

MAGGIO 2024

MUSA EOLICA S.R.L.

IMPIANTO EOLICO "MUSA" DA 244,8 MW

LOCALITÀ CERRO – SAN VITO

**COMUNI DI BONEFRO, CASACALENDA,
MONACILIONI, RIPABOTTONI, SANT'ELIA A PIANISI
(CB)**

ELABORATI TECNICI DI PROGETTO

ELABORATO R25

STUDIO PRELIMINARE DI IMPATTO VIBRAZIONI

Montana

Progettista

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n.1726

Coordinamento

Eleonora Lamanna

Matteo Lana

Lorenzo Griso

Francesca Casero

Riccardo Coronati

Codice elaborato

2908_5111_MUSA_PFTE_R25_Rev0_VIBRAZIONI.docx

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2908_5111_MUSA_PFTE_R25_Rev0_VI BRAZIONI.docx	05/2024	Prima emissione	<i>Gdl</i>	<i>EL</i>	<i>CP</i>

Visto

Il Direttore Tecnico
Alberto Angeloni

Gruppo di lavoro per l'elaborato

Nome e cognome	Ruolo/Temi trattati	Ordine professionale
Federico Miscali	Ingegnere per l'Ambiente ed il Territorio - Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 5061 ENTECA n. 4017
Michele Barca	Ingegnere energetico - Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 8454 ENTECA n. 4180

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90
Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €
www.montanambiente.com



INDICE

1.	PREMESSA	4
1.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO	5
2.	RICHIESTA DI INTEGRAZIONI	7
3.	IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DEI RICETTORI	8
4.	CENNI TEORICI SULLE VIBRAZIONI	13
4.1	DEFINIZIONI E NOZIONI GENERALI (FONTE ISPRA)	13
4.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	14
4.3	CASO STUDIO E PARAMETRI DI TRASMISSIONE DELLE VIBRAZIONI	14
4.4	MODELLO PREVISIONALE.....	16
4.5	RISCHIO DEL DANNO A STRUTTURE ED EDIFICI	17
4.6	RISCHIO ESPOSIZIONE UMANA – RISCHIO DISTURBO	17
4.7	VIBRAZIONE ED AREE DI CANTIERE PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI EOLICI.....	18
4.8	VIBRAZIONI DI IMPIANTI EOLICI IN FASE DI ESERCIZIO	18
5.	STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI ESERCIZIO.....	20
6.	STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE	22
7.	CONCLUSIONI	24

1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di 244,8 MW, che prevede l'installazione di n. 34 aerogeneratori da 7,2 MW con relative opere di connessione da installarsi nei territori comunali di Bonafro, Casacalenda, Colletorto, Monacilioni, Ripabottoni, Rotello, San Giuliano di Puglia, Sant'Elia a Pianisi e Santa Croce di Magliano, nel territorio provinciale di Campobasso, regione Molise.

La Società Proponente è la MUSA EOLICA S.R.L., con sede legale in Largo Guido Donegani 2, 20121 Milano (MI).

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata prevede che l'impianto eolico venga collegato in antenna a 380 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "Rotello".

Nel suo complesso il parco di progetto sarà composto da:

- N° 34 aerogeneratori della potenza nominale di 7,2 MW ciascuno;
- dalla viabilità di servizio interna realizzata in parte ex-novo e in parte adeguando strade comunali e/o agricole esistenti;
- dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche;
- dalle opere di collegamento alla rete elettrica;
- dalla viabilità di servizio interna;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco e dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco

Il presente documento costituisce lo **Studio Preliminare di Impatto Vibrazioni** in risposta alle richieste di integrazioni pervenute dal MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) - Commissione Tecnica PNRR-PNIEC, con prot. n. 0005551 del 26/04/2024.

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il parco eolico in progetto si estende nella provincia di Campobasso e prevede l'installazione di n. 34 aerogeneratori nei territori comunali di Bonefro, Casacalenda, Monacilioni, Ripabottoni e Sant'Elia a Pianisi, mentre le opere di connessione sono così collocate (Figura 1.1):

- Cavidotto interrato di connessione nei territori comunali di Bonefro, Casacalenda, Colletorto, Monacilioni, Ripabottoni, Rotello, San Giuliano di Puglia, Sant'Elia a Pianisi e Santa Croce di Magliano, in provincia di Campobasso;
- Ampliamento Stazione Elettrica (SE) Terna esistente e n. 3 Sottostazioni Elettriche Utente (SSEU) nei territori comunali di Bonefro, Rotello e Sant'Elia a Pianisi, in provincia di Campobasso.

