

Regione Puglia



Provincia di Foggia



Comune di Apricena



Comune di San Paolo di Civitate



Committente:



RENANTIS ITALIA s.r.l.  
CORSO ITALIA 3, 20122 MILANO (MI)  
c.f. IT10500140966

Titolo del Progetto:

### Progetto di un impianto fotovoltaico con sistema di accumulo integrato con impianto olivicolo - denominato "Mezzanelle"

Documento:	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Richiesta Autorizzazione Unica ai sensi del D. Lgs. 387 del 29/09/2003	Codice Pratica:	<b>OLKV965</b>	N° Tavola:	<b>T.8</b>
Elaborato:	<b>Relazione previsionale sulle vibrazioni</b>	SCALA:	<b>N.D.</b>		
		FOGLIO:	<b>1 di 1</b>		
		FORMATO:	<b>A4</b>		

Folder:	-	Nome file:	<b>OLKV965_</b> Relazione_previsionale_sulle_vibrazioni_T.8.pdf
---------	---	------------	---

<b>Progettazione:</b>  <b>NEW DEVELOPMENTS S.r.l.</b> Piazza Europa, 14 87100 Cosenza (CS)	<b>Progettisti:</b>  dott. ing. Giovanni Guzzo Foliaro      dott. ing. Amedeo Costabile      dott. ing. Francesco Meringolo		
--	---	--	--

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	29/09/2023	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	RENANTIS	RENANTIS

## Indice

<b>Premessa</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Riferimenti tecnici e normativi</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Descrizione del progetto</b> .....	<b>4</b>
2.1 <i>Il territorio</i> .....	4
2.2 <i>Il progetto</i> .....	4
<b>3. Le Vibrazioni</b> .....	<b>6</b>
3.1 <i>Cenni sulle vibrazioni</i> .....	6
3.2 <i>Vibrazioni e normativa</i> .....	7
<b>4. Cantierizzazione</b> .....	<b>12</b>
<b>5. Previsione impatto da vibrazioni</b> .....	<b>15</b>
5.1 <i>Ricettori</i> .....	15
5.2 <i>Calcolo e Valutazione impatto vibrazioni sui ricettori</i> .....	17
<b>6. Conclusioni</b> .....	<b>20</b>

## Premessa

Lo scopo del presente documento è quello di illustrare la previsione d'impatto da vibrazioni indotte dai mezzi in fase di lavorazione del cantiere per la realizzazione del parco fotovoltaico denominato "Mezzanelle", di potenza complessiva pari a 47,2696 MW, da installarsi a circa 1 Km dal centro abitato del Comune di Apricena (FG).

La valutazione dell'impatto delle vibrazioni viene effettuata in relazione alla presenza antropica dell'area presa in esame e alle attività che vi si svolgono. Tale analisi è condotta con lo scopo di prevedere, mediante la stima dei livelli delle vibrazioni immesse, gli effetti generati nel territorio circostante dalle attività di cantiere.

La costruzione delle opere in progetto implica l'utilizzo di mezzi e macchinari che possono essere considerati sorgenti vibranti. I moti vibratorii così generati si propagano nel terreno a ridosso delle zone di immissione e possono interessare edifici situati in prossimità delle aree di lavorazione. Tali moti vibratorii, filtrati dall'accoppiamento terreno-fondazioni, interessano tutta la struttura e sono percepite dalle persone che abitano gli edifici direttamente o indirettamente attraverso il "solido" emesso dalle strutture e dagli oggetti posti in vibrazione. Nei ricettori prossimi alle aree in cui si eseguono lavorazioni si possono verificare criticità causate da attività come le operazioni di scavo all'aperto e in sotterraneo. Altre criticità possono essere dovute al transito di mezzi pesanti di cantiere su strade e piste estremamente prossime ai ricettori in particolar modo nel caso in cui queste siano dissestate. Alle diverse caratteristiche delle sorgenti vanno affiancate, in tema di valutazione delle problematiche prodotte in questa fase, gli effetti di attenuazione o di amplificazione indotti dalla natura dei terreni presenti e le caratteristiche tipologiche dei ricettori stessi.

Tale documento è stato redatto basandosi su:

- normative di riferimento: leggi nazionali, regionali e normativa tecnica di settore;
- informazioni di tipo progettuale: caratteristiche dell'opera in progetto, e fasi di cantiere
- informazioni sul territorio: ubicazione e caratterizzazione dei ricettori, grado di sensibilità.

Partendo dall'analisi degli strumenti urbanistici dei comuni interessati all'opera si è proceduto, previa verifica mediante indagini e sopralluoghi, all'individuazione di eventuali ricettori o ricettori sensibili potenzialmente impattati dalle lavorazioni. Le caratteristiche del territorio e dell'opera da realizzare; gli strumenti utilizzati e i risultati di tale indagine preliminare, nonché delle stime previsionali d'impatto saranno illustrati nei capitoli successivi.

## 1. Riferimenti tecnici e normativi

A livello nazionale non esiste al momento una norma che stabilisca valori limite per l'esposizione alle vibrazioni si fa riferimento alle seguenti norme tecniche, nazionali ed internazionali:

- 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;
- UNI 9916: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.

