

**INDICE**

1.	OBIETTIVO DELLO STUDIO	3
2.	APPROFONDIMENTI CONOSCITIVI	5
3.	APPROFONDIMENTI METODOLOGICI	12
3.1	EFFETTO DELLE DIMENSIONI	16
3.1.1	Open trench	16
3.1.2	In-Filled Trench	16
3.2	MODELLI SEMPLIFICATI PER IL CALCOLO DELL'EFFICACIA DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO 17	
3.2.1	Open Trench	17
3.2.2	In-Filled Trench	18
4.	DESCRIZIONE DEI RICETTORI POTENZIALMENTE CRITICI.....	21
5.	VINCOLI ALLA REALIZZAZIONE DI EVENTUALI INTERVENTI DI MITIGAZIONE	27
6.	STIMA DEI LIVELLI VIBRAZIONALI DI TRANSITO SUI RICETTORI	30
7.	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI VIBRAZIONALI SUI RICETTORI.....	33
8.	CONCLUSIONI.....	34

1. OBIETTIVO DELLO STUDIO

La presente relazione aggiorna e integra lo studio vibrazionale "IN0500DE2RGIM0060031 Vibrazioni: Esercizio Ferroviario" redatto sull'esercizio della nuova linea ferroviaria A.V. Milano-Verona, lotto funzionale Brescia est-Verona comprendente l'interconnessione di Verona Mercè.

L'obiettivo del presente studio è quello di stimare la sismicità indotta dal transito dei treni sugli edifici situati in prossimità della linea ferroviaria e la valutazione dell'impatto in termini di disturbo arrecato alle persone.

Le valutazioni hanno considerato, come fascia di interazione opera-ambiente, un ambito di 50 m per lato, indipendentemente dalla tipologia d'opera ferroviaria (assunzione ritenuta cautelativa secondo quanto evidenziato in casi analoghi). Tale analisi ha fatto emergere la presenza di 10 edifici critici dal punto di vista vibrazionale.

Al fine di ricondurre l'impatto vibrazionale in esercizio ai limiti indicati dalla UNI9614 è eventualmente previsto il ricorso a mitigazioni "passive", consistenti nella realizzazione di diaframmi in prossimità dei ricettori. È stata presentata, in tal senso, una sintesi bibliografica di studi sperimentali e modellistici attinenti a questo argomento.

In sede di PD il dimensionamento dei diaframmi è stato effettuato in via preliminare, a causa della mancanza di informazioni in merito alle caratteristiche dinamiche degli edifici (frequenze di risonanza dei so-lai, ecc.) e della reale forzante che deriverà dall'esercizio ferroviario.

L'approfondimento è stato pertanto rimandato alla fase di pre-esercizio / inizio esercizio della linea ferroviaria e in particolare ai risultati che potranno emergere da specifiche campagne di monitoraggio.

La revisione della relazione di PD consegue anche alle osservazioni contenute nell'istruttoria Italferr:

1. Il posizionamento dei setti dovrebbe avvenire preferibilmente il più vicino possibile alla sorgente invece che al ricettore, per evitare smottamenti durante gli scavi delle trincee in prossimità dei fabbricati.
2. Lo spessore dei setti può essere ridotto a 50 cm max, in quanto influisce di più la discontinuità dei mezzi di propagazione (terreno/cls/pvc/cls/terreno) che gli spessori in gioco.
3. La lunghezza (40 m circa) e profondità (6 m) dei setti è condivisibile in linea di massima, purché verificata di caso in caso nelle singole situazioni puntuali.
4. Il conglomerato cementizio da utilizzare per riempire le trincee può essere di resistenza pari a 20 N/mm² in quanto tale materiale non deve sostenere alcuna sollecitazione.

Inoltre a seguito delle prescrizioni formulate in CdS e nel corso della procedura di Pubblica Utilità è emersa la necessità di considerare un ulteriore ricettore rispetto a quanto considerato nel precedente studio. Si tratta del fabbricato di Cascina Roveglia nel Comune di Pozzolengo, inizialmente destinato alla demolizione:



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 10	Codifica Documento EE2ROBA0000006	Rev. A	Foglio 4 di 34
---------	------------------	-------------	--------------------------------------	-----------	-------------------

N° prescrizione 1.33.167/cod. 266: “Traslare il tracciato ferroviario del minimo necessario per evitare la demolizione, prevedendo interventi con micropali (doppia berlinese con setto antivibrante) e di consolidamento sotto l'edificio”.

La revisione del documento ha riguardato pertanto i seguenti punti:

1. Identificazione dei ricettori che necessitano eventualmente di interventi di mitigazione e sopralluoghi atti a puntualizzare/verificare le caratteristiche tecniche e costruttive influenti sulla propagazione delle vibrazioni ed il contesto in cui dovrà essere inserito l'intervento di mitigazione.
2. Estensione dell'analisi bibliografica, sintesi delle informazioni e definizione dei criteri metodologici utilizzabili per il dimensionamento dei diaframmi.
3. Verifica preliminare dei vincoli di posizionamento dei diaframmi, in grado di condizionare lo sviluppo longitudinale, in relazione al territorio interessato ai margini della linea ferroviaria.
4. Dimensionamento preliminare (se necessario) degli interventi in relazione al posizionamento (inizio/fine del setto antivibrante), della lunghezza, della profondità e dello spessore.
5. Localizzazione planimetrica degli eventuali interventi di mitigazione.
6. Aggiornamento del tipologico.