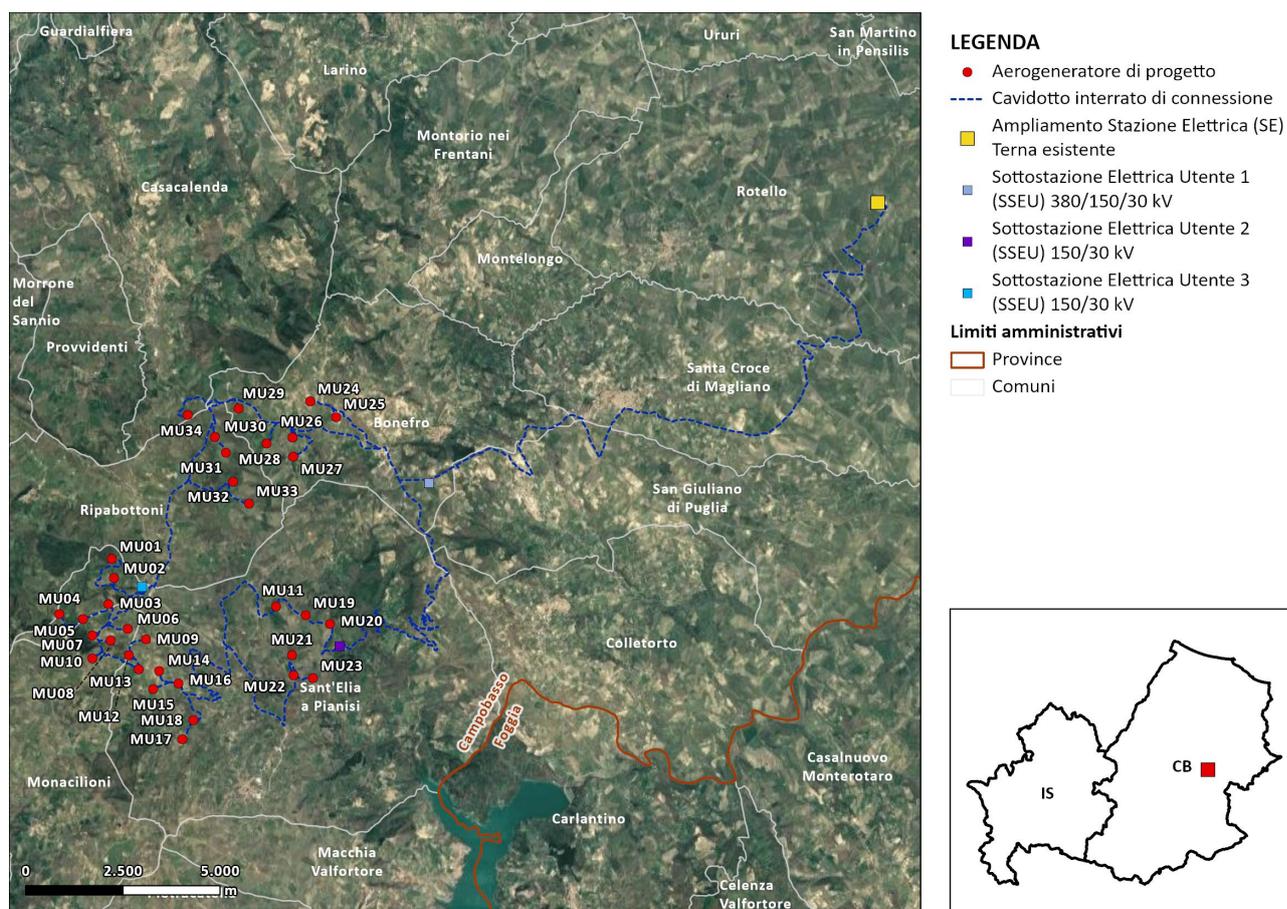


Figura 1.1: Localizzazione a scala provinciale e comunale dell'impianto proposto

Le coordinate degli aerogeneratori previsti sono riportate in Tabella 1-1.

Tabella 1-1 Coordinate aerogeneratori - WGS 1984 UTM Zone 33N (Gradi decimali)

WTG	WGS 84 – GRADI DECIMALI	
	Longitudine	Latitudine
MU01	14,83306926	41,67415884
MU02	14,83367005	41,66971977
MU03	14,83205671	41,66354829
MU04	14,81679859	41,6611985
MU05	14,82417463	41,66016406
MU06	14,83802761	41,65779369
MU07	14,82707196	41,65630409
MU08	14,8327487	41,6550821
MU09	14,84363409	41,65546355
MU10	14,82714948	41,6509533
MU11	14,88379408	41,66319138
MU12	14,83828011	41,65169965
MU13	14,84146613	41,64841884
MU14	14,847641	41,6480147
MU15	14,84590238	41,64379278
MU16	14,85370869	41,64509208
MU17	14,85495301	41,63204182
MU18	14,85828976	41,63650013
MU19	14,89297107	41,66103122
MU20	14,90050088	41,65899559
MU21	14,88873383	41,65172601
MU22	14,88938054	41,64703538
MU23	14,8953253	41,6463473
MU24	14,89428852	41,71108322
MU25	14,90241345	41,70738039
MU26	14,88888127	41,70265955
MU27	14,88906916	41,69813886
MU28	14,88080054	41,7011621
MU29	14,87218128	41,70944208
MU30	14,86484696	41,70274469
MU31	14,86827708	41,69900471
MU32	14,87050868	41,69222087
MU33	14,8753409	41,68713369
MU34	14,85645914	41,70785916

L'accesso al sito avverrà mediante strade pubbliche esistenti a carattere nazionale e provinciale partendo dal porto di Vasto (CH), per poi percorrere le principali strade statali del territorio fino ad arrivare all'area di progetto.



