgente con evidenza della distanza di rispetto del valore raccomandato per le abitazioni nel periodo diurno.

I valori soglia raccomandati per le abitazioni nel periodo notturno sono rispettati ad una distanza inferiore ai 20 m.

Ad una distanza di circa 40 m dagli aerogeneratori risultano rispettati anche i valori raccomandati per le aree critiche.

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00
		Data creazione	19/11/2021
		Data ultima modif.	19/11/2021
		Revisione	00
		Pagina	26 di 29

4. STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE

Per quanto concerne le fasi di cantiere per la costruzione delle opere elettriche descritte, non è in generale previsto l'impiego di esplosivi durante i lavori di demolizione o scavo, e pertanto risulta assolutamente improbabile che vi possano essere danni alle strutture ed edifici nel corso delle escavazioni, anche per quei recettori posti a distanze relativamente più vicine.

Nell'applicazione del modello previsionale al fine di valutare il potenziale possibile disturbo, sono stati ipotizzati i seguenti parametri come di seguito esplicitati:

- In funzione della tipologia di substrato litologico si assumono i seguenti valori:
 - $\eta = 0.1$ (fattore di perdita del substrato nell'ipotesi peggiore possibile nell'ottica della valutazione a maggior carattere cautelativo nei confronti dei recettori);
 - c (velocità di propagazione dell'onda di Rayleigh VR) = 119.6 m/s (valore coerente con i dati di letteratura per macro categorie di sottosuolo come evidenziato nella tabella a seguire)

Tabella 9: Valori tipici di velocità di propagazione delle onde per differenti tipologie di sottosuolo

Sottosuolo di tipo A	roccia o altra formazione geologica caratterizzata da una velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s pari almeno a 800 m/s, includendo al massimo uno strato superficiale di materiale a più debole consistenza di 5 m.
Sottosuolo di tipo B	depositi profondi di sabbie mediamente addensate, ghiaia e argille mediamente rigide con spessori che vanno dalle diverse decine di metri alle molte centinaia, caratterizzati da valori minimi della V_s che vanno da 200 m/s ad una profondità di 10 m, fino a 350 m/s a 50 m.
Sottosuolo di tipo C	depositi privi di coesione con o senza qualche morbido strato coesivo, caratterizzati da valori di V_s sotto ai 200 m/s nei primi 20 m e depositi di terreni coesivi caratterizzati da rigidità basse/medie e con valori di V_s sotto ai 200 m/s nei primi 20 m.

Classi di suolo ($V_r=0.92 V_s$)

- Livelli di riferimento per il mezzo meccanico impiegato in cantiere:
L'immagine a seguire riporta lo spettro emissivo ed il calcolo del livello di accelerazione ponderata in frequenza a diverse distanze dalla sorgente emissiva ipotizzata (escavatore cingolato con spettro misurato a 10 m di distanza) per il tipo di substrato ipotizzato (in ottica altamente cautelativa per i recettori) per un'area di intervento "tipo".
- Livelli di riferimento – valore soglia limite di disturbo:
Il valore soglia di livello ponderato di accelerazione è stato considerato essere pari a 77 VdB .
Ciò in virtù del fatto che le attività di cantiere (e quindi anche di escavazione) sono concentrate esclusivamente nel periodo di riferimento diurno e che pertanto il potenziale disturbo non può essere associato al periodo di riferimento notturno e quindi non può incidere nelle ore dedicate al riposo e al sonno.

4. Attenuazioni o Amplificazioni nella struttura degli edifici:

Potenziali fenomeni di attenuazione o amplificazione relativi alle tipologia di fondazioni cui sono dotati i recettori non sono stati tenuti in conto.