## 2. Descrizione del progetto

### 2.1 Il territorio

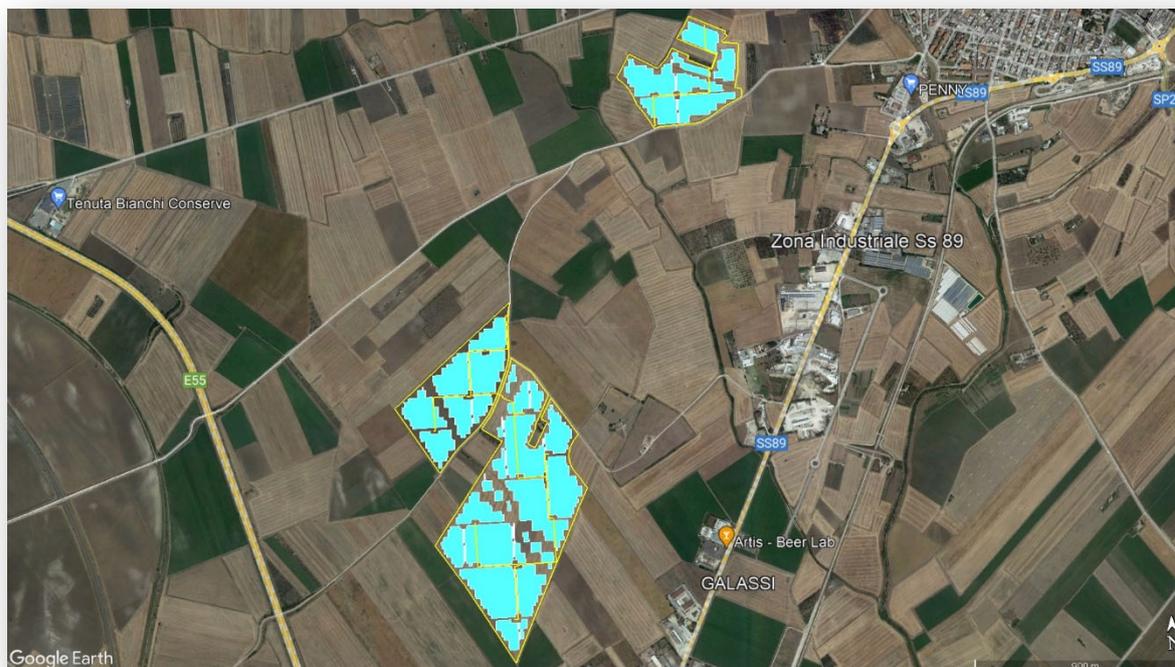
L'area interessata dal parco oggetto dell'indagine è collocata in una zona dal contesto orografico regolare e pianeggiante. Tutta la zona che circonda il parco è scarsamente antropizzata e utilizzata principalmente a scopo agricolo.

### 2.2 Il progetto

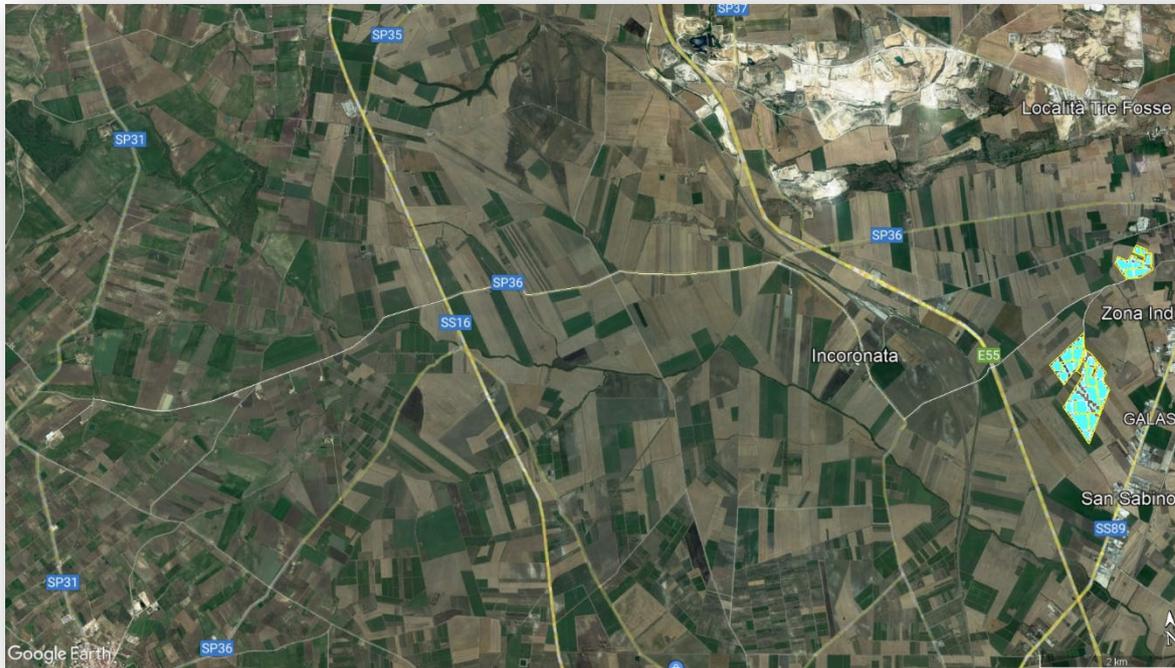
Le aree occupate dall'impianto saranno dislocate all'interno delle particelle di terreno site in agro dei territori comunali di Apricena (FG) e di San Paolo di Civitate (FG). Esse sviluppano una superficie recintata complessiva lorda di circa 63,98 Ha suddivisi in più campi che presentano struttura orografica regolare e prevalentemente pianeggiante.

L'impianto fotovoltaico sarà connesso alla RTN, con punto di connessione individuato nel territorio del comune di San Paolo di Civitate (FG) nella futura stazione TERNA, tramite cavidotto interrato di Media Tensione che si sviluppa su strade esistenti.

Nello specifico, le aree occupate dall'impianto si sviluppano in 3 grandi campi fotovoltaici a loro volta suddivisi in 14 sottocampi, come meglio si evince dalle figure che seguono:



**Figura 1 – aerofoto con evidenza delle aree occupate suddivise in campi**



**Figura 2 – aerofoto campi fotovoltaici e percorso cavidotto**

### 3. Le Vibrazioni

#### 3.1 Cenni sulle vibrazioni

Le vibrazioni sono oscillazioni meccaniche generate da onde di pressione che si trasmettono attraverso corpi solidi. 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 un'ampia gamma di strumenti vibranti diffusi in ambito industriale.

Le vibrazioni sono caratterizzate da altri tre parametri: l'ampiezza dello spostamento, la velocità e l'accelerazione. Un'onda è una perturbazione elastica che si propaga da punto a punto attraverso un materiale o sulla superficie, senza che questo implichi lo spostamento definitivo del materiale. Le Onde si distinguono in onde di volume e onde di superficie.