La valutazione dimensionale del sistema di mitigazioni per le vibrazioni, al fine della revisione della relazione di PD, è stata affrontata utilizzando la metodologia di valutazione degli impatti secondo il Manuale delle Opere Civili RFI, per il quale è necessario considerare i livelli di accelerazione equivalenti diurno e notturno e, pertanto, il tempo di riferimento T da assumersi è pari all'intero periodo di riferimento diurno (7-22) o notturno (22-7).

2. APPROFONDIMENTI CONOSCITIVI

I ricettori sui quali si prevede possa essere necessario realizzare una trincea di mitigazione sono i seguenti:

L100-N-004, L100-N-003 Comune di Calcinato

L101-N-11 Comune di Calcinato

L119-S-004 Comune di Pozzolengo

L129-S-005 Comune di Sona

L138-S-002 Comune di Sommacampagna

L138-N-07 Comune di Sona

L139-N-11 Comune di Sona

L140-S-01 Comune di Sommacampagna

L140-N-01 Comune di Sona

Nel seguito viene data una breve descrizione delle caratteristiche geomorfologiche e geolitologiche dei territori in cui ricadono i ricettori in esame e nelle conclusioni operative i parametri geodinamici che sono stati utilizzati nelle verifiche previsionali di confronto con le stime di PD.

Comune di Calcinato

In riferimento all'inquadramento geologico e geomorfologico nel territorio Calcinato si riconoscono tre distinti settori: il sistema di cordoni morenici che appartiene all'anfiteatro morenico del Garda, la valle del fiume Chiese ed il settore di pianura che si sviluppa sia ad ovest che ad est dei due precedenti.

La porzione collinare del territorio appartiene all'anfiteatro morenico gardesano che presenta la classica struttura a cerchie concentriche dovute alle diverse fasi di espansione dei ghiacciai. Da un punto di vista cronostratigrafico le cerchie moreniche possiedono in linea generale età crescente allontanandosi dalla linea di riva del lago di Garda. Procedendo dall'interno verso l'esterno dell'anfiteatro si osserva che le morfologie divengono progressivamente meno nette a causa dei processi geomorfologici che le hanno interessate più a lungo.

I cordoni morenici presenti nel territorio di Calcinato appartengono alla "cerchia di Carpendolo". L'allineamento dei cordoni a indica che il margine glaciale ha sostato abbastanza a lungo in quella posizione.

Ad est dei cordoni, tra la "cerchia di Carpendolo" e quella più recente "di Solferino" (Pleistocene superiore), è presente una piana fluvioglaciale, costituita dai depositi ghiaioso-sabbiosi trasportati e depositi dagli scaricatori fluvioglaciali provenienti dal settore Carzago-Lonato-Esenta.

Gli scaricatori nordoccidentali dell'anfiteatro morenico del Garda hanno invece prodotto lapiana di alluvionamento fluvioglaciale situata ad ovest della valle del Chiese, costituita da sedimenti ghiaioso-sabbiosi.

Essa costituisce il "livello fondamentale della pianura". Le acque di scioglimento del ghiacciaio benacense hanno formato nel Pleistocene superiore un vasto e piatto conoide che con vertice a valle di Gavardo si estende fino a Ghedi e che costituisce una unità geomorfologica denominata "Sandur di Molinetto".

Questa unità geomorfologica è delimitata a nord dal "terrazzo di Prevalle" e dal margine pedemontano, ad est dalle scarpate erosive prodotte dal Fiume Chiese e a sud e a sud-ovest dalla fascia dei fontanili. La morfologia è subpianeggiante e risulta nell'insieme debolmente convessa. I suoli sono ben drenati e contengono frequentemente ghiaia e ciottoli.

Per quanto riguarda le formazioni geologiche affioranti nel territorio di Calcinato sono presenti ad iniziare da quelle più antiche:

Depositi glaciali (dg) - Pleistocene medio

Si tratta di ghiaie e blocchi poligenici in matrice limosa. Sono attribuiti al Pleistocene medio (Fase di Carpendolo, Cremaschi 1987).

Depositi glaciali di raccordo con la pianura, misti a depositi colluviali (dr) - Pleistocene medio

Sono state così cartografate le superfici di collegamento tra i cordoni e la pianura, a morfologia ondulata. I depositi glaciali sono localmente coperti da depositi colluviali limoso-argillosi.

Depositi fluvioglaciali (fg) - Pleistocene superiore

Sono formati da ciottoli e ghiaia di diversa natura immersi in una matrice sabbiosa e sabbioso – limosa incoerente. Presentano una struttura a grosse lenti caratterizzate da diversa granulometria. Sono presenti trovanti e distinti livelli ciottolosi. Questa unità costituisce il livello fondamentale della pianura.

Tali materiali sono stati localmente oggetto di attività estrattiva.

Depositi fluviali antichi (at) - Olocene

Sono situati sui terrazzi intermedi e sono costituiti da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa incoerente, con intercalazioni di lenti sabbiose, a stratificazione lenticolare.

Depositi fluviali attuali e recenti (al) - Olocene

Sono situati nella piana esondabile vera e propria, sulle aree di genesi più recente. Si tratta di sedimenti prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con frequenti coperture sabbioso-limose. Localmente sono presenti terreni fini legati a zone di ristagno della corrente idrica che li ha depositati.

Essendo più recenti sono meno addensati e più sciolti rispetto ai depositi descritti precedentemente.

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche, i terreni presenti nel territorio di pianura sono rappresentati da alluvioni fluvioglaciali costituite da ghiaia con sabbia limosa con ciottoli; generalmente questi depositi, al di sotto della copertura pedologica, presentano caratteristiche geotecniche da discrete a buone.