2. RICHIESTA DI INTEGRAZIONI

Punto 6.7

“Si richiede inoltre di produrre una valutazione di tipo quantitativo anche del possibile impatto dalla matrice vibrazioni nelle diverse fasi (realizzazione, esercizio e dismissione) del progetto in valutazione”

3. IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DEI RICETTORI

L'individuazione dei fabbricati (Rif. 2908_5111_MUSA_PFTE_R07_Rev0_FABBRICATI) è stata effettuata mediante indagine preliminare della presenza sul territorio di edifici all'interno di un buffer di 1.500 m intorno alle WTGs in progetto. Successivamente all'analisi su immagini satellitare e catastali sono stati effettuati dei sopralluoghi che hanno permesso di verificare quanto analizzato dal catasto, di rilevare lo stato di fatto del fabbricato e la frequentazione di persone.

Dall'analisi risultano 141 recettori all'interno dell'area individuata.

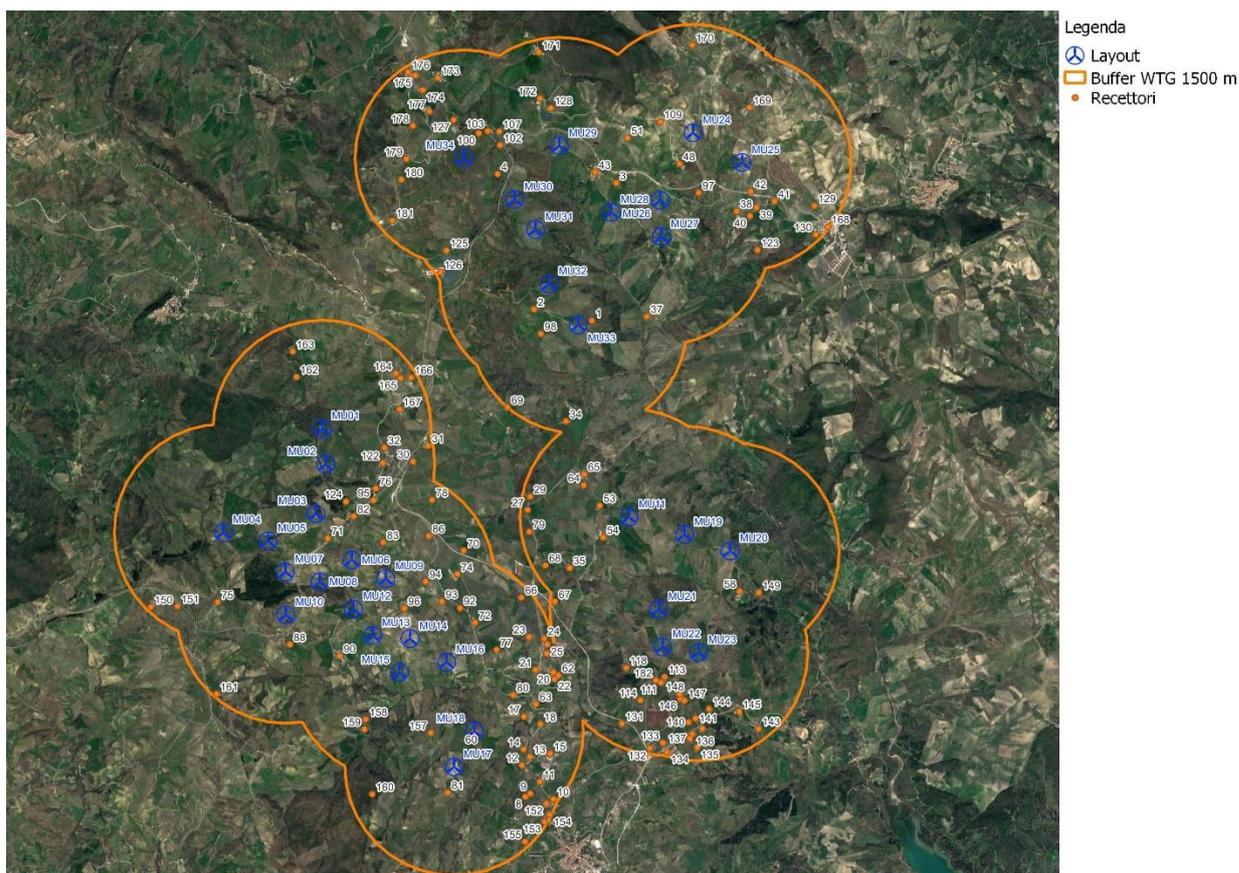


Figura 3.3.1: Individuazione dei recettori all'interno dei buffer dalle WTGs in progetto

