

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI FOGGIA

Comuni:

Ascoli Satriano - Ortona - Orta Nova - Deliceto

Località "Conca d'Oro- Sedia d'Orlando - Santo Spirito"

PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE AVENTE POTENZA NOMINALE PARI A 134.904 MWp E POTENZA DI IMMISSIONE PARI A 125 MW

Sezione SIA:

STUDIO IMPATTO AMBIENTALE

Titolo elaborato:

Studio sulle vibrazioni

N. Elaborato: SIA07.IA.03

Scala: -

Proponente

EUROWIND S.r.l.

Scalo ferroviario S.P. 99, snc
CAP 71022 - Ascoli Satriano (FG)
P.Iva 03241320716

Amministratore Unico

ADAMO LOMAESTRO

Progettazione



sede legale e operativa

Loc. Chianarile snc Area Industriale - 82010 San Martino Sannita (BN)

sede operativa

Via A.La Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

P.IVA 01465940623

Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Progettista

Dott. Ing. Massimo Lepore

Tecnico competente in Acustica Ambientale iscritto nell'elenco nazionale ENTECA al n° 8866 riconosciuto con DDR Campania n° 1396 del 19/12/2007, n° Rif. 653/07 ai sensi della legge 447/95 e DPCM 31/3/98



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	NOVEMBRE 2023	GDS sigla	PI sigla	ML sigla	Emissione progetto definitivo

Nome file sorgente	FV.ASS06.SIA07.IA.03.R00 .doc	Nome file stampa	FV.ASS06.SIA07.IA.03.R00.pdf	Formato di stampa	A4
--------------------	-------------------------------	------------------	------------------------------	-------------------	----



TENPROJECT
"The power of the future is renewable"

STUDIO SULLE VIBRAZIONI

Codice
Revisione
Pagina

FV.ASS06.SIA07.IA.03.R00
00
2 di 30

INDICE

1.	PREMESSA	4
1.1.	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	5
1.2.	INDIVIDUAZIONE E SCELTA DEI RECETTORI	12
2.	CENNI TEORICI SULLE VIBRAZIONI	18
2.1.	DEFINIZIONI E NOZIONI GENERALI (FONTE ISPRA)	18
2.2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	20
2.3.	CASO STUDIO E PARAMETRI DI TRASMISSIONE DELLE VIBRAZIONI	21
2.4.	MODELLO PREVISIONALE	22
2.5.	RISCHIO DEL DANNO A STRUTTURE ED EDIFICI	24
2.6.	RISCHIO ESPOSIZIONE UMANA – RISCHIO DISTURBO	24
3.	STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI ESERCIZIO	26
4.	STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI CANTIERE	27
5.	CONCLUSIONI	29
	BIBLIOGRAFIA	30

1. PREMESSA

Il progetto descritto nella presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale installata pari a 139,904 MWp e potenza nominale di connessione pari a 125 MW da installare in provincia di Foggia, nei comuni di Ascoli Satriano, Ortona, Orta Nova, alle località "Conca d'Oro – Sedia d'Orlando – Santo Spirito", con opere di connessione ricadenti nel comune di Deliceto alla località "Piano d'Amendola".

Proponente dell'iniziativa è la società EUROWIND S.r.l. con sede in Ascoli Satriano alla Via Scalo Ferroviario SP 99, snc

L'impianto fotovoltaico è costituito da 192720 moduli bifacciali in silicio monocristallino ognuno di potenza pari a 700 Wp. Tali moduli sono collegati tra di loro in modo da costituire:

- 305 strutture 2x22 moduli;
- 227 strutture 2x44 moduli;
- 1207 strutture 2x66 moduli.

L'impianto è organizzato in ventiquattro campi: un primo gruppo costituito da quattordici campi è sito alla località Conca d'Oro, nel comune di Ascoli Satriano; un secondo gruppo di otto campi si trova alla località Sedia d'Orlando nei comuni di Ascoli Satriano e Ortona; gli ultimi due campi, infine, si collocano nel comune di Ortona alla località Santo Spirito.

I campi sono delimitati da recinzione perimetrale e sono provvisti di cancello di accesso. Ogni stringa di moduli fotovoltaici è montata su una struttura metallica a inseguimento monoassiale (tracker) ancorata al terreno. L'energia elettrica viene prodotta da ogni gruppo di stringhe collegate in parallelo tramite quadri di parallelo DC in corrente continua ("denominati string box") e viene trasmessa agli inverter ubicati nelle cabine di campo, che provvedono alla conversione in corrente alternata. Le linee MT in cavo interrato collegano tra loro le cabine di campo, nelle quali sono ubicati i trasformatori MT/BT, e quindi proseguono alle cabine di raccolta. Da quest'ultime si sviluppano le linee 30 kV interrate per il trasferimento dell'energia alla stazione elettrica di utente 30/150 kV che, tramite un cavidotto a 150 KV si collega allo stallo arrivo linea AT di progetto all'interno della stazione elettrica esistente e in esercizio di altri produttori. Da quest'ultima, si sviluppa il cavidotto AT esistente e in esercizio per il collegamento all'esistente Stazione Elettrica RTN 150/380 kV Deliceto.

La proposta progettuale presentata è stata sviluppata in modo da ottimizzare al massimo il rapporto tra le opere di progetto e il territorio, limitare al minimo gli impatti ambientali e paesaggistici e garantire la sostenibilità ambientale dell'intervento.

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

1.1. Descrizione sintetica del progetto

Come detto, il progetto prevede la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico di potenza nominale 134,904 MWp ed è costituito da 192720 moduli in silicio monocristallino ognuno di potenza pari a 700 Wp la cui installazione è prevista in agro del comune di Ascoli Satriano, Ortona, Orta Nova, alle località "Conca d'Oro – Sedia d'Orlando – Santo Spirito".

L'impianto consta di ventiquattro campi fotovoltaici che, per collocazione, possono essere raggruppati in tre gruppi distinti:

- il primo gruppo, costituito da quattordici campi (da Campo 1 a Campo 14) è sito alla località Conca d'Oro, nel comune di Ascoli Satriano, vicino al confine con il comune di Castelluccio dei Sauri, ed è raggiungibile tramite viabilità locale che si ricuce con la SP105 e la SP110;
- il secondo gruppo, di otto campi (da Campo 15 a Campo 22) si trova alla località Sedia d'Orlando nel territorio comunale di Ascoli Satriano, in prossimità del confine comunale con Ortona, dove ricade una piccola porzione di impianto. Tutti i campi, disposti lungo la direttrice Nord-Sud sono serviti da uno stesso tratto di viabilità locale che si pone in parallelo alla linea ferroviaria Foggia – Potenza;
- il terzo gruppo, che ricomprende il Campo 23 e il Campo 24, è sito alla località Santo Spirito del comune di Ortona ed è prospiciente la SP87.

All'interno di ognuno dei campi si prevede l'installazione delle pannellature fotovoltaiche su supporti a inseguimento solare, denominati tracker. Tali strutture, ancorate al suolo tramite sostegni infissi, consentono la rotazione assiale delle pannellature in modo da avere sempre un'inclinazione ottimale rispetto ai raggi solari incidenti, massimizzando il funzionamento delle celle fotovoltaiche.