Anche i depositi fluviali sono prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; tuttavia, essendo più recenti, sono meno addensati e più sciolti. Inoltre possono contenere lenti sabbiose e presentare coperture sabbioso-limose. I

depositi glaciali che costituiscono i cordoni morenici e quelli presenti nelle aree di raccordo con la pianura, misti a depositi colluviali, possiedono caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scarse in relazione alla granulometria dei depositi e alla loro consolidazione.

Comune di Pozzolengo

Da un punto di vista morfologico-genetico il comune di Pozzolengo è inserito nel contesto dell'anfiteatro morenico del Lago di Garda. I lineamenti morfologici sono la diretta conseguenza sia delle glaciazioni sia dall'azione erosiva provocata dai corsi d'acqua.

I cordoni morenici rappresentano le morfologie più rilevanti nel territorio. Un esempio, di notevole pregio ambientale, è rappresentato dal rilievo che va dal Monte degli Olivi fino al Monte Torricelle; tale cordone viene interrotto dalla incisione della Fossa del Redone. Da un attento rilievo morfologico emergono delle forme minori come quello su cui sorge C.na Facchinetto o il rilievo a nord di C.na Campagnola. A nord, lungo una fascia che va da C.na Celadina fino a C.na Tosini, si estende la piana retromorenica, con notevole presenza di depositi morenici di fondo (limo-argilloso).

Vengono riscontrate delle morfologie subpianeggianti o con blande ondulazioni che rappresentano delle terrazze di Kame, formatesi nelle zone antistanti la fronte glaciale, mentre a nord dell'abitato di Pozzolengo si estende la piana retromorenica ricoperta da depositi morenici (limo-argilloso).

Dal punto di vista della caratterizzazione litologica i depositi continentali affioranti nel Comune di Pozzolengo, a partire dai più recenti ai più antichi, sono riferite alle unità elencate nel seguito.

- Unità delle Torbe (Olocene): sono presenti su una porzione ridotta del territorio, i depositi si caratterizzano per la presenza di sabbia fine, limi e argille grigie con notevole presenza di sostanza organica (torbe); la potenza dell'Unità è variabile.
- Unità di fondovalle (Wurm): i materiali individuati in questa Unità presentano una granulometria da grossolana a media, con presenza di depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi.
- Unità Roveglia (Wurm): anche questa Unità si caratterizza per la presenza di depositi grossolani (ghiaia e sabbia) e fini (limi).
- Unità dei terrazzi fluvioglaciali (Riss).
- Unità dei cordoni morenici di San Martino d.B. (Wurm): lo spessore dei depositi morenici si presenta abbastanza esiguo (20 – 60 cm) e con depositi a granulometria variabile; le litologie individuate sono: sabbie limose intercalate a ghiaia; limi-argillosi con presenza di ciottoli poligenici.
- Unità dei cordoni morenici di Pozzolengo (Riss): l'Unità in esame si caratterizza per la presenza di sabbie-limose con presenza di una matrice limo-argillosa. Ghiaia e ciottoli spesso si rinvencono intercalate alle sabbie-limose; i depositi presentano buone caratteristiche geotecniche.



Comune di Sona

Da un punto di vista geomorfologico il Comune è caratterizzato dalla presenza degli elementi geomorfologici tipici dei depositi fluvio-glaciali ed alluvionali; possono essere identificate due sub-aree principali con caratteristiche geomorfologiche differenti elencate nel seguito.

- Area collinare presente nella porzione ovest del territorio comunale, con presenza di depositi fluviali o fluvioglaciali; all'interno di tale area sono individuabili ulteriori 2 elementi geomorfologici di passaggio costituiti dall'area pedecollinare e dalle piane alluvionali intramoreniche.
- Area sub-pianeggiante presente nella porzione est del territorio comunale, caratterizzata dal vasto terrazzo di materiali di origine fluviale o ad opera degli scaricatori fluvio-glaciali.