Tabella 3.1: Elenco dei potenziali recettori

RECCETTORE	ID FABBRICATO	CLUSTER DI RIFERIMENTO	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	TIPOLOGIA	FREQUENTAZIONE	WTG PIU' VICINA	DISTANZA WTG PIU' VICINA
1	156	==	Ripabottoni	14	112	FABB DIRUTO	Abitazione	Presenza continuativa	MU33	198
2	158	==	Ripabottoni	13	443	A04	Abitazione	Presenza continuativa	MU32	407
3	218		Bonefro	15	356	A07	Abitazione	Presenza continuativa	MU28	411
4	233	==	Ripabottoni	6	71	A03	Abitazione	Presenza continuativa	MU30	425
8	35	==	Sant'Elia a Pianisi	48	612	A07	Abitazione	Frequentato	MU17	1065
9	36	34-36	Sant'Elia a Pianisi	48	591	A04	Abitazione	Frequentato	MU17	1112



RECIETTORE	ID FABBRICATO	CLUSTER DI RIFERIMENTO	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	TIPOLOGIA	FREQUENTAZIONE	WTG PIU' VICINA	DISTANZA WTG PIU' VICINA
10	39	38-39-40-41-42	Sant'Elia a Pianisi	40	426	A02	Abitazione	Frequentato	MU17	1437
11	43	43-52-53	Sant'Elia a Pianisi	48	577	A07	Abitazione	Frequentato	MU18	1141
12	44	==	Sant'Elia a Pianisi	48	81	A04	Abitazione	Frequentato	MU18	806
13	46	45-46	Sant'Elia a Pianisi	48	550	A02	Abitazione	Frequentato	MU18	842
14	47	==	Sant'Elia a Pianisi	38	326	A04	Abitazione	Frequentato	MU18	724
15	49	48-49-50-51	Sant'Elia a Pianisi	48	575	A02	Abitazione	Frequentato	MU18	1088
17	56	==	Sant'Elia a Pianisi	38	329	D10	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU18	710
18	57	57-58-59-60-643	Sant'Elia a Pianisi	39	344	D01	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU18	914
20	69	68-69-70	Sant'Elia a Pianisi	28	351	A04	Abitazione	Frequentato	MU18	1359
21	73	71-72-73-76-77-78	Sant'Elia a Pianisi	27	277	A04	Abitazione	Frequentato	MU18	1194
22	80	66-67-80	Sant'Elia a Pianisi	28	355	A03	Abitazione	Frequentato	MU18	1319
23	83	==	Sant'Elia a Pianisi	27	270	F03	Abitazione	Frequentato	MU16	1185
24	84	==	Sant'Elia a Pianisi	28	362	A04	Abitazione	Frequentato	MU16	1380
25	85	==	Sant'Elia a Pianisi	28	364	A04	Abitazione	Frequentato	MU16	1405
26	86	==	Sant'Elia a Pianisi	28	358	A04	Abitazione	Frequentato	MU16	1384
27	91	==	Sant'Elia a Pianisi	6	333	A04	Abitazione	Frequentato	MU11	1397
29	96	93-94-96-97	Sant'Elia a Pianisi	7	248	A04	Abitazione	Frequentato	MU11	1389
30	100	98-99-100-101	Ripabottoni	27	196	A03	Abitazione	Frequentato	MU02	1202
31	102	102-103-104-105	Ripabottoni	28	330	D10	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU02	1433
32	110	107-108-109-110	Ripabottoni	27	164	A03	Abitazione	Frequentato	MU02	840
34	126	123-124-125-126-127-128	Ripabottoni	30	48	D10	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU33	1343
35	142	142-143-145-146-147-148-149	Sant'Elia a Pianisi	15	414	A04	Abitazione	Frequentato	MU11	1077
37	155	150-151-152-153-154-155	Bonefro	15	353	A04	Abitazione	Frequentato	MU33	952
38	210	210-252	Bonefro	17	405	A03	Abitazione	Frequentato	MU25	677
39	212	==	Bonefro	17	403	A03	Abitazione	Frequentato	MU25	652
40	214	==	Bonefro	17	122	FABB DIRUTO	Magazzino/deposito	Frequentato	MU25	746
41	215	==	Bonefro	17	281	A04	Abitazione	Frequentato	MU25	696
42	216	==	Bonefro	17	406	E03	Distributore carburanti	Frequentato	MU25	417
43	230	219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232	Bonefro	15	395	A04	Abitazione	Frequentato	MU28	597
48	242	236-237-238-239-240-241-992	Bonefro	16	332	D01	Magazzino/deposito per attività produttive	Presenza saltuaria	MU24	469
51	248	==	Bonefro	16	440	D10	Magazzino/deposito per attività produttive	Presenza saltuaria	MU24	902
53	256	==	Sant'Elia a Pianisi	7	253	A03	Abitazione	Presenza continuativa	MU11	431