Durante il giorno l'impianto fotovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. Tale corrente è inviata attraverso i quadri di campo e sottocampo agli inverter, i quali la trasformano in corrente alternata trifase. Le uscite in corrente alternata degli inverter di ogni sottocampo si collegano a relativi trasformatori MT/BT che elevano la tensione a 30 kV; in particolare le 37 cabine di campo (comprehensive di cabine di campo "Spare") presenti in progetto saranno collegate tra di loro mediante un cavidotto MT interrato che suddivise in gruppi giungeranno a 3 cabine di raccolta a partire dalle quali si svilupperà un cavidotto MT interrato per il collegamento dell'impianto alla stazione elettrica di utente 30/150 kV.

Si riporta di seguito l'inquadratura territoriale su stralcio di cartografia IGM e a seguire su planimetria satellitare estratta da Google Earth con evidenza dei campi fotovoltaici, del cavidotto di connessione e delle posizioni delle cabine elettriche di campo.

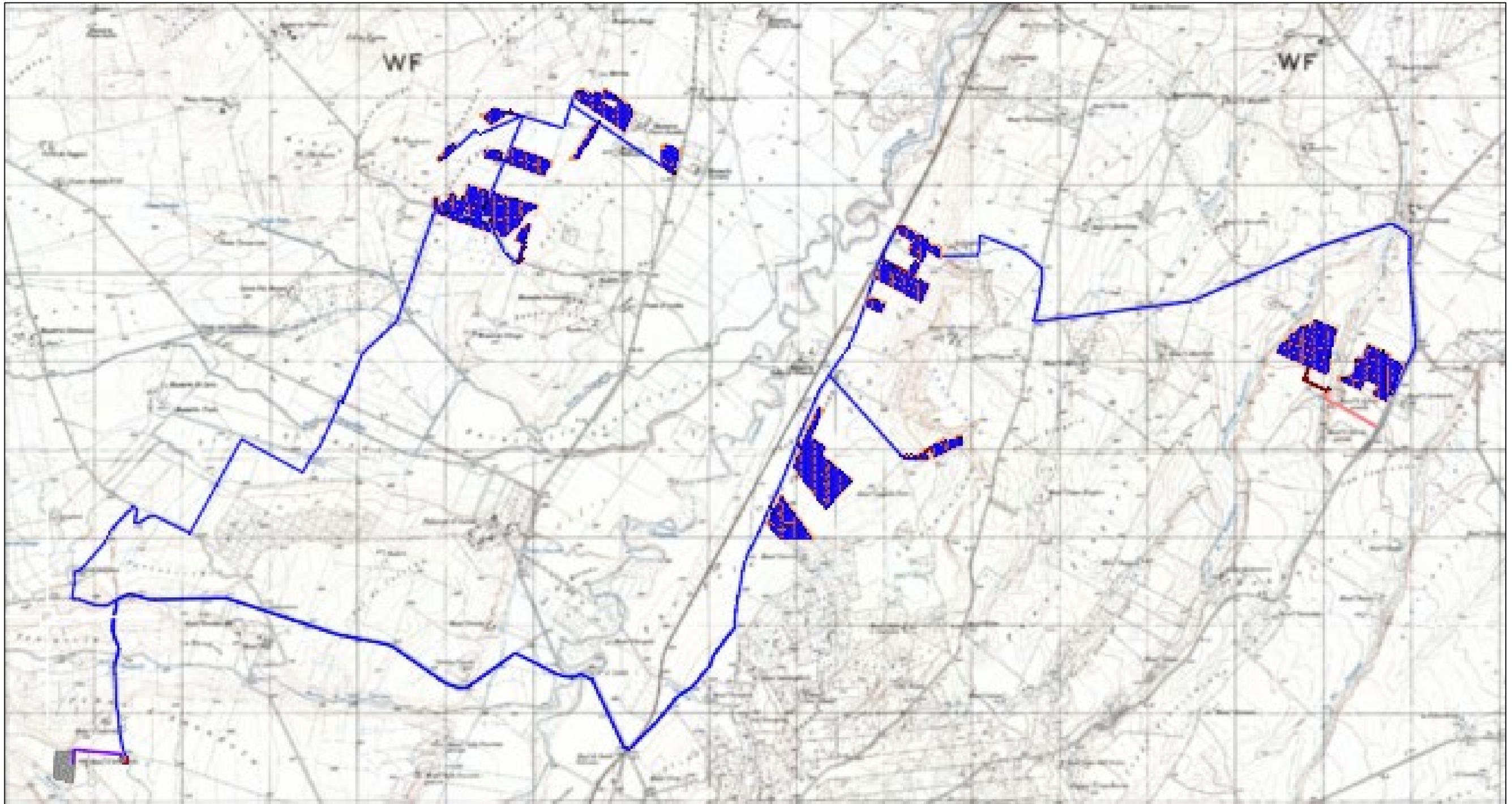


Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area di installazione dei campi fotovoltaici e del tracciato del cavidotto di connessione su stralcio cartografico IGM 25.000.