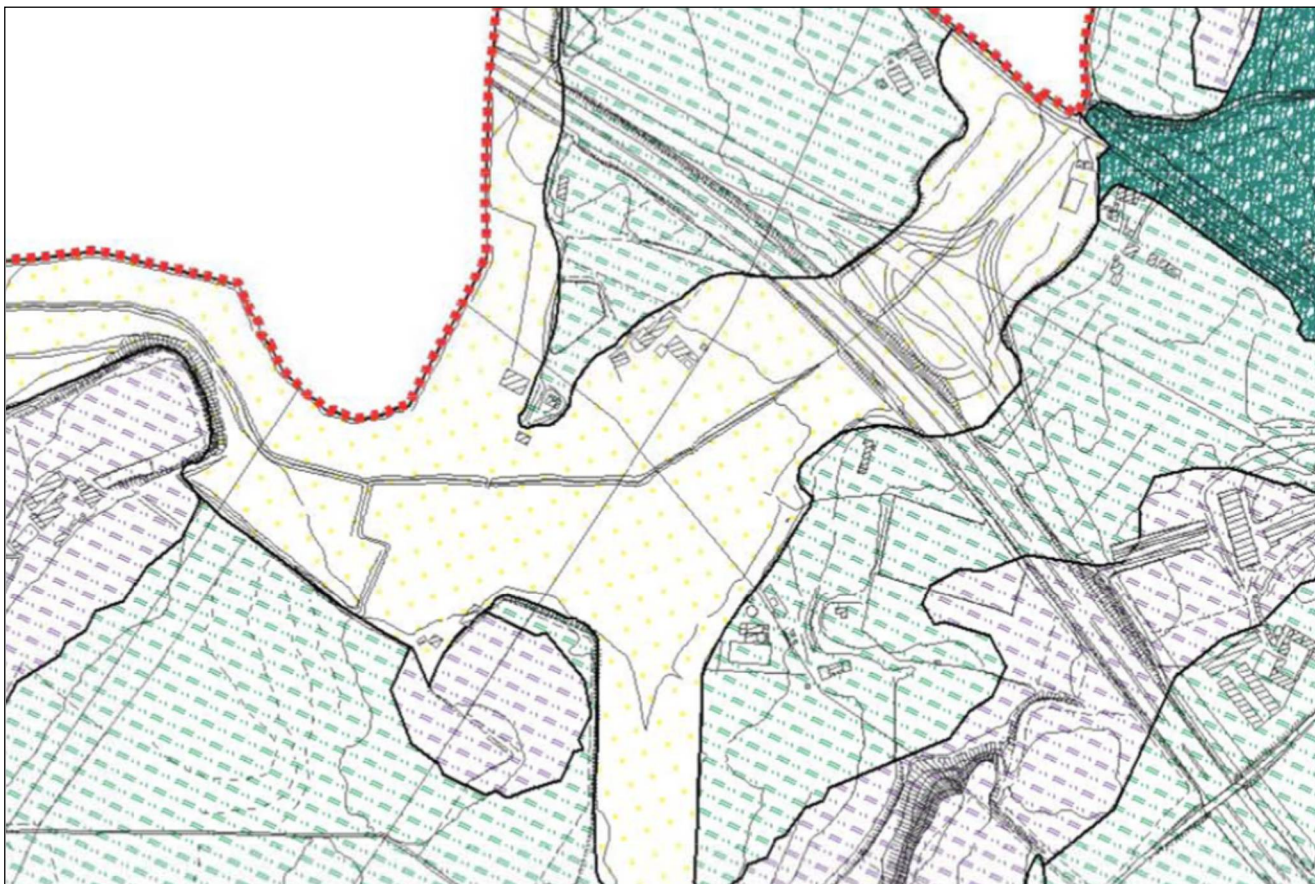
Lungo il confine ovest del Comune sono presenti i depositi mobili attuali del Fiume Tione.

Il principale elemento geo-morfologico è rappresentato dai cordoni morenici, presenti nella porzione ovest del territorio comunale. In generale le pendenze dei cordoni sono comprese fra il 10 % ed il 20 %; in alcuni punti, ed in particolare nella porzione settentrionale ed orientale del centro abitato di Sona, nelle frazioni di Palazzolo e di San Giorgio in Salici, o nei pressi del fiume Tione, l'acclività delle colline moreniche può superare il 20 %, fino a picchi del 50 %. Data la natura litologica dei cordoni, caratterizzata da ghiaia e ciottoli in matrice sabbioso-limoso, sono favoriti i processi di denudazione, di accumulo e ristagno di acque meteoriche, in particolare sui versanti presentanti vegetazione rada e fenomeni di ruscellamento.

Sul territorio esistono inoltre alcuni elementi geomorfologici di origine antropica.

In particolare si segnala la presenza di cave poste lungo il tracciato dell'Autostrada e della ferrovia Milano - Venezia, e costituiscono le cosiddette cave di prestito utilizzate per la formazione del rilevato autostradale/ferroviario nell'ambito delle attività di costruzione, risalenti agli anni '60 del secolo scorso.

In sintesi, il ricettore in esame è sito all'interno di una zona caratterizzata da materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa.



Comune di Sommacampagna

Dal punto di vista geomorfologico, la zona di pertinenza geografica del comune di Sommacampagna è quella dell'Alta Pianura Veronese Occidentale (o Alto Agro Veronese) a nord-est del Fiume Mincio e ad ovest del Fiume Adige. Il territorio indagato è per circa i due terzi pianeggiante e per il restante collinare.

L'area dove sono presenti i rilievi fa parte dell'estremità sud-orientale dell'anfiteatro morenico del Garda. Tutto il territorio è rappresentato dal punto di vista litologico da depositi incoerenti trasportati e depositati dalle lingue glaciali del ghiacciaio dell'Adige e del Garda e dai numerosi fiumi che con grandi portate d'acqua solcavano le piane proglaciali durante l'Era Quaternaria.

Dal punto di vista geologico, il territorio si può suddividere in due zone distinte per processo di formazione che ne influenza l'aspetto morfologico: l'area collinare e quella pianeggiante. Nella parte pianeggiante il sottosuolo è costituito interamente da materiali sciolti, di prevalente natura ghiaiosa in matrice sabbiosa, sabbiosa limosa o limo-argillosa, depositi dalle divagazioni dei fiumi Mincio, Adige e Tione e dagli apporti degli scaricatori glaciali della piana proglaciale prospiciente l'apparato gardesano e delle piane intramoreniche. Il substrato roccioso si ritrova a profondità notevoli, in ogni modo superiore ai 150 metri.