RECIETTORE	ID FABBRICATO	CLUSTER DI RIFERIMENTO	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	TIPOLOGIA	FREQUENTAZIONE	WTG PIU VICINA	DISTANZA WTG PIU VICINA
54	285	==	Sant'Elia a Pianisi	16	206	A04	Abitazione	Non frequentato	MU11	452
58	313	==	Sant'Elia a Pianisi	19	303	NC	Magazzino/deposito per attività produttive	Presenza saltuaria	MU20	572
60	349	==	Sant'Elia a Pianisi	38	142	NC	Magazzino/deposito privato	Presenza saltuaria	MU18	18
62	253	==	Sant'Elia a Pianisi	28	379	A04	Abitazione	Non frequentato	MU18	1391
63	254	==	Sant'Elia a Pianisi	39	350	A04	Abitazione	Presenza continuativa	MU18	927
64	260	259-260	Sant'Elia a Pianisi	7	256	A02	Abitazione	Frequentato	MU11	763
65	264	261-262-263-264-265-266	Sant'Elia a Pianisi	8	225	A04	Abitazione	Frequentato	MU11	856
66	270	==	Sant'Elia a Pianisi	14	197	A04	Abitazione	Non frequentato	MU16	1362
67	273	272-273-274-275-276	Sant'Elia a Pianisi	15	402	A04	Abitazione	Frequentato	MU21	1434
68	281	277-278-280-281-282	Sant'Elia a Pianisi	15	407	A04	Abitazione	Frequentato	MU11	1329
69	295	291-292-294-295	Ripabottoni	23	508	A03	Abitazione	Frequentato	MU33	1498
70	318	==	Sant'Elia a Pianisi	6	149	FABB DIRUTO	Magazzino/deposito	Frequentato	MU09	1141
71	354	354-355-386	Monacilioni	3	297	D10	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU03	377
72	419	==	Sant'Elia a Pianisi	14	64	NC	Magazzino/deposito	Frequentato	MU16	672
74	423	421-422-423-424	Sant'Elia a Pianisi	12	207	A07	Abitazione	Presenza continuativa	MU09	985
75	431	430-431-432	Monacilioni	1	58	A04	Abitazione	Frequentato	MU10	955
76	437	==	Sant'Elia a Pianisi	5	15	A06	Abitazione	Frequentato	MU02	767
77	1	==	Sant'Elia a Pianisi	14	199	A04	Abitazione	Non frequentato	MU16	707
78	2	==	Sant'Elia a Pianisi	5	359	A04	Abitazione	Frequentato	MU09	1264
79	3	==	Sant'Elia a Pianisi	6	338	F03	Abitazione	Frequentato	MU11	1388
80	4	4-320-321-323-324	Sant'Elia a Pianisi	27	273	A04	Abitazione	Frequentato	MU18	734
81	10	==	Sant'Elia a Pianisi	48	598	A04	Abitazione	Non frequentato	MU17	365
82	11	11-357	Monacilioni	3	236	A03	Abitazione	Frequentato	MU03	522
83	12	12-361-363-389-390-391-392	Sant'Elia a Pianisi	12	196	A04	Abitazione	Non frequentato	MU06	495
86	15	15-367-368	Sant'Elia a Pianisi	5	342	A04	Abitazione	Frequentato	MU09	836
88	17	17-352-382-408	Monacilioni	6	264	A04	Abitazione	Non frequentato	MU10	414
90	19	==	Sant'Elia a Pianisi	26	203	A03	Abitazione	Frequentato	MU13	531
92	21	==	Sant'Elia a Pianisi	14	193	A04	Abitazione	Frequentato	MU16	769
93	22	==	Sant'Elia a Pianisi	14	182	A04	Abitazione	Frequentato	MU14	676
94	23	==	Sant'Elia a Pianisi	12	227	A04	Magazzino/deposito	Frequentato	MU09	550
95	26	==	Sant'Elia a Pianisi	5	24	A04	Abitazione	Frequentato	MU03	815
96	30	==	Sant'Elia a Pianisi	13	54	A04	Abitazione	Presenza saltuaria	MU14	425
97	465	==	Bonefro	23	605	C02	Abitazione	Presenza continuativa	MU26	539
98	512	==	Ripabottoni	13	444	A04	Abitazione	Presenza continuativa	MU33	527
100	517	==	Casacalenda	68	181	A03	Magazzino/deposito per attività produttive	Presenza continuativa	MU34	401