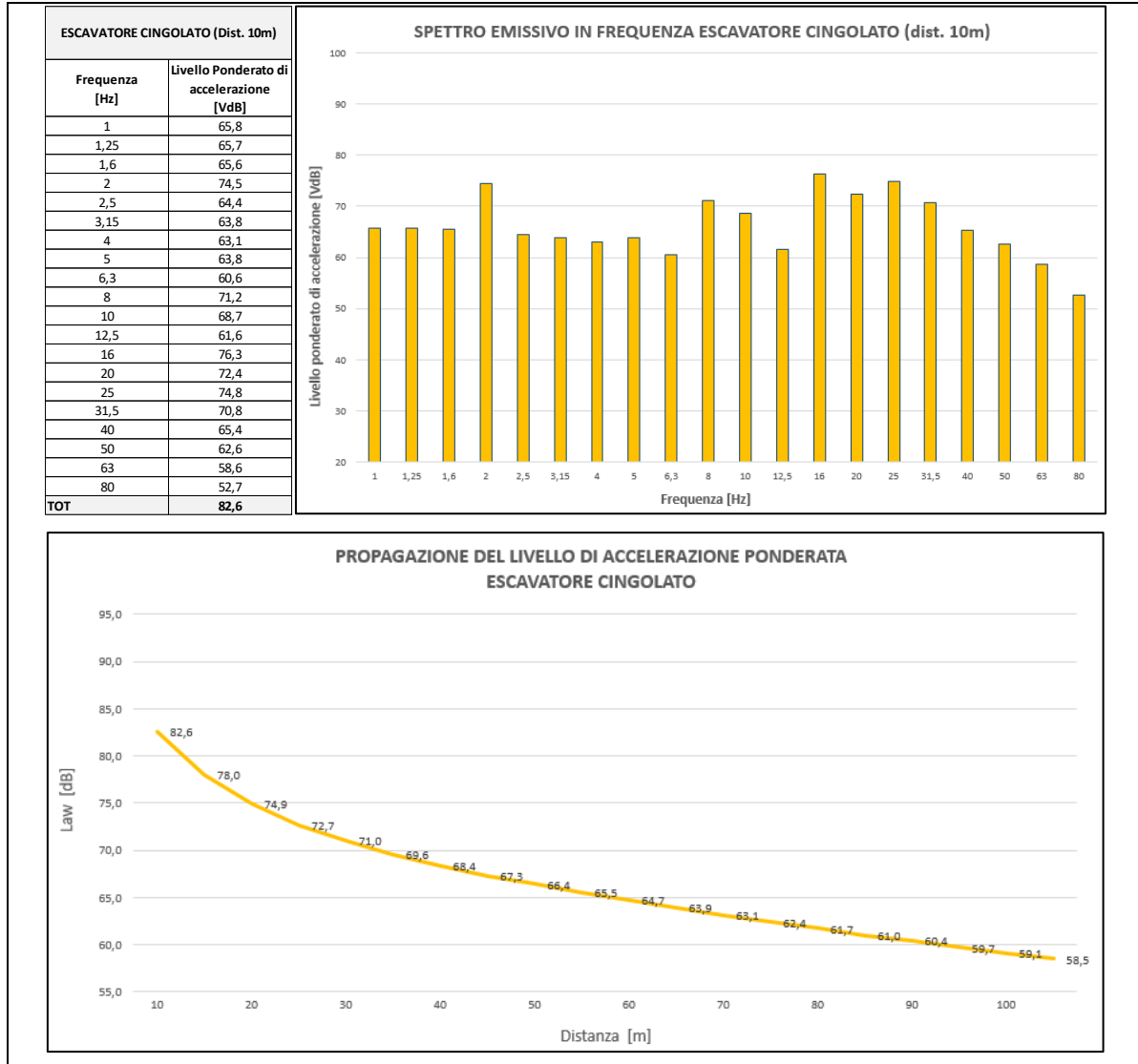



Figura 11: Spettro emissivo in frequenza e andamento grafico della propagazione in funzione della distanza del livello di accelerazione ponderata delle sollecitazioni prodotte da un escavatore cingolato in fase di cantiere.

L'immagine appena proposta evidenzia che già a distanze leggermente superiori i 15 metri dalla sorgente considerata ($d < 20$ m), i valori di accelerazione ponderata in frequenza totale (ottenuta sommando i contributi per tutte le bande di terzo di ottava) scendono al di sotto della soglia di disturbo (fissata a 77 VdB) pur considerando le caratteristiche più cautelative possibili per quanto concerne il substrato litologico e la relativa propagazione delle sollecitazioni nel mezzo.

Le stesse considerazioni sono valide anche per le attività relative alla messa in opera del caviodotto esterno di collegamento alla stazione elettrica di trasformazione, per le quali, sebbene i recettori si

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 28 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

trovino a distanze piuttosto ravvicinate al tracciato stradale, si ha che le lavorazioni in estrema prossimità degli edifici sono limitate a periodi di tempo molto ristretti, della durata massima di qualche giorno, in quanto in avanzamento lungo il percorso di progetto.


5. CONCLUSIONI

Per un impianto eolico in fase di esercizio si può concludere che, per quanto attiene al rumore o vibrazioni di natura aerodinamica, meccanica o cinetica generati dalle macchine, l'apporto in termini di effetti o sensazioni di vibrazione nei confronti di specifici recettori e/o strutture e fabbricati di qualsiasi tipologia, durante l'attività produttiva si attesta su livelli inferiori la soglia di percezione umana e pertanto il loro contributo può essere considerato trascurabile e/o nullo.

La componente "vibrazioni" è stata valutata in termini quantitativi con la metodologia di stima descritta attraverso la verifica del "criterio del danno strutturale" e del "criterio del disturbo".

Il dato previsionale ottenuto in base alle assunzioni sopracitate evidenzia che ad una distanza di circa 20 m delle sorgenti in fase di esercizio, le vibrazioni trasmesse sono già al di sotto dei valori da rispettare per le abitazioni nel periodo notturno e diurno (UNI 9614).

Allo stesso modo il dato previsionale ottenuto per la fase di cantiere conferma che l'impatto causato dalle vibrazioni durante la realizzazione del parco eolico in oggetto sia assolutamente trascurabile e che nessun recettore riceve un fenomeno vibrazionale tale da ingenerare disturbo. Le stesse conclusioni valgono per la fase di realizzazione del cavidotto esterno per la quale lievi disturbi possono verificarsi per i recettori posti più in prossimità del tracciato stradale, sebbene è da evidenziare che questi sono concentrati in periodi di tempo estremamente ridotti.

 TENPROJECT	STUDIO DI IMPATTO DELLE VIBRAZIONI	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	1478-PD_A_SIA07.IA.03_REL_r00 19/11/2021 19/11/2021 00 29 di 29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

Bibliografia

- 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", 1990.
- UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", 2014.
- Anderson, J.S.; Solving problems in vibrations; London, Longman Scientific & Technical, 1987
- Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations Soil Dynamics and Earthquake Engineering 19, 2000
- Di Colin H. Hansen, Con J. Doolan, Kristy L. Hansen; Wind Farm Noise: Measurement, Assessment, and Control.
- Styles P, England R, Stimpson I, Toon S, Bowers D and Hayes M 2005a A detailed study of the propagation and modelling of the effects of low frequency seismic vibration and infrasound from wind turbines. First International Meeting on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control, Berlin, Germany
- Richart Jr. FE, Hall Jr. JR, Woods RD. Vibrations of soils and foundations. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1970