Dal punto di vista stratigrafico il sottosuolo della parte pianeggiante è costituito da un potente materasso alluvionale indifferenziato appartenente al fluvioglaciale Riss II, di estensione areale maggiore rispetto alla zona d'interesse comunale, con caratteristiche stratigrafiche abbastanza uniformi e una buona continuità. Si tratta di depositi sciolti bene addensati e assortiti, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con ciotto-li e modesta presenza di materiale fine. Esistono talvolta strati anche metrici di conglomerato ma discontinui su tutta l'area. Rari sono i livelli argillosi di spessore modesto, discontinui e di forma lenticolare. La composizione granulometrica delle alluvioni ghiaioso-sabbiose del Riss II è costituita in genere da una percentuale di ghiaia intorno al 50-60%, sabbia 10-20%, ciottoli 10-20% e matrice fine limosoargillosa 5-10% (Dati ricavati dai sondaggi pregressi numero 10,12,14,15). Le dimensioni dei ciottoli tendono a di-minuire procedendo verso sud-est, mentre contemporaneamente diminuisce la frazione fine.

Per quanto riguarda le litologie dei clasti delle ghiaie, si riconoscono calcari, dolomie, porfidi, graniti, basalti e scisti. Talvolta i ciottoli, se di forma allungata possiedono una disposizione parallela alla direzione di trasporto, evidenziando condizioni di trasporto fluviale. Le sabbie medie e fini hanno una prevalenza di quarzo, mentre le granulometrie più fini hanno una discreta percentuale siltosa.

La litologia dei rilievi collinari è costituita da ghiaie bianche con ciottoli frequenti, immerse in abbondante matrice limosa di età rissiana. L'aspetto di questi sedimenti è caotico, non esiste nessun tipo di stratificazione interna, vi si rinvencono spesso ciottoli di grosse dimensioni frammisti a clasti centimetrici, tutti immersi in abbondante matrice fine limoso-sabbiosa. La natura dei depositi morenici riflette i tipi lito-logici presenti nel bacino di alimentazione del ghiacciaio: calcari mesozoici bianchi e grigi, dolomie bianco rosate, porfidi atesini, graniti e basalti. I ciottoli si presentano per lo più arrotondati, per il lungo tra-sporto e raramente spigolosi. Talvolta si possono presentare striature ed essere levigati. In superficie le ghiaie sono ricoperte da uno strato discontinuo argilloso rossastro di alterazione. Esso è genericamente assente lungo le creste, è presente con uno spessore di circa 30 centimetri lungo i fianchi, mentre raggiunge lo spessore di oltre un metro in alcuni punti ai piedi dei rilievi maggiori. All'interno di alcune vallecicole tra i cordoni morenici e lungo il margine collinare verso sud-est si ritrovano depositi fluvioglaciali più antichi riconducibili al periodo fluvioglaciali Riss I. I depositi non cementati presentano elementi con un certo grado arrotondamento. Questi depositi sono stati normalmente dilavati e sfumano nei depositi sciolti della piana riferibile al fluvioglaciale Riss II. Si tratta di alternanze di strati di ghiaie e di sabbie limose che rispetto ai depositi circostanti risultano avere un maggior grado di organizzazione e una certa selezione granulometrica. La composizione granulometrica è data da un 20% di ghiaia grossa, da un 33% di ghiaia fine, 37 % da sabbie grosse e medie e dal 10% da sabbie fini.

Conclusioni operative

Le caratteristiche dinamiche dei terreni interessati dalla linea ferroviaria sono riconducibili a quelle dei terreni alluvionali, incoerenti, a matrice ghiaiosa-sabbiosa.



Nell'ambito della componente vibrazioni dello studio d'impatto ambientale eseguito per la linea ferroviaria oggetto di studio (CEPAV 2 «Linea AC/AV Milano-Verona – Studio d'impatto ambientale – Quadro di riferimento ambientale - doc A20200RE2RGSA000A001A- par 4.2.9 e allegati») sono state eseguite le prove penetrometriche che hanno portato alla definizione, lungo il tracciato ferroviario, di strati-grafie tipo rappresentative degli strati di terreno presenti e della velocità di propagazione delle onde di taglio negli strati stessi.

Infatti per i terreni incoerenti è possibile correlare i risultati delle prove SPT con la velocità di propagazione delle onde di taglio nel terreno mediante la relazione empirica proposta da Ohta e Goto (1978).

dove:

- V_s è la velocità di trasmissione delle onde di taglio nel terreno in m/s;
- N è il numero di colpi ottenuto con la SPT
- Z è la profondità del terreno in esame in metri
- F_a è un fattore che dipende dall'età del deposito
- F_g è un fattore che dipende dalla granulometria.

Ricettore	Velocità delle onde di taglio V_s (m/s)	Velocità delle onde di compressione V_p (m/s)	Velocità delle onde di superficie V_r (m/s)
L100-N-003, L100-N-004	280	1177	252
L101-N-11	200	841	180
L119-S-004	240	1009	216
L129-S-005	180	757	162
L138-N-07	200	841	180
L138-S-002	200	841	180
L139-N-11	280	1177	252
L140-S-01	280	1177	252
L140-N-01	280	1177	252

Tabella 1 Velocità delle onde di taglio, compressione e superficie presso i ricettori

3. APPROFONDIMENTI METODOLOGICI

La mitigazione delle vibrazioni può essere conseguita mediante trincee o diaframmi/barriere realizzate tra la sorgente e il ricettore. Le trincee sono scavi aperti; le barriere sono discontinuità costituite da materiale con rigidità molto diversa rispetto a quella del terreno in cui vengono realizzate. Si parla di barriere rigide se la loro rigidità è superiore a quella del terreno, a barriere soffici in caso contrario.

Sono possibili due tipi di isolamento:

- A. Isolamento attivo, se l'isolamento è realizzato in prossimità della sorgente;
- B. Isolamento passivo, se l'isolamento è realizzato lontano dalla sorgente, in prossimità del ricettore.