RECIPIENTE	ID FABBRICATO	CLUSTER DI RIFERIMENTO	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	TIPOLOGIA	FREQUENTAZIONE	WTG PIU VICINA	DISTANZA WTG PIU VICINA
102	519	==	Ripabottoni	6	14	A04	Abitazione	Non frequentato	MU34	527
103	525	==	Casacalenda	68	187	A02	Abitazione	Presenza continuativa	MU34	497
107	530	==	Casacalenda	64	110	A	Abitazione	Presenza continuativa	MU34	611
109	537	==	Bonefro	16	458	D10	Magazzino/deposito per attività produttive	Presenza saltuaria	MU24	474
111	607	==	Sant'Elia a Pianisi	41	343	A04	Magazzino/deposito per attività produttive	Presenza continuativa	MU22	496
113	609	==	Sant'Elia a Pianisi	30	253	D10	Abitazione	Presenza continuativa	MU22	415
114	612	==	Sant'Elia a Pianisi	39	337	D10	Abitazione	Presenza continuativa	MU22	797
118	637	==	Sant'Elia a Pianisi	29	253	C02	Magazzino/deposito per attività produttive	Presenza saltuaria	MU22	579
122	444	439-440-444	Ripabottoni	27	163	A04	Abitazione	Frequentato	MU02	785
123	445	445-446	Bonefro	24	399	A04	Abitazione	Frequentato	MU25	1229
124	25	24-25-425-426	Sant'Elia a Pianisi	4	6	A03	Abitazione	Frequentato	MU03	448
125	469	468-469-470-471	Ripabottoni	5	303	A03	Abitazione	Frequentato	MU30	1176
126	480	476-477-478-479-480-481	Ripabottoni	5	108	A03	Abitazione	Frequentato	MU30	1435
127	522	520-521-522-523	Casacalenda	68	190	A03	Abitazione	Frequentato	MU34	552
128	534	==	Bonefro	15	380	A04	Abitazione	Presenza continuativa	MU29	534
129	538	538-539	Bonefro	18	206	A04	Abitazione	Presenza continuativa	MU25	1159
130	541	==	Bonefro	24	392	A03	Abitazione	Presenza continuativa	MU25	1419
131	547	==	Sant'Elia a Pianisi	39	339	E03	Distributore carburanti	Presenza saltuaria	MU22	1201
132	549	548-549-550	Sant'Elia a Pianisi	40	322	A03	Abitazione	Presenza continuativa	MU22	1415
133	553	552-553-554	Sant'Elia a Pianisi	41	293	A03	Abitazione	Presenza continuativa	MU22	1327
134	560	557-559-560-561-562	Sant'Elia a Pianisi	41	365	D10	Abitazione	Frequentato	MU23	1444
135	567	563-564-565-566-567-568	Sant'Elia a Pianisi	41	369	C06	Magazzino/deposito	Frequentato	MU23	1316
136	569	==	Sant'Elia a Pianisi	41	329	A07	Abitazione	Frequentato	MU23	1134
137	570	570-571-572	Sant'Elia a Pianisi	41	356	D10	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU23	1196
138	573	==	Sant'Elia a Pianisi	41	348	A04	Abitazione	Non frequentato	MU23	1230
139	574	574-575-576	Sant'Elia a Pianisi	41	334	D10	Magazzino/deposito per attività produttive	Presenza saltuaria	MU23	1011
140	577	==	Sant'Elia a Pianisi	41	372	A04	Abitazione	Non frequentato	MU23	976
141	579	==	Sant'Elia a Pianisi	41	338	D01	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU23	912
142	580	580-581	Sant'Elia a Pianisi	42	37	A03	Abitazione	Frequentato	MU23	1056
143	590	484-485-486-487-488-489-490-491	Sant'Elia a Pianisi	42	19	A04	Abitazione	Frequentato	MU23	1340
144	592	==	Sant'Elia a Pianisi	41	392	FU D ACCERT	Abitazione	Frequentato	MU23	793
145	594	593-594-595	Sant'Elia a Pianisi	42	189	D01	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU23	991
146	597	597-598	Sant'Elia a Pianisi	41	371	A04	Abitazione	Frequentato	MU23	685
147	599	599-600	Sant'Elia a Pianisi	41	358	A04	Abitazione	Non frequentato	MU23	696



RECIPIENTE	ID FABBRICATO	CLUSTER DI RIFERIMENTO	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	TIPOLOGIA	FREQUENTAZIONE	WTG PIU' VICINA	DISTANZA WTG PIU' VICINA
148	604	601-602-603-604-605	Sant'Elia a Pianisi	41	380	A04	Abitazione	Frequentato	MU23	632
149	625	625-626-627-628	Sant'Elia a Pianisi	19	356	A04	Abitazione	Frequentato	MU20	699
150	698	==	Monacilioni	4	111	A03	Abitazione	Frequentato	MU04	1433
151	699	==	Monacilioni	4	126	A04	Abitazione	Frequentato	MU04	1200
152	901	==	Sant'Elia a Pianisi	48	520	A02	Abitazione	Frequentato	MU17	1369
153	902	902-903	Sant'Elia a Pianisi	54	549	A07	Abitazione	Frequentato	MU17	1460
154	904	==	Sant'Elia a Pianisi	49	641	A04	Abitazione	Non frequentato	MU17	1474
155	910	==	Sant'Elia a Pianisi	54	533	D01	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU17	1424
157	921	==	Sant'Elia a Pianisi	37	368	A04	Abitazione	Non frequentato	MU17	570
158	924	922-923-924	Sant'Elia a Pianisi	36	209	A04	Abitazione	Non frequentato	MU15	795
159	927	925-926-927	Sant'Elia a Pianisi	36	211	A04	Abitazione	Non frequentato	MU15	918
160	928	==	Sant'Elia a Pianisi	46	81	A04	Abitazione	Non frequentato	MU17	1186
161	931	==	Monacilioni	9	137	D07	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU10	1451
162	937	937-938-939-940	Ripabottoni	20	287	A04	Abitazione		MU01	797
163	942	942-943	Ripabottoni	20	280	A04	Abitazione	Frequentato	MU01	1141
164	949	948-949	Ripabottoni	22	172	A04	Abitazione	Frequentato	MU01	1268
165	950	==	Ripabottoni	22	172	A04	Abitazione	Frequentato	MU01	1285
166	952	951-952	Ripabottoni	22	183	E07	Chiesa	Frequentato	MU01	1414
167	953	953-954-955	Ripabottoni	28	346	A04	Abitazione	Frequentato	MU01	1098
168	958	956-957-958-959	Bonefro	24	383	A02	Abitazione	Frequentato	MU25	1476
169	960	==	Bonefro	10	232	NC	Magazzino/deposito per attività produttive	Frequentato	MU25	768
170	963	==	Bonefro	5	261	A03	Abitazione	Frequentato	MU24	1212
171	968	966-967-968	Casacalenda	67	26	A03	Abitazione	Frequentato	MU29	1323
172	970	532-533-970-971-972-973	Bonefro	15	337	A02	Abitazione	Frequentato	MU29	707
173	975	974-975-976-977-978	Casacalenda	64	163	A04	Abitazione	Frequentato	MU34	1169
174	979	==	Casacalenda	63	342	A03	Abitazione	Frequentato	MU34	1103
175	980	==	Casacalenda	63	358	A04	Abitazione	Frequentato	MU34	1330
176	981	==	Casacalenda	63	349	A04	Abitazione	Frequentato	MU34	1420
177	983	982-983-984	Casacalenda	63	255	A03	Abitazione	Frequentato	MU34	808
178	985	==	Casacalenda	68	195	A04	Abitazione	Frequentato	MU34	836
179	987	==	Casacalenda	69	221	A03	Abitazione	Frequentato	MU34	795
180	989	989-990	Casacalenda	69	219	A04	Abitazione	Frequentato	MU34	911
181	991	==	Ripabottoni	4	156	A04	Abitazione	Non frequentato	MU34	1310
182	610	==	Sant'Elia a Pianisi	41	311	NC	Magazzino/deposito	Presenza saltuaria	MU22	472