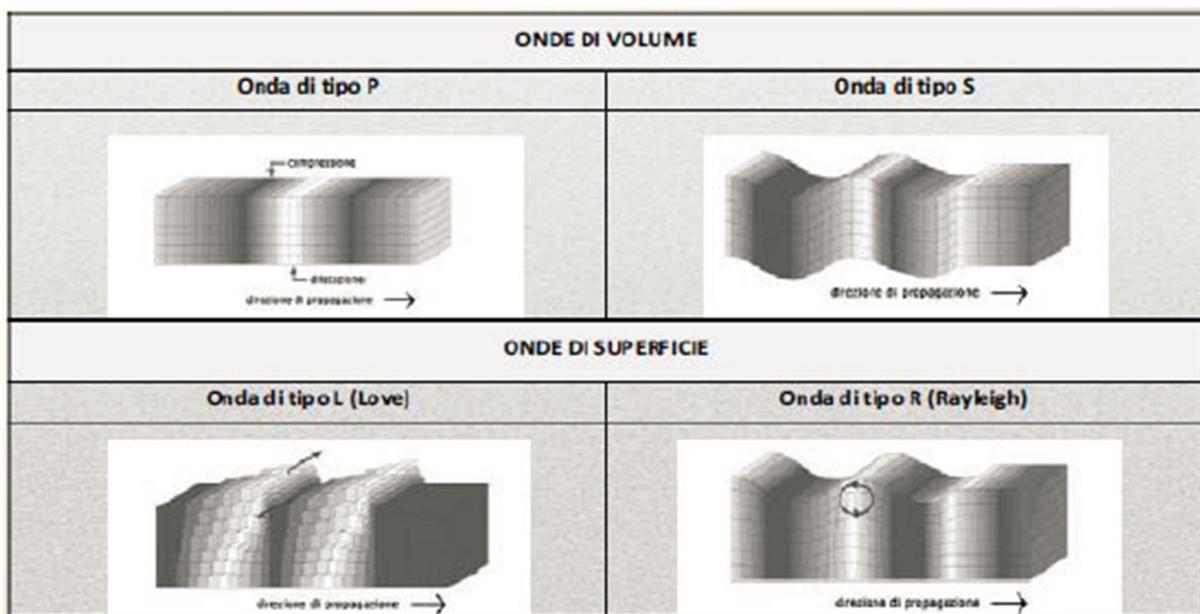


Figura 3 – Tipi di onde vibrazionali

Le vibrazioni sono caratterizzate da altri tre parametri: l'ampiezza dello spostamento, la velocità e l'accelerazione. Un'onda è una perturbazione elastica che si propaga da punto a punto attraverso un materiale o sulla superficie, senza che questo implichi lo spostamento definitivo del materiale. Le Onde si distinguono in onde di volume e onde di superficie.

Le onde di compressione sono le più veloci, mentre le onde di taglio e di superficie decadono più lentamente con la distanza. Quando viene imposto sul terreno un prefissato livello di vibrazione, questo si propaga nel mezzo, subendo un'attenuazione dipendente dalla natura del terreno, frequenza del segnale, distanza tra sorgente e ricettore.

In presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante fondazioni, i livelli vibrazionali riscontrabili all'interno degli edifici possono presentare attenuazioni e/o amplificazioni.

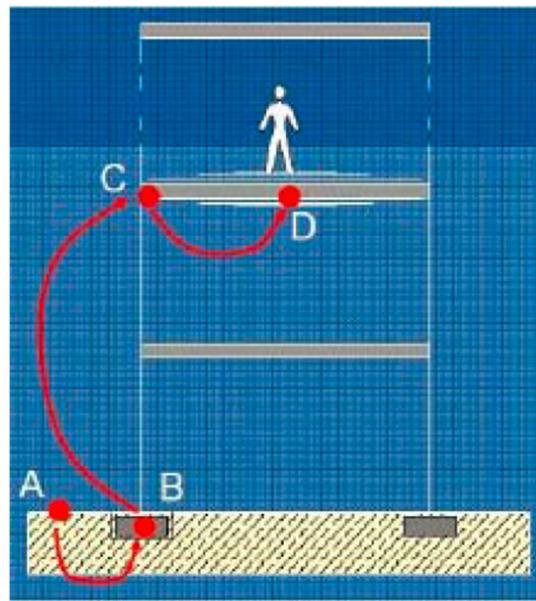


Figura 4 – Schematizzazione terreno-edificio

### 3.2 Vibrazioni e normativa

Le norme di riferimento sono la ISO 2631 e la UNI 9614 che indicano nell'accelerazione del moto vibratorio, il parametro fisico che può caratterizzare le vibrazioni ai fini della valutazione del disturbo indotto sulle persone. Poiché l'accelerazione è una grandezza vettoriale, la descrizione completa del fenomeno vibratorio deve essere effettuata misurando la variabilità temporale della grandezza in tre direzioni mutuamente ortogonali. Un altro parametro assai importante da quantificare ai fini del disturbo alle persone è il contenuto in frequenza dell'oscillazione dei punti

materiali. Per quanto riguarda l'organismo umano, è noto che esso percepisce in maniera più marcata fenomeni vibratorii caratterizzati da basse frequenze (1-16 Hz) mentre, per frequenze più elevate la percezione diminuisce. Il campo di frequenze d'interesse è quello compreso tra 1 e 80 Hz. Questo è quanto si evince dalla norma ISO 2631, che riporta i risultati di studi effettuati sottoponendo l'organismo umano a vibrazioni pure (ossia monofrequenza) di frequenza diversa.

La **UNI 9614** definisce:

- a) i tipi di vibrazioni;
- b) i tipi di locali o edifici;
- c) i periodi di riferimento;
- d) i limiti che costituiscono il disturbo;
- e) il metodo di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o

interne agli edifici stessi.

#### **a) Tipi di vibrazioni**

Le vibrazioni immesse in un edificio si considerano:

- di livello costante: quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s) varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;
- di livello non costante: quando il livello suddetto varia in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB;
- impulsive: quando sono originate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

La direzione lungo le quali si propagano le vibrazioni sono riferite alla postura assunta dal soggetto esposto. Gli assi vengono così definiti:

- asse z passante per il coccige e la testa;
- asse x passante per la schiena e il petto;
- asse y passante per le due spalle.

La direzione della verticale coincide con l'asse z per un soggetto in piedi o seduto con l'asse x per un soggetto disteso.

Le vibrazioni oggetto dello studio sono di livello non costante.