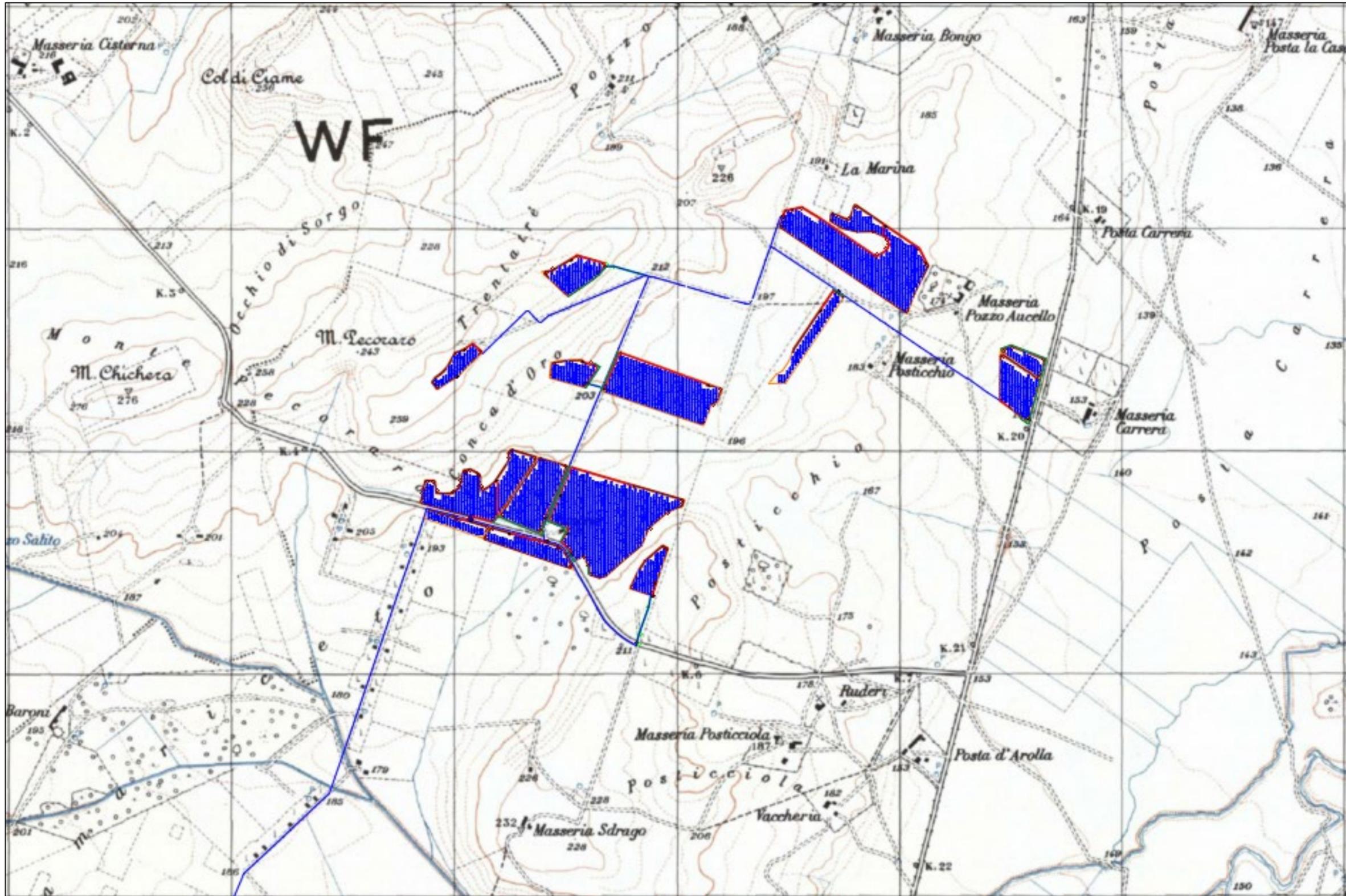


Figura 2: Dettaglio dell'area Ovest dell'impianto e parte del cavidotto di connessione e collegamento su cartografia IGM 25000.

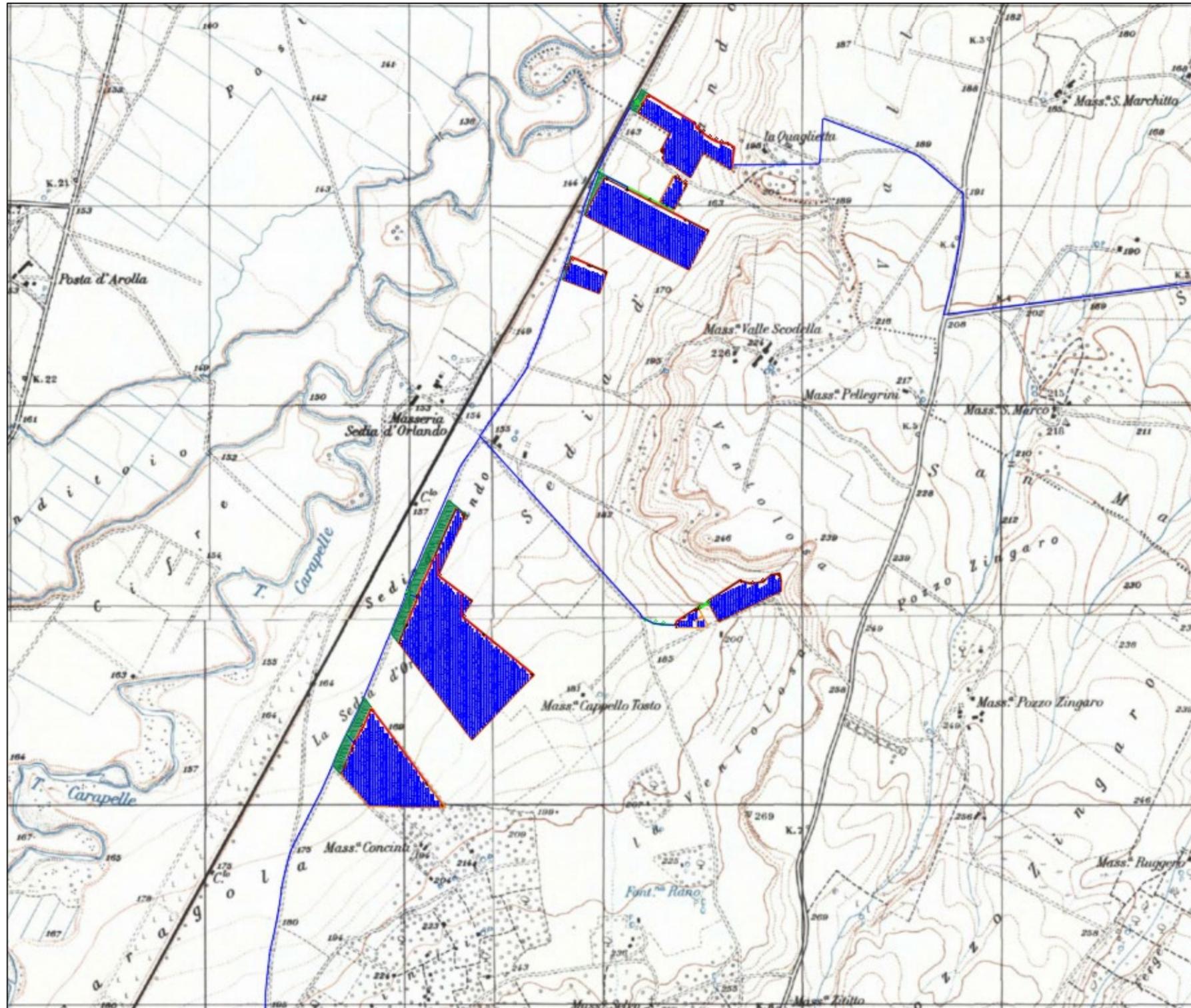


Figura 3: Dettaglio dell'area centrale dell'impianto e parte del cavidotto di connessione e collegamento su cartografia IGM 25000.