4. CENNI TEORICI SULLE VIBRAZIONI

4.1 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.

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 4.1).

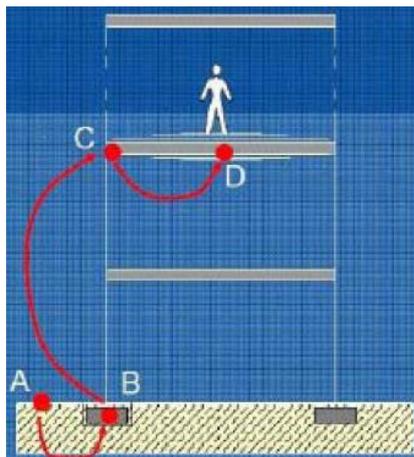


Figura 4.1: Schematizzazione semplificata della propagazione delle vibrazioni nel sistema terreno-edificio

Differenti tipologie di fondazioni forniscono diversi effetti di attenuazione o amplificazione del fenomeno vibratorio.

4.2 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) e le cui distanze, anche nell'ottica 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.

4.3 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 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 a 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:

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.

4.4 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, Normativa, tecniche di misura e di calcolo", neo- Eubios n. 16 (2006)] misurato a distanza di 5 m dal centro della sorgente.
2. 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.

3. 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.

4.5 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.

4.6 RISCHIO ESPOSIZIONE UMANA – RISCHIO DISTURBO

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

essere percepito sia come vibrazione meccanica degli elementi edilizi (groundborne vibration), sia come rumore irraggiato 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.

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.

4.7 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:

- 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).

4.8 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.

5. 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) = 600 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.

Potenziati 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:

$$w_1(x) = 0,0224 \frac{m}{s^2} \quad w_1(y) = 0,01333 \frac{m}{s^2} \quad w_1(z) = 0,0272 \frac{m}{s^2}$$

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.

Tabella 5.1: 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	85,5	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 arenitica		
Coefficiente di assorbimento del terreno	0,1	0,1	0,1
Velocità di propagazione nel terreno [m/s]	600	600	600
Densità del terreno [kg/mc]	1600	1600	1600
Valore rotazione di riferimento [rpm]	12	12	12
Frequenza onda di vibrazione di rif. per il calcolo [Hz]	0,600	0,600	0,600
Pulsazione d'onda w [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 5.2: 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 77 DB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Abitazioni giorno) [m]	9,9	3,5	7,4

	VALORE RIF. ASSE X 77 DB	VALORE RIF. ASSE Y 77 DB	VALORE RIF. ASSE Z 77 DB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Abitazioni notte) [m]	19,5	7,0	14,6

	VALORE RIF. ASSE X 77 DB	VALORE RIF. ASSE Y 77 DB	VALORE RIF. ASSE Z 77 DB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Aree critiche) [m]	38,0	13,9	28,5

Poiché gli aerogeneratori di progetto sono distanti tra loro oltre 400 m, ed il primo recettore sensibile risulta dislocato a distanze molto superiori rispetto a quelle indicate nella precedente tabella, 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. Si osserva che il ricettore 60 è un fabbricato adibito a magazzino distante 18 m dall'aerogeneratore più vicino, per cui è ragionevole non considerarlo come una criticità.