#### **b) Tipi di locali o edifici**

I locali o gli edifici in cui sono immesse le vibrazioni sono classificati a seconda della

Tav. T.8	Relazione previsionale sulle vibrazioni	8 di 20
----------	---	---------

loro destinazione d'uso in: aree critiche, abitazioni, uffici, fabbriche.

### c) Periodi di riferimento

La giornata è suddivisa in due periodi di tempo:

- diurno, dalle ore 7.00 alle ore 22.00;
- notturno, dalle ore 22.00 alle ore 7.00.

### d) Limiti che costituiscono il disturbo

Per la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello non costante, i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, corrispondenti ai più elevati riscontrati sui tre assi, possono essere confrontati con i limiti riportati nella Tabella 1 e la Tabella 2 per asse Z e assi X e Y. Utilizzando il filtro valido per posture non note o variabili nel tempo (filtro per assi combinati UNI 9614), si assumono come limiti i valori relativi agli assi X e Y.

**Tabella 1 – Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in  
frequenza validi per gli assi X e Y (Prospetto III - UNI 9614)**

Destinazione d'uso	$a_w$ (m/s <sup>2</sup> )	Lw(dB)
Aree critiche	$3,6 \cdot 10^{-3}$	71
Abitazioni notte	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni giorno	$7,2 \cdot 10^{-3}$	77
Uffici	$14,4 \cdot 10^{-3}$	83
Fabbriche	$28,8 \cdot 10^{-3}$	89

**Tabella 2 – Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in  
frequenza validi per l'asse Z (Prospetto III - UNI 9614)**

Destinazione d'uso	$a_w$ (m/s <sup>2</sup> )	Lw (dB)
Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni notte	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77
Abitazioni giorno	$10,0 \cdot 10^{-3}$	80
Uffici	$20,0 \cdot 10^{-3}$	86
Fabbriche	$40,0 \cdot 10^{-3}$	92

Poiché le vibrazioni indotte dalle lavorazioni di cantiere sono di livello costante o variabile non impulsivo (secondo UNI 9614), il parametro da stimare per valutare se il fenomeno misurato sia disturbante è il livello equivalente dell'accelerazione ponderata in frequenza (Lw). Il valore così determinato viene confrontato con i limiti indicati dalla norma UNI 9614.

Quando i valori dei livelli delle vibrazioni in esame superano i limiti, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto. Il giudizio sull'accettabilità (tollerabilità) del disturbo oggettivamente riscontrata dovrà ovviamente tenere conto di fattori quali la frequenza con cui si verifica il fenomeno vibratorio, la sua durata, ecc..

#### e) Le misure

Le vibrazioni di livello non costante vanno caratterizzate rilevando in un intervallo di tempo rappresentativo l'accelerazione equivalente ( $a_{w,eq}$ ) o il corrispondente livello ( $L_{w,eq}$ ) definiti dalla seguente relazione:

$$a_{w,eq} = \left[ (1/T) \int_0^T [a_w(t)]^2 dt \right]^{0,5}$$

$$L_{w,eq} = 10 \log \left[ (1/T) \int_0^T \left[ \frac{a_w(t)}{a_o} \right]^2 dt \right]$$

dove:

$a_w(t)$  è il valore efficace dell'accelerazione;

T è la durata del rilievo espresso in secondi;

$a_o$  è il valore efficace dell'accelerazione di riferimento (=  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>).

Gli effetti delle vibrazioni ponderate in frequenza sono cumulativi per cui va impiegato un metodo di misura basato sulla valutazione complessiva delle accelerazioni nell'intervallo 1-80 Hz. Dato che gli effetti prodotti dalle vibrazioni sono differenti a seconda della frequenza delle accelerazioni, vanno impiegati dei filtri che ponderano le accelerazioni a seconda dei loro effetti sul soggetto esposto. Tali filtri rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo. Il filtro per le accelerazioni che si trasmettono secondo l'asse z prevede una attenuazione di 3 dB per ottava tra 1 e 4 Hz, una attenuazione nulla tra 4 e 8 Hz ed un'attenuazione di 6 dB per ottava tra 8 e 80 Hz.

#### Norma UNI 9916

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati da tale norma "*Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici*" che fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii per valutare gli effetti sugli edifici in relazione alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Vengono inoltre fornite metodologie per ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o anche su edifici diversi a parità di eccitazione. La gamma di frequenza presa in

Tav. T.8	Relazione previsionale sulle vibrazioni	10 di 20
----------	---	----------

considerazione varia da 0,1 Hz a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale come per esempio il vento, nonché ad eccitazione causata dall'uomo. In alcuni casi l'intervallo di frequenza può essere più ampio, come ad esempio vibrazioni indotte da macchinari all'interno degli edifici stessi, tuttavia eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono in grado di influenzare significativamente la risposta dell'edificio. Le vibrazioni causate da urti prodotti da esplosioni, da battiture di pali o da altre sorgenti a ridosso della struttura non sono inclusi nella sopraccitata gamma di frequenza, ma lo sono però i loro effetti sulla struttura.

L'Appendice A della UNI 9916 contiene una guida semplificata per la classificazione degli edifici secondo la loro probabile reazione alle vibrazioni meccaniche trasmesse attraverso il terreno.

La classificazione viene effettuata in base ai seguenti fattori:

- tipo di costruzione;
- tipo di fondazione;
- tipo di terreno;
- fattori di importanza sociale.

Le strutture comprese nella classificazione riguardano:

- tutti gli edifici residenziali e gli edifici utilizzati per le attività professionali (case, uffici, ospedali, case di cura, ecc...);
- gli edifici pubblici (municipi, chiese, ecc.);
- edifici vecchi ed antichi con un valore architettonico, archeologico e storico;
- le strutture industriali più leggere spesso concepite secondo le modalità costruttive in uso per gli edifici abitativi.

La categoria di struttura è classificata in una scala da 1 a 8 (a numero crescente di categoria corrisponde una minore resistenza alle vibrazioni) in base ad una ripartizione in due gruppi di edifici, edifici vecchi e antichi o strutture costruite con criteri tradizionali (Gruppo 1) e edifici e strutture moderne (Gruppo 2). L'associazione della categoria viene fatta risalire alle caratteristiche tipologiche e costruttive della costruzione e al numero di piani.