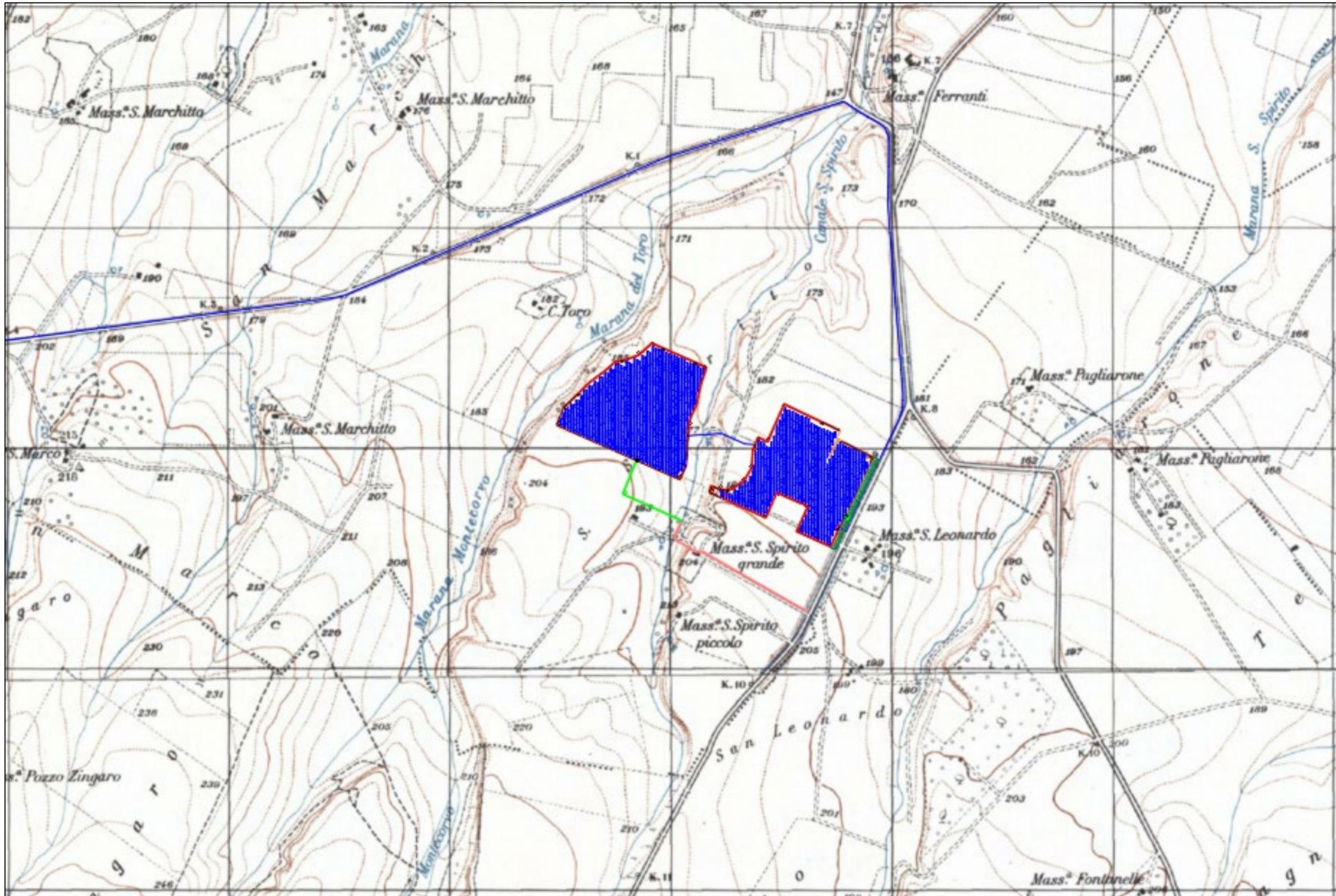


Figura 4: Dettaglio dell'area Est dell'impianto e parte del cavidotto di connessione e collegamento su cartografia IGM 25000.



Figura 5: Inquadramento territoriale dell'area di installazione dei campi fotovoltaici e del tracciato del cavidotto di connessione su stralcio ortofotografico estratto da Google Earth.



Figura 6: Inquadramento territoriale su ortofoto estratta da Google Earth dell'area di installazione dei moduli (perimetro di colore bianco), con evidenza delle pannellature (in blu) e delle cabine di campo (quadrati in verde) che ospiteranno inverter e trasformatori.

1.2. Individuazione e scelta dei recettori

Ai fini della previsione degli impatti indotti dall'impianto di progetto, sono stati individuati i "recettori 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 dell'impianto di progetto, in un buffer di 500 m dall'area di installazione dei moduli e 100 m dal tracciato del cavidotto di connessione. Per il dettaglio e i criteri di scelta dei recettori da considerare per l'impatto dovuto alle vibrazioni derivanti dall'installazione e dall'esercizio delle apparecchiature dell'impianto, nonché dei recettori individuati lungo il tracciato del cavidotto di connessione si faccia riferimento all'elaborato:

FV.ASS06.SIA06.IR.01.R00	Metodologia di analisi dei recettori
---------------------------------	--------------------------------------

Pertanto, sono state individuate **23** strutture aventi caratteristiche di abitabilità, e sebbene a distanze significative dalle sorgenti emmissive, risultano essere le uniche strutture potenzialmente esposte alle emissioni acustiche e alle vibrazioni derivanti dal funzionamento delle apparecchiature durante la fase di esercizio dell'impianto e dei macchinari e dei mezzi di movimentazione che operano durante la fase di cantiere.

A seguire saranno proposte le tabelle di inquadramento dei recettori, la matrice delle distanze dei recettori dagli inverter e dai trasformatori allocati nelle cabine di campo presenti nel layout dell'impianto nonché le immagini relative alle porzioni di territorio interessate rispettivamente dall'impianto di progetto e dai recettori individuati e considerati nel modello di stima previsionale.

Tabella 1: Coordinate di inquadramento geografico dei recettori sensibili individuati in un buffer di 500 m dall'area di installazione dei moduli FV.

ID RICEVITORE	Coordinate UTM		Quota
	WGS 84 33N		
	X	Y	
	[m]	[m]	[m]
R01	545960	4570395	178
R14	548382	4567641	156
R15	548034	4565591	195



ID RICEVITORE	Coordinate UTM WGS 84 33N		Quota
	X	Y	
	[m]	[m]	[m]
R16	545058	4570659	206
R17	544880	4571062	203
R18	544801	4571100	205
R19	548651	4566765	172
R20	547365	4566520	159
R21	548510	4568586	144
R23	550187	4566802	245

Tabella 2: Coordinate di inquadramento geografico dei recettori sensibili individuati in un buffer di 100 m dal tracciato del cavidotto di connessione.

ID RICEVITORE	Coordinate UTM WGS 84 33N		Quota
	X	Y	
	[m]	[m]	[m]
R01	545960	4570395	178
R02	543325	4568248	184
R03	539701	4565417	284
R04	542010	4565041	271
R05	542052	4564987	268
R06	542139	4564928	264
R07	542269	4564921	261
R08	542387	4564894	258
R09	542503	4564832	254
R10	542592	4564787	251
R11	542817	4564729	246
R12	543159	4564542	235
R13	544660	4564480	182
R14	548382	4567641	156
R22	541568	4564989	276

Dal confronto tra le due tabelle si nota la ripetizione dei recettori individuati come R01 ed R14; la ripetizione è dovuta al fatto che i recettori si trovano in posizione tale da essere interessati da vibrazioni di esercizio delle macchine elettriche dell'area campo fotovoltaico e vibrazioni dovute alle lavorazioni legate al cantiere sia nell'area di installazione dei moduli che lungo il tracciato del cavidotto di connessione.

Tabella 3: Inquadramento geografico – coordinate dei recettori dell'area campo FV nel sistema UTM WGS 84 fuso 33 e distanze con i trasformatori (TRASF) e gli inverter posti a base struttura (INV).