Studi condotti sulla valutazione dell'efficacia di tali sistemi di mitigazione delle vibrazioni, cui tipicamente si ricorre per risolvere il problema delle vibrazioni a posteriori, quando cioè la linea AV è già in funzione, hanno dimostrato che non risultano del tutto efficaci, tanto più in presenza di un eventuale substrato roccioso, in particolare se superficiale, in virtù delle basse frequenze che caratterizzano le vibrazioni indotte nel terreno dai treni AV.

Se la sorgente è sufficientemente distante dal sistema di isolamento, la maggior parte dell'energia vibratoria è trasportata dalle sole onde di superficie, ossia dalle onde di Rayleigh (R). L'onda R interagendo con lo schermo produce sia onde R riflesse e trasmesse sia, per conversione modale, onde di volume (P e S) anch'esse riflesse e trasmesse. L'energia associata alle onde trasmesse (onde R, P ed S) causa vibrazioni del terreno anche a valle dell'ostacolo.

Nel caso delle trincee, venendosi a creare un'interfaccia terreno vuoto, non si hanno onde trasmesse a valle, per cui la capacità delle trincee di abbattere le vibrazioni è sempre superiore a quelle delle barriere. Studi significativi sono stati condotti da WOODS (1968), BESKOS et al. (1986), AHMAD (1996), HUNG et al. (2004), riferendosi in particolare a sorgenti tipicamente puntuali.

Da queste studi è emerso che il potere isolante delle trincee aperte è governato essenzialmente dal rapporto fra la loro profondità e la lunghezza dell'onda da schermare (lunghezza d'onda delle onde di Rayleigh L_r). All'aumentare della lunghezza d'onda aumenta la profondità che occorre assegnare alla trincea per ottenere una prestazione soddisfacente.

La larghezza della trincea non è determinante ai fini dell'isolamento sia attivo sia passivo e viene fornita come mero requisito costruttivo per la realizzazione dell'opera.



A causa di problemi esecutivi e della stabilità degli scavi nel tempo, non sempre le trincee possono essere utilizzate. Per questo l'alternativa è rappresentata dalle barriere (HAUPT, 1977) che possono essere costituite da:

- diaframmi rigidi (paratie metalliche o palificate in calcestruzzo)
- materiali deformabili stabilizzanti (bentonite, polistirolo, argilla espansa)

Ai fini dell'efficacia dell'intervento di mitigazione risulta di notevole importanza l'altezza del diaframma, che dipende essenzialmente da:

- distanza tra sorgente e intervento di mitigazione
- lunghezza d'onda della vibrazione da abbattere (lunghezza d'onda delle onde di Rayleigh L_R)

La lunghezza d'onda L_R è definita dalla seguente relazione:

$$L_R = \frac{V_R}{f}$$

V_R = velocità di propagazione dell'onda

f = Frequenza dell'onda

Nel caso in cui il diaframma sia posizionato in vicinanza della sorgente, l'altezza minima del diaframma dovrà essere pari a 0.6 volte la lunghezza d'onda della vibrazione incidente.

In questo caso però la lunghezza del diaframma sarà superiore allo scenario in cui il diaframma sia posizionato in prossimità del ricevitore.

In sintesi:

A. Diaframma in prossimità della sorgente (isolamento attivo): $H_{\text{minima}} \geq 0.6 \cdot L_R$

B. Diaframma lontano dalla sorgente, in prossimità del ricevitore (isolamento passivo): $H_{\text{minima}} \geq 1.3 \cdot L_R$

Lo spessore della barriera è un parametro poco significativo.

Il funzionamento delle barriere rigide dipende essenzialmente dall'area della sezione trasversale, nonché dal contrasto di rigidità tra terreno e materiale isolante.

Infatti in barriere rigide riempite con miscele di sabbia, SICA et al. (1999) hanno dimostrato che un ruolo secondario è svolto dalle proprietà smorzanti del materiale della barriera: all'aumentare della frazione di bentonite della miscela, il sistema di isolamento risulta più sensibile alla diminuzione di rigidità del materiale isolante che al corrispondente incremento di smorzamento.

Esaminando nello specifico il tema delle vibrazioni trasmesse da linee ferroviarie di superficie, recentemente sono stati sviluppati molti studi che si differenziano tra loro sostanzialmente nel modo di simulare la sorgente e il mezzo di propagazione.

La maggiore efficacia della barriera si esplica immediatamente a valle di essa. Allontanandosi dallo schermo si verifica una riduzione del suo potere isolante, perché le onde di volume rifratte si trasformano parzialmente in onde di Rayleigh.

Ad una certa distanza dalla barriera la curva PPV - d diventa praticamente coincidente con quella riscontrata in assenza di isolamento, a dimostrazione del fatto che esiste una definita e limitata zona di influenza del sistema.

Per stabilire l'efficacia del sistema isolante si potrà seguire il criterio di Woods, secondo il quale il sistema è da considerarsi efficace se il fattore di riduzione, a valle della barriera, è minore o uguale a 0.25 [WOODS, 1968].

La presenza della barriera può modificare eventualmente il contenuto in frequenza delle vibrazioni. Si riscontra una forte attenuazione dei bassi periodi (alte frequenze, basse lunghezze d'onda) già con $H = 10$ m; per gli alti periodi (basse frequenze, alte lunghezze d'onda) l'attenuazione è molto forte con la barriera alta 40 m, quasi inesistente con la barriera alta 10 m.