Al paragrafo 9 della norma UNI 9916 viene precisato che danni strutturali all'edificio nel suo assieme attribuiti a vibrazioni continue sono estremamente rari e comunque è necessario che le vibrazioni raggiungano livelli tali da causare prima fastidio e dolore agli occupanti l'edificio medesimo. Ciò non implica che si possano escludere a priori danni alle strutture una volta verificato che i livelli delle vibrazioni siano inferiori a quelli stabiliti dalle varie normative per il disturbo alle persone.

Per la valutazione degli effetti sull'uomo si deve considerare un intervallo di frequenze tra 1 e 80 Hz mentre gli edifici possono essere interessati da una gamma di frequenza più ampia; pertanto, nel caso in cui un edificio rispondesse ad una particolare eccitazione con uno spettro il cui contenuto energetico fosse distribuito soprattutto a frequenze maggiori di 80 Hz, si potrebbe sottostimare il problema verificando il rispetto delle norme ISO 2631-2 e UNI 9916. Inoltre, se si volessero confrontare i limiti delle due "famiglie" di norme esprimendoli entrambi in termini di velocità, bisognerebbe tenere conto che quelli relativi al disturbo per gli individui sono riferiti a valori efficaci di velocità mentre quelli relativi alla stabilità degli edifici a valori di picco. *Nei casi in cui la gamma di frequenze caratteristiche delle vibrazioni indotte negli edifici sia compresa tra 1 a 80 Hz si può ritenere sufficiente la verifica dei livelli per il disturbo agli individui.*

#### 4. Cantierizzazione

Per quanto riguarda la cantierizzazione le lavorazioni necessarie per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico oggetto di studio si possono sintetizzare nelle seguenti fasi:

- Fase1: Predisposizione del cantiere attraverso i rilievi sull'area e la realizzazione di viabilità di accesso alle aree del proposto campo fotovoltaico, allestimento dell'area di cantiere recintata ed il posizionamento delle baracche prefabbricate, delle aree di deposito, dei materiali e dei macchinari eventualmente necessari;
- Fase2: Realizzazione delle stradine di servizio mediante adattamento della viabilità esistente e delle eventuali opere d'arte in essa presenti, qualora la stessa non sia idonea al passaggio degli automezzi per il trasporto in sito dei componenti e delle attrezzature;
- Fase3: Scavo puntuale e posa dei telai di sostegno dei moduli fotovoltaici e del sistema di inseguimento solare (tracker);
- Fase4: Realizzazione dei cavidotti interrati per la posa in opera dei cavi degli elettrodotti;
- Fase5: Realizzazione delle platee di fondazione delle cabine elettriche prefabbricate e posa dei locali tecnologici prefabbricati;
- Fase6: Trasporto e montaggio dei componenti di impianto (strutture di sostegno, moduli fotovoltaici, quadri elettrici di parallelo, apparecchiature elettriche), connessioni elettriche lato impianto (moduli, inverter, quadri BT, quadri MT) e lato rete di distribuzione;
- Fase7: Collaudi elettrici e realizzazione delle opere minori (regimazione idraulica superficiale, trincee drenanti, messa in opera degli impianti di illuminazione esterna e del sistema di videosorveglianza/antintrusione;

- Fase8: Opere di ripristino e mitigazione ambientale: il trasporto a rifiuto degli inerti utilizzati per la realizzazione degli scavi e delle fondazioni.

**Tabella 3 – Cronoprogramma tipo**

DESCRIZIONE ATTIVITA'	MESI												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Predisposizione cantiere	■	■											
Opere civili: movimento terra, viabilità di servizio, alloggiamenti strutture, cavidotti, fondazioni cabine etc.		■	■	■									
Installazione cabine di trasformazione e consegna			■	■	■								
Installazione strutture			■	■	■	■							
Installazione moduli			■	■	■	■	■						
Connessioni elettriche BT, MT e SSE per collegamento alla RTN						■	■	■	■	■	■		
Collaudi e verifiche funzionali											■		
Smantellamento cantiere												■	

Per quel che concerne le macchine e le attrezzature che verranno utilizzate nelle varie fasi di cantiere sono di seguito elencate le più rilevanti per il presente studio, dunque quelle più rumorose che dovranno essere attenzionate poiché durante il loro funzionamento potrebbero essere fonte potenziale di disturbo:

**Tabella 4 – Macchine tipo e relativa potenza sonora**

Macchina/attrezzo
Autocarro
Autogrù
Pala meccanica
Smerigliatrice
Dumper
Escavatore
Fresa – spazzatrice stradale



## 5. Previsione impatto da vibrazioni

### 5.1 Ricettori

Al fine di verificare il potenziale impatto vibrazionale prodotto delle lavorazioni all'interno del cantiere per la realizzazione del parco fotovoltaico oggetto di studio sono stati individuati i fabbricati nelle vicinanze distinguendoli per categoria catastale e tra questi individuare i ricettori continuativamente abitati in modo da attenzionarli in maniera più particolare: non sono stati individuati ricettori sensibili. Occorre sottolineare che gli sporadici edifici intorno all'area su cui verrà realizzato l'impianto sono risultati spesso in disuso e nessuno di questi è destinato ad abitazione, come si evince dalle destinazioni catastali di cui alla tabella che segue.

Le figure e la tabella che seguono illustrano i 9 ricettori individuati e numerati