COORDINATE E MATRICE DISTANZE SORGENTI / RECETTORI [m]											
recettore		R01	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R23
sorgente sonora	Coordinate WGS 84 UTM34 [m]	545960	548382	548034	545058	544880	544801	548651	547365	548510	550187
		4570395	4567641	4565591	4570659	4571062	4571100	4566765	4566520	4568586	4566802
INV01	544011 4571597	2290	5895	7229	1406	1020	934	6699	6085	5413	7819
INV02	544340 4570514	1625	4959	6155	733	770	746	5714	5011	4594	6926
INV03	545403 4570180	597	3914	5290	590	1026	1099	4713	4153	3492	5857
INV04	545886 4570756	368	3991	5594	833	1052	1137	4855	4487	3405	5843
INV05	544472 4570673	1514	4948	6206	587	563	539	5722	5062	4546	6903
INV06	543991 4570269	1973	5117	6183	1136	1191	1160	5830	5044	4822	7100
INV07	544524 4570218	1447	4639	5807	693	916	924	5381	4664	4307	6614
INV08	544138 4569682	1957	4709	5649	1342	1567	1565	5374	4518	4507	6700
INV09	543966 4569507	2183	4794	5647	1587	1804	1798	5429	4526	4636	6784
INV10	544196 4569442	2005	4557	5437	1491	1758	1764	5198	4311	4398	6547
INV11	544377 4569573	1784	4446	5406	1282	1571	1584	5114	4272	4249	6437
INV12	544426 4569615	1721	4420	5404	1220	1517	1531	5096	4268	4211	6411
INV13	544457 4569445	1778	4319	5258	1354	1671	1690	4977	4125	4142	6310
INV14	544755 4569656	1414	4149	5222	1048	1412	1445	4851	4080	3904	6136
INV15	544854 4569221	1613	3866	4826	1452	1841	1879	4523	3689	3711	5857
INV16	545090 4570112	915	4116	5395	548	973	1029	4887	4252	3745	6078
INV17	545598 4570447	365	3952	5432	580	946	1030	4783	4306	3455	5860
INV18	546070 4570665	291	3806	5440	1012	1255	1341	4676	4342	3205	5645
INV19	545888 4570828	439	4047	5660	846	1035	1120	4914	4555	3450	5890
INV20	545470 4570899	703	4370	5895	477	612	698	5217	4772	3820	6248
INV21	546448 4570017	617	3063	4701	1531	1885	1971	3928	3615	2510	4931
INV22	549414 4569187	3660	1859	3851	4598	4907	4994	2539	3363	1086	2507
INV23	549046 4568897	3431	1420	3457	4360	4696	4783	2168	2911	620	2385
INV24	549340 4568745	3761	1461	3413	4690	5027	5113	2096	2975	846	2119
INV25	548856 4568518	3451	997	3040	4360	4721	4807	1765	2493	353	2172
INV26	548089 4567065	3952	646	1475	4701	5126	5204	637	906	1578	2115
INV27	547943 4566713	4182	1027	1125	4888	5320	5396	710	609	1956	2246
INV28	548326 4566667	4416	976	1114	5159	5586	5664	339	972	1927	1866
INV29	548571 4566467	4717	1190	1027	5469	5894	5973	309	1207	2119	1651
INV30	547671 4566099	4625	1698	624	5255	5695	5766	1185	520	2624	2613
INV31	547886 4566128	4682	1593	557	5341	5778	5851	996	652	2536	2398
INV32	548042 4565918	4937	1756	327	5601	6038	6111	1043	905	2708	2321
INV33	549337 4566755	4966	1304	1747	5792	6199	6281	686	1986	2009	851
INV34	549812 4566958	5163	1586	2242	6025	6417	6501	1177	2486	2085	406
INV35	553514 4568056	7908	5149	6008	8847	9143	9229	5031	6338	5032	3555
INV36	553714 4568210	8056	5362	6254	8995	9283	9369	5265	6570	5218	3797
INV37	554618 4567931	9002	6243	6987	9941	10229	10315	6079	7388	6143	4572
TRASF01	544473 4570674	1513	4947	6206	585	562	537	5722	5062	4545	6902
TRASF02	543993 4570269	1971	5116	6182	1134	1189	1159	5829	5043	4820	7099
TRASF03	544526 4570217	1446	4637	5805	692	917	925	5379	4662	4305	6612
TRASF04	545091 4570111	914	4114	5393	548	974	1030	4886	4251	3743	6076
TRASF05	545597 4570445	366	3952	5432	579	946	1030	4783	4305	3456	5860
TRASF06	544757 4569655	1412	4146	5220	1048	1413	1445	4849	4078	3902	6134



COORDINATE E MATRICE DISTANZE SORGENTI / RECETTORI [m]												
recettore		R01	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R23	
sorgente sonora	Coordinate WGS 84 UTM34 [m]		545960	548382	548034	545058	544880	544801	548651	547365	548510	550187
			4570395	4567641	4565591	4570659	4571062	4571100	4566765	4566520	4568586	4566802
TRASF07	544427	4569616	1720	4420	5405	1219	1516	1530	5096	4269	4211	6411
TRASF08	544378	4569574	1783	4446	5407	1280	1570	1583	5114	4273	4249	6437
TRASF09	544456	4569444	1780	4319	5257	1356	1673	1692	4977	4124	4143	6310
TRASF10	544139	4569683	1955	4708	5649	1340	1565	1563	5373	4518	4506	6699
TRASF11	543968	4569507	2182	4792	5645	1586	1803	1798	5427	4524	4634	6782
TRASF12	544199	4569441	2003	4554	5434	1490	1758	1764	5195	4308	4395	6544
TRASF13	544853	4569219	1616	3865	4825	1455	1844	1882	4522	3687	3711	5856
TRASF14	546449	4570016	619	3061	4700	1532	1886	1972	3926	3614	2508	4930
TRASF15	546071	4570662	289	3803	5437	1013	1257	1343	4674	4340	3203	5643
TRASF16	545890	4570827	437	4045	5658	848	1037	1122	4912	4553	3448	5888
TRASF17	545472	4570900	702	4368	5894	479	615	700	5215	4771	3818	6247
TRASF18	548088	4567063	3954	649	1472	4702	5127	5206	637	904	1580	2116
TRASF19	548858	4568517	3454	997	3039	4362	4723	4809	1764	2493	356	2169
TRASF20	549048	4568896	3433	1420	3456	4362	4698	4785	2167	2911	622	2383
TRASF21	549342	4568744	3764	1462	3413	4692	5029	5116	2096	2975	848	2118
TRASF22	549416	4569185	3662	1858	3850	4600	4909	4996	2538	3363	1087	2505
TRASF23	547942	4566711	4184	1029	1123	4889	5321	5397	711	608	1958	2247
TRASF24	548328	4566665	4418	977	1114	5161	5588	5666	338	974	1929	1864
TRASF25	548574	4566465	4720	1192	1027	5472	5897	5975	310	1209	2121	1649
TRASF26	548043	4565917	4939	1757	326	5603	6040	6113	1044	907	2709	2320
TRASF27	547887	4566126	4684	1594	555	5343	5780	5853	996	654	2537	2397
TRASF28	547670	4566096	4627	1701	623	5257	5696	5767	1188	522	2627	2615
TRASF29	549813	4566954	5166	1588	2241	6027	6420	6504	1177	2486	2088	404
TRASF30	553516	4568059	7909	5151	6011	8848	9144	9230	5034	6340	5034	3558
TRASF31	553716	4568211	8058	5365	6256	8997	9285	9371	5267	6572	5220	3799
TRASF32	553902	4568264	8223	5556	6448	9162	9447	9533	5461	6766	5402	3992
TRASF33	554046	4568200	8379	5692	6554	9318	9603	9689	5583	6889	5550	4104
TRASF34	554010	4567873	8436	5633	6397	9375	9672	9758	5472	6781	5547	3970
TRASF35	554195	4567624	8688	5813	6487	9627	9929	10016	5610	6918	5766	4091
TRASF36	554620	4567930	9004	6245	6989	9943	10232	10318	6082	7390	6146	4574
TRASF37	549337	4566754	4966	1304	1746	5793	6199	6282	686	1985	2010	852