I vari studi condotti hanno evidenziato che la prestazione di isolamento di tali sistemi di mitigazione sono una funzione di parametri caratteristici in termini di dimensioni normalizzate rispetto alla lunghezza d'onda. Dal momento che l'isolamento dal sistema è principalmente associato alla schermatura delle onde di superficie (Rayleigh), le dimensioni geometriche della trincea o barriera quali la profondità d , la larghezza w , e la distanza dalla sorgente l sono normalizzate rispetto alla lunghezza d'onda di Rayleigh.

L'efficienza di abbattimento della trincea viene pertanto esaminata in funzione dei tre parametri normalizzati $D=d/LR$, $W=w/LR$, $L=l/LR$.

La presenza della trincea o barriera causa una riduzione dell'ampiezza di vibrazione in un'area retrostante l'ostacolo. L'entità dell'ostacolo è espressa dal parametro A_r (rapporto di riduzione dell'ampiezza), ovvero dal rapporto tra l'ampiezza dello spostamento verticale della superficie del terreno con la trincea e l'ampiezza dello spostamento verticale della superficie del terreno senza la trincea.



Un valore di A_r pari a 0.3 indica il 70% di riduzione in ampiezza dovuta alla presenza della trincea.

Dalla **Figura 1** emerge che l'ampiezza dello spostamento del terreno dopo una distanza di $10L_R$ dalla trincea è ridotto rispetto a quello immediatamente dietro la trincea per cui la zona critica che necessita di schermatura giace entro una distanza di $10L_R$ dopo la trincea.

Altre considerazioni emerse dagli studi riguardano la non influenza della frequenza sul valore del parametro A_r , in quanto è interamente conteggiato nell'uso dei parametri normalizzati D e W . Per uno specifico valore di D e W , al variare della frequenza infatti non è stata evidenziata variazione del valore A_r .

Per quanto riguarda l'effetto della distanza della trincea dalla sorgente, si è evidenziato che sia per le trincee che per le barriere di cemento l'influenza della distanza è piccola. In ogni caso per una barriera in cemento i valori di A_r sono maggiori che per una trincea delle stesse dimensioni (**Figura 2**).