I valori soglia raccomandati per le abitazioni di notte 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.

6. STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE

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

Si rammenta infatti che, anche nell'ottica delle verifiche dei limiti acustici, gli aerogeneratori di progetto sono posizionati a distanze generalmente non inferiori a 200 m in linea d'aria da strutture classificabili come recettori sensibili. In questo, anche considerando le linee mobili di cantiere per il raggiungimento dei punti di installazione delle turbine, si è sufficientemente sicuri che non possano configurarsi le condizioni e le circostanze tali da poter arrecare danni alle strutture.

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:

1. Livelli di riferimento per il mezzo meccanico impiegato in cantiere: si è scelto di effettuare un calcolo di propagazione delle vibrazioni per il mezzo più impattante tra quelli proposti nelle diverse fasi di lavorazione, che è risultato essere l'autobetoniera caratterizzato da fenomeni vibrazionali legati sia alla rotazione del bicchiere che del motore e degli organi meccanici dell'automezzo.

INAIL		COMITATO PARITETICO TERRITORIALE PER LA PREVENZIONE INFORTUNI L'IGIENE E L'AMBIENTE DI LAVORO DI TORINO E PROVINCIA		CPT. TORINO	
AUTOBETONIERA			Ref.: 51-TO-2248-2-VCI-01		
Marca:	IVECO				
Modello:	330-30				
Potenza:	224,00 W				
Anno produzione:					
Dati fabbricante:					
Accessorio:					
Attività:	trasporto				
Materiale:	cls				
Stile guida:	Prudente				
Tipo terreno:	Asfalto				
Condizioni:	Buone				
Annotazioni:					
Data rilievo:	23.10.2014				
$A_{(1/22)} \text{ m/s}^2$:	0,67				
VIBRAZIONI CORPO INTERO					
Posizione misure: Sedile					
N.	$a_{max} \text{ (m/s}^2\text{)}$	$a_{hwz} \text{ (m/s}^2\text{)}$	$a_{hwz} \text{ (m/s}^2\text{)}$		
1	0,18	0,37	0,67		
2	0,18	0,39	0,66		
3	0,18	0,42	0,64		
Media	0,26	0,55	0,66		
Incert.	0,26	0,58	0,67		
STRUMENTAZIONE					
Strumento / Marca	Modello	Matricola	Data Taratura		
Analizzatore Svanek	SVAN-948	9825	14/07/2014		
Acc. Monoassiale (Cl) Dytran	SV3185D	2608	28/07/2014		
Acc. Triassiale (Cl) Dytran	3143M1	1318	14/07/2014		
Calibratore (VIB) PCB	394C06	4114	15/07/2014		

Figura 6.1: Caratteristiche vibrazionali del mezzo di cantiere caratterizzato da maggiori vibrazioni indotte.

2. 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. Inoltre, l'attività ha caratteristiche temporanee non compatibili con problematiche legate a prolungate azioni vibratorie eventualmente problematiche per le aree critiche.

3. Attenuazioni o Amplificazioni nella struttura degli edifici:
Potenziali fenomeni di attenuazione o amplificazione relativi alle tipologie di fondazioni cui sono dotati i recettori non sono stati tenuti in conto.

Nel dettaglio, al fine di eseguire il calcolo del potenziale possibile disturbo, sono stati assunti i parametri di input come di seguito esplicitati:

Tabella 6.1: valori di input per il calcolo quantitativo delle vibrazioni indotte dal mezzo di cantiere

	VALORE ASSE X	VALORE ASSE Y	VALORE ASSE Z
Vibrazione alla sorgente [dB]	88,4	95,3	96,5
Accelerazione alla sorgente [mm/s²]	0,0263	0,0582	0,0668
Distanza dalla sorgente [m]	1	1	1
Coefficiente di attenuazione geometrica	0,5	0,5	0,5
Tipologia di terreno	Litologia a prevalente componente arenitica		
Coefficiente di assorbimento del terreno	0,1	0,1	0,1
Velocità di propagazione nel terreno [m/s]	600	600	600
Densità del terreno [kg/mc]	1600	1600	1600
Valore rotazione di riferimento [rpm]	15	15	15
Frequenza onda di vibrazione di rif. per il calcolo [Hz]	0,250	0,250	0,250
Pulsazione d'onda ω [rad/s]	1,571	1,571	1,571

Tabella 6.2: 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 77 DB
Distanza di rispetto del valore raccomandato UNI 9614 (Abitazioni giorno) [m]	88,4	95,3	96,5

Anche in tal caso si può senz'altro affermare che l'impatto causato dalle vibrazioni prodotto in fase di cantiere durante la realizzazione del parco eolico in oggetto sia assolutamente trascurabile e che nessun recettore riceve un fenomeno vibrazionale tale da ingenerare disturbo. Ciò anche considerando l'effetto cumulato di diversi mezzi.

In virtù delle verifiche e delle considerazioni precedenti, è ragionevole considerare come trascurabile anche l'impatto associato alla fase di cantiere di smobilitazione del parco eolico.

7. 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.