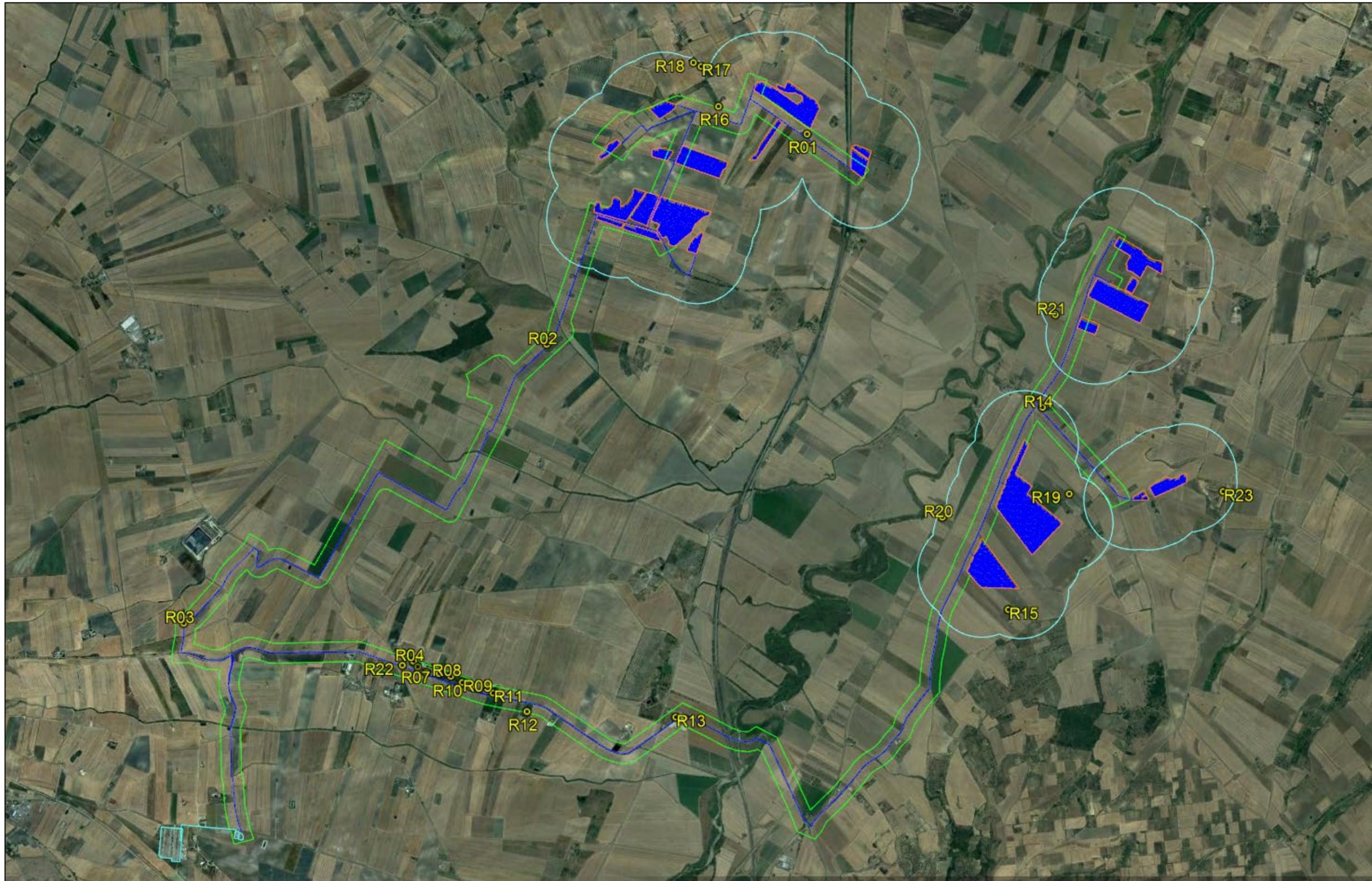


Figura 7: Inquadramento territoriale su ortofoto estratta da Google Earth dell'area di installazione dei moduli (pannellatura in blu), del relativo buffer di 500 m (in ciano), con evidenza dei recettori individuati (etichette gialle con sigle R2, R3,....,etc), del tracciato del cavidotto (in blu) e del relativo buffer di 100 m. (in verde)

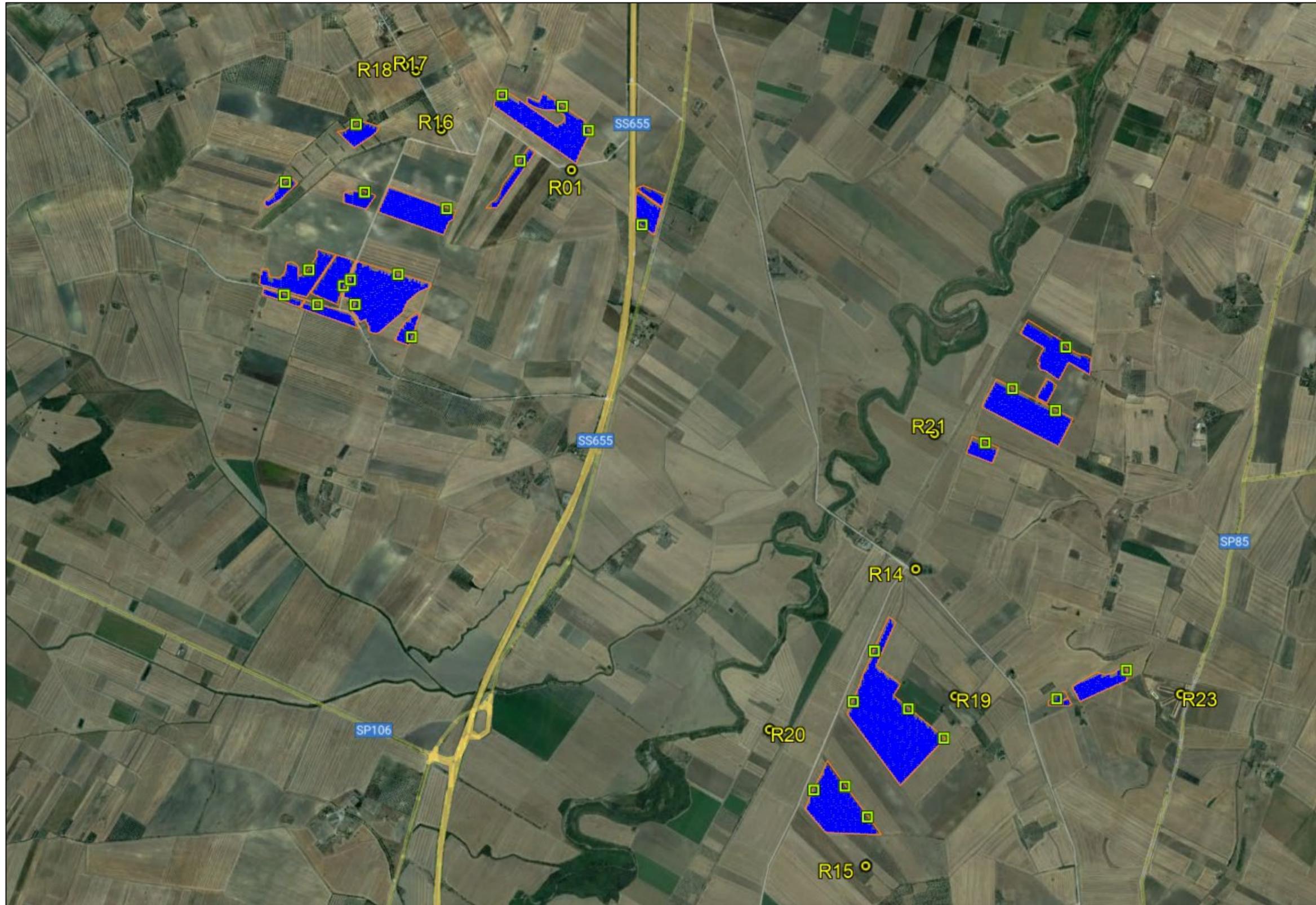


Figura 8: Inquadramento territoriale su ortofoto estratta da Google Earth dell'area di installazione dei moduli (pannellatura in blu), con evidenza dei recettori individuati per l'area campo FV (R), degli inverter e dei trasformatori alloggiati all'interno delle cabine di campo (quadrati in verde).