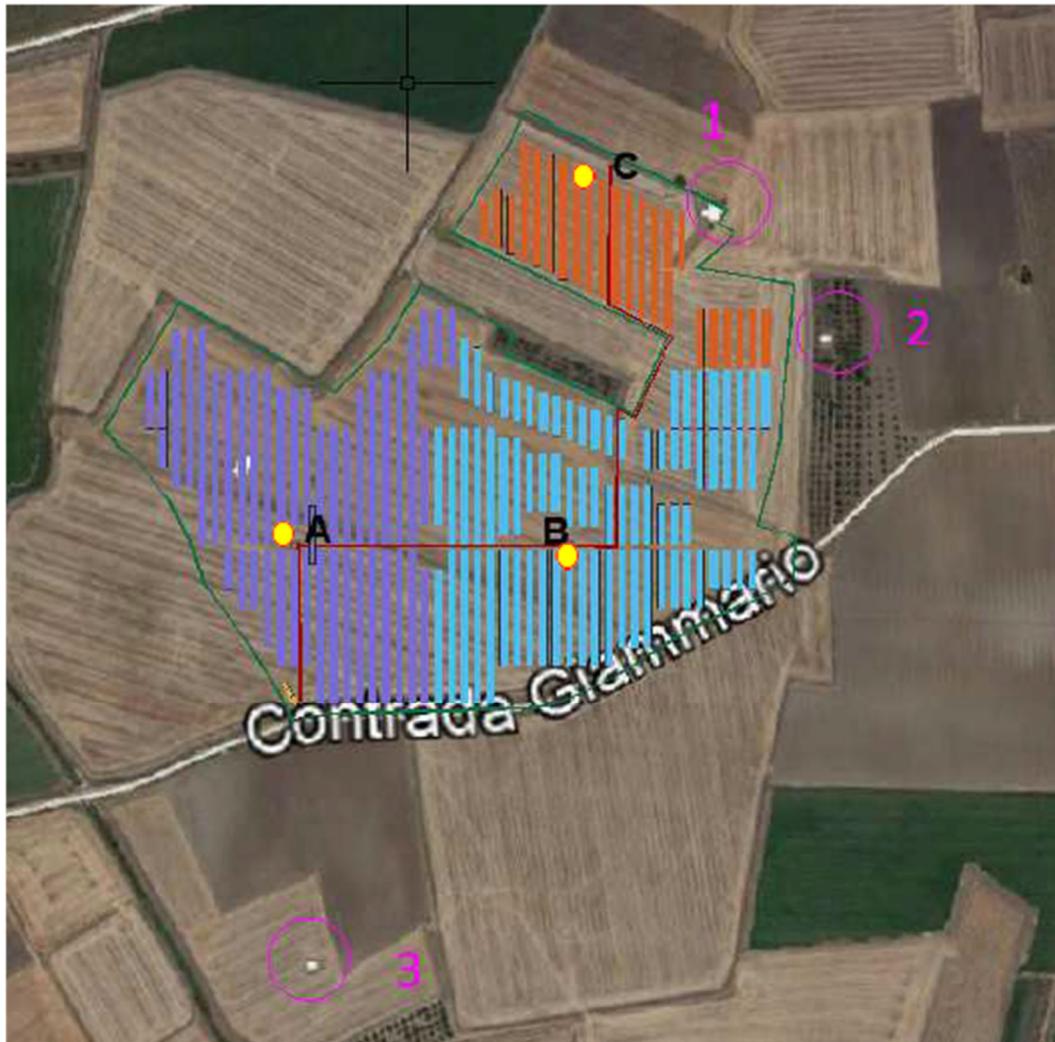


Figura 5 – Ricettori da 1 a 3

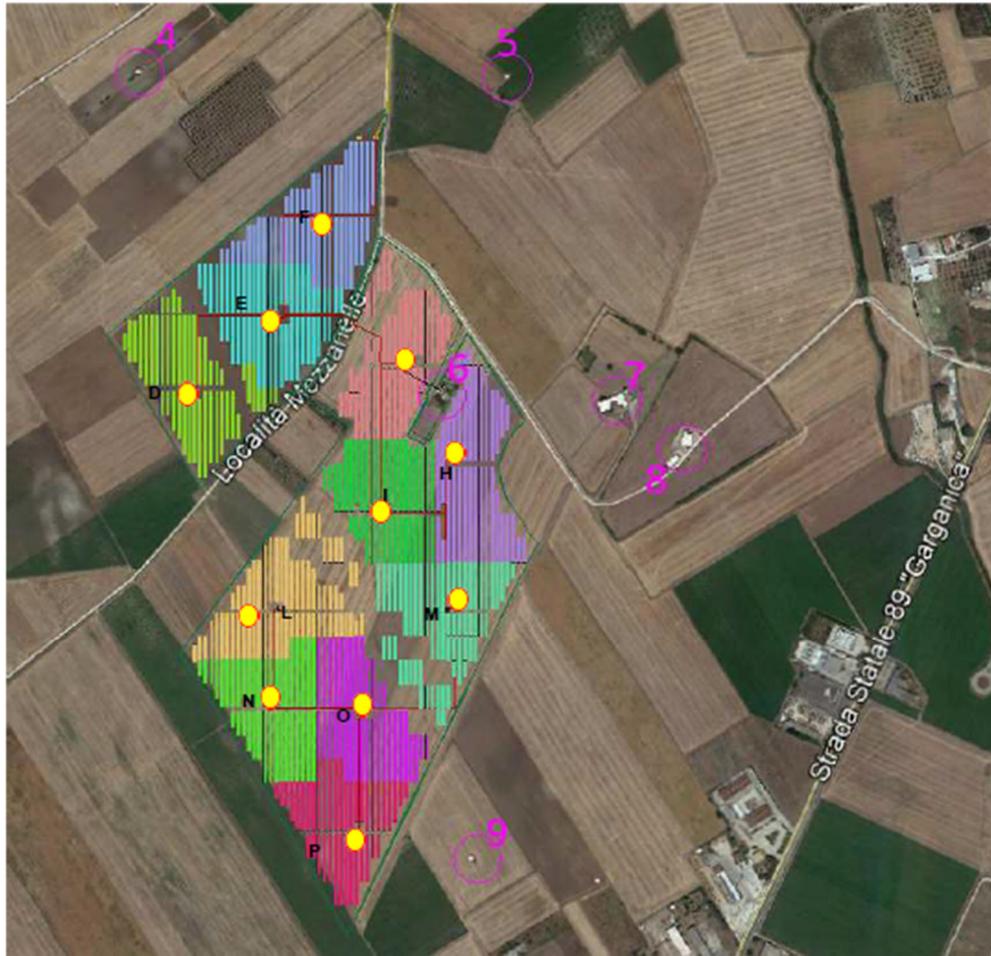


Figura 6 – Ricettori da 4 a 9

Tabella 5 – Coordinate posizione ricettore

Ricettore	Foglio	Particella	Categoria		Distanza dalle lavorazioni (m)*
1	38	346	F/2	unità collabenti	10
2	38	284	-	altri fabbricati	40
3	38	72	-	rudere	185
4	58	9	-	altri fabbricati	330
5	59	57	-	altri fabbricati	230
6	67	297	D/10	Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole.	20
7	59	144	-	rudere	150
8	59	143	D/10 F/2	Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole.	275
9	67	299	C/2	Magazzini e locali deposito	120

\*La distanza è calcolata dal limite della recinzione del campo più prossimo al ricettore

Oltre ai ricettori in tabella 5, lungo il percorso del cavidotto che fungerà da collegamento con l'impianto e la sottostazione elettrica e che si snoda su strade esistenti, è stato individuato in un fabbricato civile abitazione il ricettore più vicino alle lavorazioni di scavo e dunque potenzialmente impattato dalle vibrazioni.

Nella figura che segue è visualizzata la posizione del ricettore lungo la SP33 e la presunta distanza dalle lavorazioni:

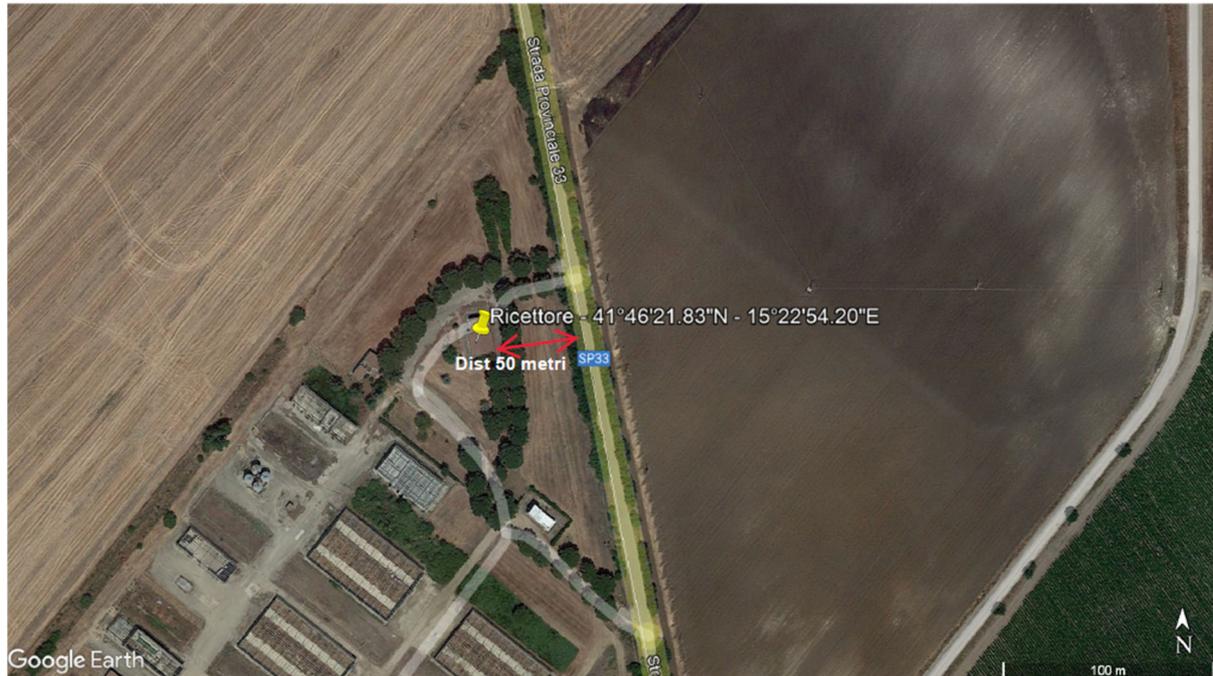


Figura 7 – Ricettore lungo il percorso del cavidotto

## 5.2 Calcolo e Valutazione impatto vibrazioni sui ricettori

Per la valutazione dell'impatto delle vibrazioni prodotte dai mezzi in lavorazione all'interno del cantiere, in mancanza di software di modellazione, si deve procedere per via empirica. Di fatto la diversità delle possibili sorgenti vibratorie (tipologia di escavatori utilizzati per gli scavi e per le demolizioni ecc...), la complessità dei fenomeni di interazione tra sorgente e terreno, la complessità dei fenomeni di propagazione della vibrazione nel terreno e negli edifici fanno sì che i soli metodi disponibili per la previsione del livello di vibrazione indotta da tali attività all'interno delle abitazioni maggiormente esposte siano di natura empirica.

Il metodo utilizzato per la stima delle vibrazioni si basa sul calcolo dell'attenuazione dell'accelerazione dovuta al terreno al crescere della distanza dalla sorgente, immettendo in input il valore di accelerazione sorgente indotta dal mezzo durante la lavorazione sarà calcolata "l'accelerazione

Tav. T.8	Relazione previsionale sulle vibrazioni	17 di 20
----------	---	----------

residua" ad una data distanza: ad esempio la distanza alla quale l'accelerazione scende al di sotto del valore limite.

Nello specifico per il calcolo sarà utilizzata la formula empirica di Rudder che è una formula empirica di base spesso espressa in termini di accelerazione efficace ponderata in frequenza ( $A(0)$ ), che rappresenta l'accelerazione massima a una data distanza dalla sorgente, e la distanza dalla sorgente stessa ( $d$ ).

La formula di Rudder è la seguente:

$$A(d) = \frac{A(0)}{d^b}$$

Dove:

$A(d)$  è l'accelerazione efficace ponderata in frequenza a una distanza  $d$  dalla sorgente.

$A(0)$  è l'accelerazione efficace ponderata in frequenza alla sorgente stessa.

$d$  è la distanza dalla sorgente di vibrazione.

$b$  è un parametro empirico che varia in funzione delle caratteristiche del terreno e dell'ambiente circostante.

Il parametro  $b$  nella formula di attenuazione delle vibrazioni nel terreno varia in base alle caratteristiche del terreno, alla frequenza delle vibrazioni e ad altri fattori ambientali. Non esiste un valore unico per  $b$ , ma è spesso determinato in base a dati sperimentali o modelli previsionali specifici per una data situazione. Il valore di  $b$  può variare ampiamente in diverse situazioni, ma generalmente può assumere valori compresi tra 0,5 e 2.