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.

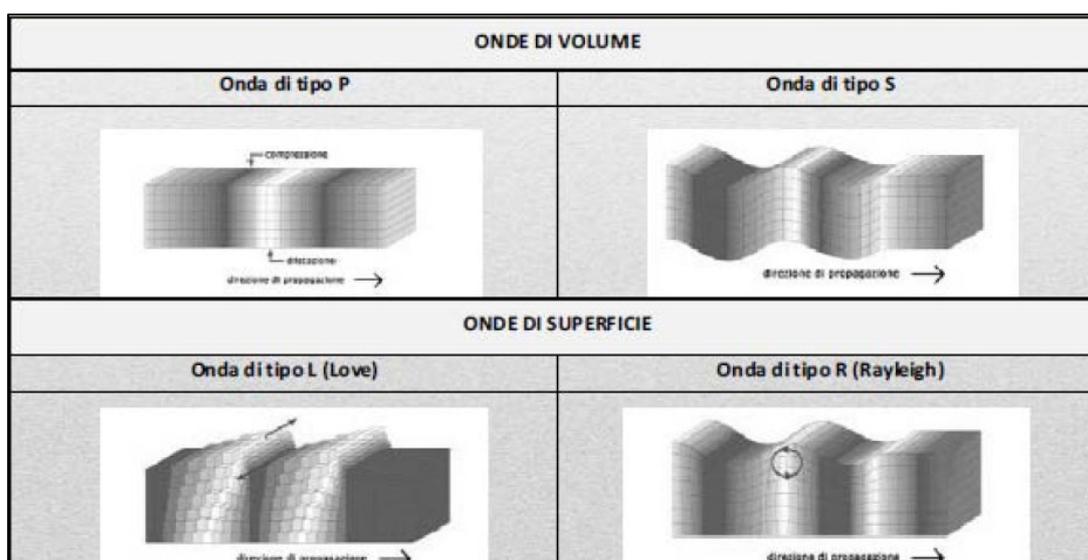


Figura 9: Differenti tipologie di Onde di Volume e Superficie

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.

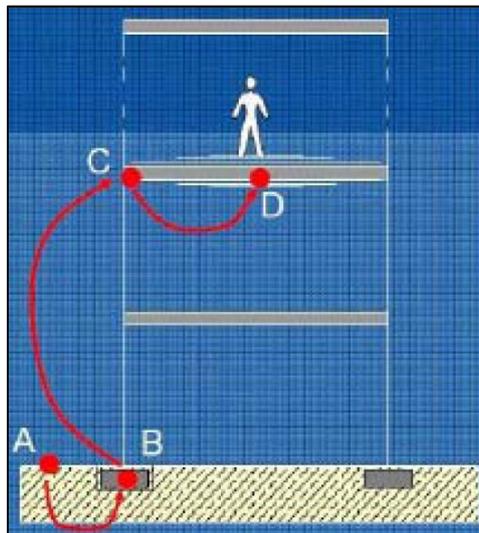


Figura 10: Schematizzazione semplificata della propagazione delle vibrazioni nel sistema terreno-edificio

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

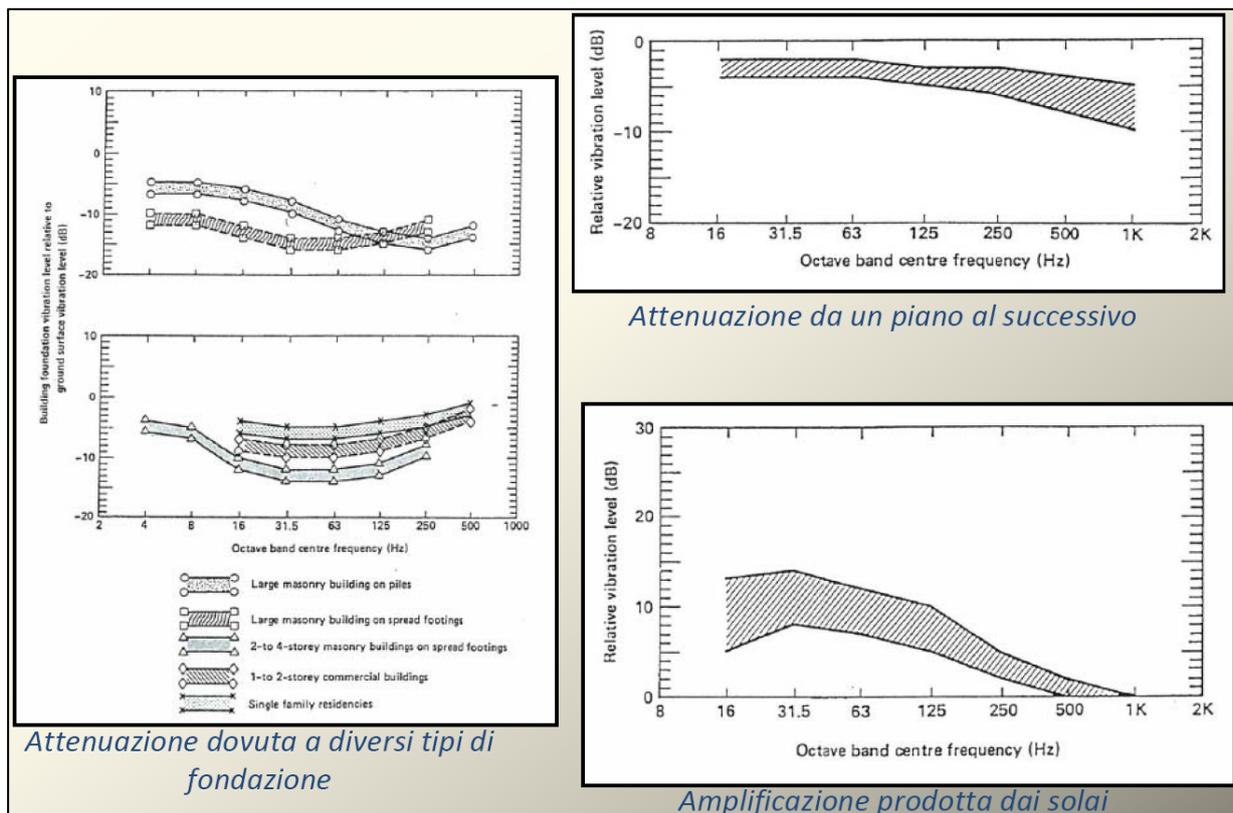


Figura 11: Esempi di Attenuazione/Amplificazione dei fenomeni vibratorii/oscillatori nei differenti elementi

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 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:

- 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 nel caso studio, 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, 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.

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.