Ecco alcune considerazioni:

- $b$  vicino a 0,5: Questo valore indica un'attenuazione relativamente bassa delle vibrazioni nel terreno con la distanza. In altre parole, le vibrazioni possono viaggiare per lunghe distanze senza subire una significativa diminuzione dell'ampiezza. Ciò può verificarsi in terreni molto rigidi o a basse frequenze di vibrazione.
- $b$  vicino a 2: Questo valore indica un'attenuazione più elevata delle vibrazioni nel terreno con la distanza. Le vibrazioni si attenuano rapidamente all'aumentare della distanza dalla sorgente. Questo può verificarsi in terreni morbidi o in presenza di alte frequenze di vibrazione.
- $b$  valori intermedi: Valori intermedi di  $b$  indicano un'attenuazione moderata delle vibrazioni nel terreno in funzione della distanza.

Analizzando le lavorazioni previste si è individuata nelle operazioni di scavo quella da attenzionare poiché l'uso dell'escavatore rappresenta senz'altro la maggior produzione di vibrazioni.

Tav. T.8	Relazione previsionale sulle vibrazioni	18 di 20
----------	---	----------

Per il nostro calcolo è stato scelto di inserire in input l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza  $a(m/s^2)$  registrata in prossimità di un escavatore cingolato espresso come Livello di Accelerazione Ponderata in Frequenza  $L_{(w)}(dB)$  pari a 100 dB: il valore dell'accelerazione è stato ricavato dalla letteratura.

Per quanto riguarda il parametro  $b$  è stato scelto il valore di 0,8 che corrisponde ad un'attenuazione del terreno medio-bassa quindi uno scenario peggiorativo.

Il grafico che segue rappresenta l'attenuazione calcolata con la formula di Rudder:

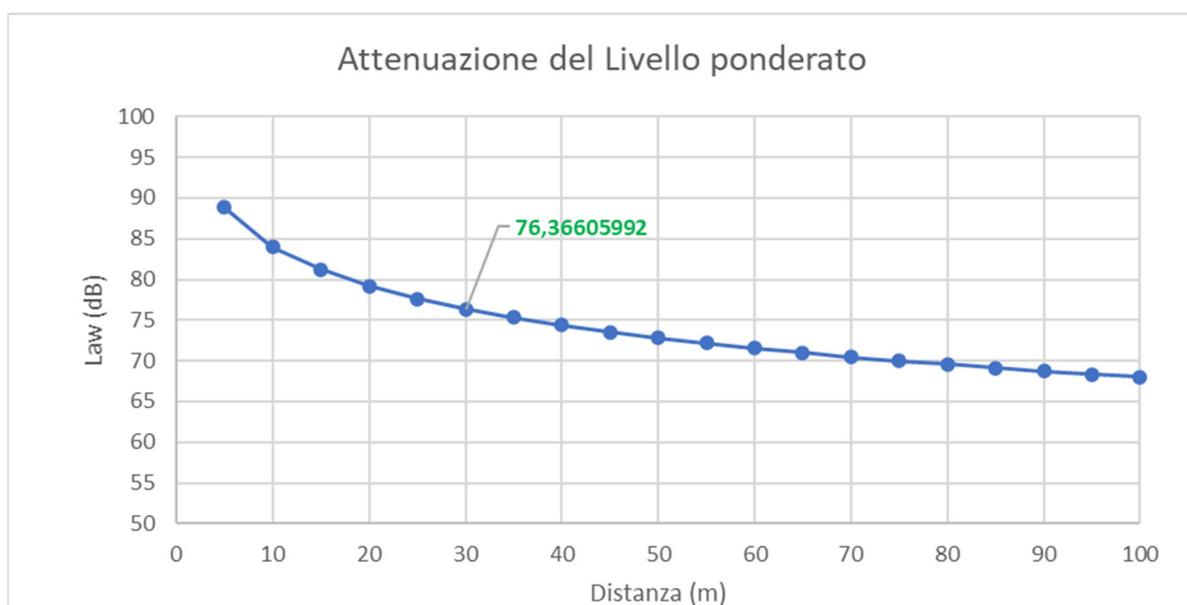


Figura 8 – Grafico attenuazione accelerazione

Ai fini della valutazione delle vibrazioni in termini di disturbo alle persone si fa riferimento alla norma UNI 9614, che indica i valori limite per il livello dell'accelerazione ponderata in frequenza  $L_w$  oltre i quali un fenomeno sismico può essere considerato "oggettivamente disturbante". Tali valori limite dipendono dalla tipologia di vibrazione, dalla destinazione d'uso del locale interessato dalla sismicità e dal periodo temporale (diurno-notturno). Per quanto riguarda i valori di soglia delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza a cui fare riferimento, vengono considerate la Tabella 1 e la Tabella 2 riportate nel paragrafo 3.2.

Nella zona oggetto di studio non sono state individuate aree critiche e nelle fasi di cantiere non sono previste lavorazioni notturne ragion per cui i **livelli limite** con cui ci andiamo a confrontare sono quelli riferiti alle **Abitazioni Giorno: 77 dB per gli assi X Y e 80 dB per l'asse Z**.

## 6. Conclusioni

Come si evince dalla lettura del grafico dell'attenuazione in figura 8 del capitolo precedente **la distanza a cui il Livello di Accelerazione Ponderata in Frequenza scende al di sotto dei limiti contenuti nella UNI 9614 è di circa 30 metri**, distanza in cui **il valore si attesta attorno ai 76 dB**; poiché tutti i ricettori censiti sono ubicati a distanze maggiori - tranne che il Ricettore 1 (risultato un rudere diroccato) e il Ricettore 6 che, essendo utilizzato per attività produttive connesse alle attività agricole, deve essere associato ad un limite superiore rispetto a quelli con cui ci stiamo confrontando - non si ravvisano dunque criticità per quanto riguarda le vibrazioni indotte dalle lavorazioni nelle fasi di cantiere per l'allestimento dell'impianto fotovoltaico oggetto di studio.

Si consiglia comunque all'impresa esecutrice di utilizzare i macchinari per il tempo strettamente necessario alle lavorazioni riducendo al minimo gli spostamenti dei mezzi e moderando la velocità.

**P.I. Eugenio Piccolo**  
**Tecnico Competente Acustica Ambientale**  
**(N. iscrizione ENTECA 8539)**

---