Tabella 4: 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 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. Nella tabella a seguire sono evidenziate le classi di sensibilità:

Tabella 5: 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

3. STIMA PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI IN FASE DI ESERCIZIO

Gli impianti fotovoltaici sono costituiti da singoli moduli fotovoltaici collegati elettricamente tra di loro secondo schemi serie/parallelo. In particolare, il layout di impianto viene realizzato collegando i moduli in modo da costituire stringhe, queste a loro volta sono collegate in modo da formare gruppi di stringhe. I gruppi di stringhe, colpiti dalla luce solare, producono energia elettrica in corrente continua, che prima di poter essere immessa in rete deve preventivamente essere convertita in corrente alternata ed elevata a opportuni valori di tensione. Tali operazioni si realizzano mediante l'uso inverter e trasformatori, che generalmente vengono alloggiati in cabine poste all'interno del layout del campo fotovoltaico. Nel nostro caso, la conversione della corrente continua in alternata viene effettuata da opportuni inverter detti di stringa, posti alla base delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici; la fase di adattamento della tensione ai livelli necessari alla distribuzione è a carico di trasformatori posti all'interno di cabine di campo. Le cabine di campo sono a loro volta collegate a un'unica cabina di raccolta dalla quale poi si sviluppa una linea MT interrata per il trasferimento dell'energia alla rete elettrica pubblica.

Nel complesso, per tale tipologia di impianti, le apparecchiature elettriche utilizzate possibili fonte di rumore e vibrazioni sono dunque:

- Moduli fotovoltaici;
- Inverter;
- Trasformatori;

I moduli fotovoltaici sono apparecchiature statiche che non comportano né emissioni acustiche, né la trasmissione di vibrazioni al terreno per cui possono essere escluse dallo studio in esame.

Inverter e trasformatori sono generalmente i dispositivi responsabili di emissioni acustiche a causa dell'esigenza di raffreddamento dei componenti elettronici di cui sono costituiti mediante l'utilizzo di ventole di raffreddamento in numero e dimensioni variabili in funzione della tipologia e della potenza.

Tuttavia, per quanto riguarda le vibrazioni emesse da tali dispositivi, queste hanno intensità estremamente contenute, tali da risultare efficacemente smorzate dal terreno già a distanze di pochi metri (1-2 m). Per cui si ritiene che le vibrazioni prodotte dalle apparecchiature elettriche oggetto di studio risultino sostanzialmente non rilevabili/impercettibili a distanza di pochi metri.

Dunque si può concludere che l'apporto in termini di effetti o sensazioni di vibrazione nei confronti di specifici recettori e/o strutture e fabbricati di qualsiasi natura, durante la fase di esercizio si attesta su livelli di vibrazione con valori inferiori la soglia di percezione umana e pertanto il loro contributo può essere considerato trascurabile e/o nullo.

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:

1. 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 6: 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 ($V_r=0.92 V_s$)

2. 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".
3. 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 tipologie di fondazioni cui sono dotati i recettori non sono stati tenuti in conto.

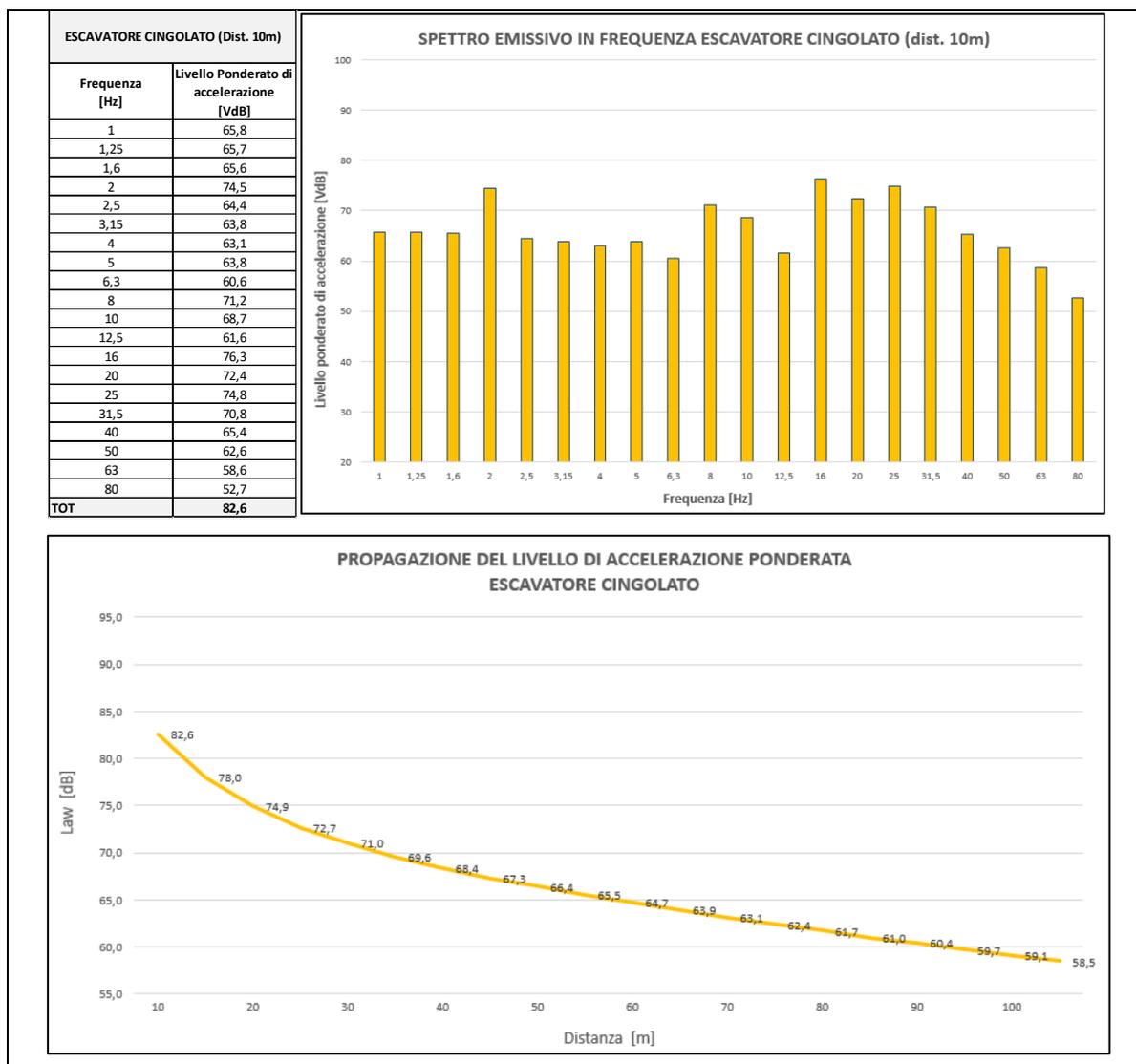


Figura 12: Spettro emissivo in frequenza e andamento grafico della propagazione in funzione della distanza del livello di accelerazione ponderata delle sollecitazioni prodotte da un escavatore cingolato in fase di cantiere.

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 cavidotto esterno di collegamento alla stazione elettrica di trasformazione, per le quali, sebbene i recettori si 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 alcune ore, in quanto le lavorazioni sono realizzate avanzando lungo il percorso del cavidotto.



5. CONCLUSIONI

Per un impianto fotovoltaico in fase di esercizio si può concludere che, per quanto attiene l'emissione di vibrazioni da parte delle apparecchiature elettriche, 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.

Allo stesso modo il dato previsionale ottenuto per la fase di cantiere conferma che l'impatto causato dalle vibrazioni durante la realizzazione dell'impianto fotovoltaico 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 solo lievi disturbi possono verificarsi per i recettori posti più in prossimità del tracciato stradale, essendo le lavorazioni in prossimità degli edifici ma concentrate in periodi di tempo estremamente ridotti.

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