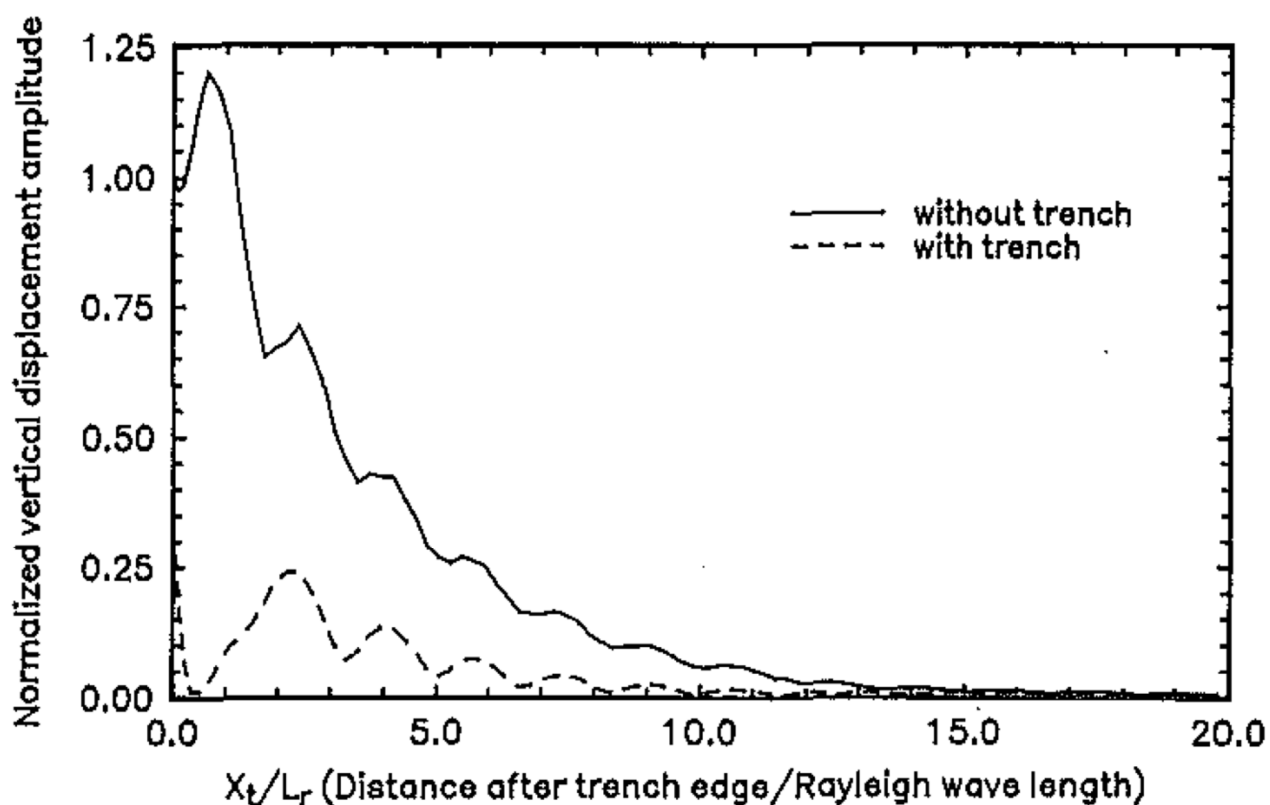


Figura 1

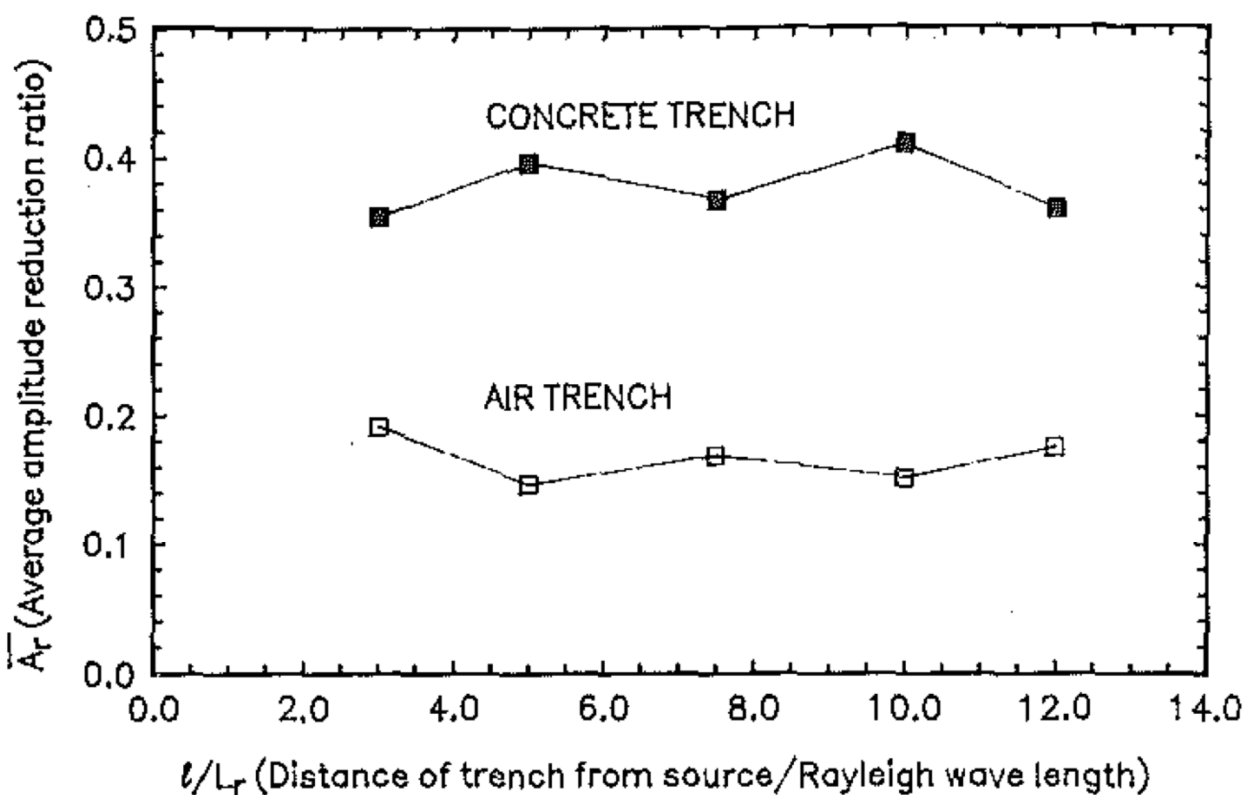


Figura 2

3.1 EFFETTO DELLE DIMENSIONI

3.1.1 Open trench

L'efficienza della trincea è dominata dal parametro normalizzato D , mentre il parametro normalizzato W ha una bassa influenza, ad eccezione che per le trincee superficiali ($D < 0.8$), per cui un incremento in larghezza in generale comporta un miglioramento prestazionale della trincea.

3.1.2 In-Filled Trench

A differenza delle "Open trench", entrambi i parametri D e W sono ugualmente importanti per le "in-filled trench". Un valore di profondità normalizzato D pari a circa 1.2 si presenta come limite tranne che per trench strette ($W \leq 0.3$), che si mostrerebbero efficaci per elevate profondità.

Considerando il rapporto D/W tra i parametri normalizzati di profondità e larghezza della trincea, per ogni specifica grandezza dell'area della sezione trasversale è individuabile un valore ottimale del rapporto che consente il valore più basso del parametro A_r , quindi che rende la trincea più efficace.

Per una trincea stretta e profonda, un incremento della profondità è di beneficio. Un incremento della larghezza è sempre di beneficio, in quanto impartisce una maggiore rigidità alla trincea in cemento, avendo un modulo di taglio più elevato del terreno circostante. La trincea quindi oppone una più elevata resistenza come ostacolo. Il rapporto D/W ha una grande importanza sull'efficacia della trincea ed è tan-to più importante quanto più è grande la sezione trasversale, in quanto aumenta la componente di onde riflesse (e mode conversion).

Effetto del rapporto Vst/Vss tra le velocità delle onde di taglio rispettivamente del materiale di cui è composta la “trench” e del terreno.

Un incremento nel rapporto contribuisce ad aumentare la schermatura delle vibrazioni. Quindi un materiale con un modulo di taglio più elevato oppone maggiore resistenza al passaggio delle onde vibrazionali. Perché il progetto sia efficace il rapporto deve essere almeno pari a 2.5.

Un contributo simile sull'efficacia della schermatura è attribuibile al rapporto tra le densità Vst/Vss. Non ha invece grande influenza la proprietà di smorzamento del materiale.

Nel seguito viene descritto un modello semplificato per la stima dell'efficacia della schermatura vibrazionale di una barriera rettangolare in terreni omogenei nel caso di trench aperte e riempite, ottenute attraverso numerose valutazioni modellistiche sull'influenza dei vari parametri geometrici e sull'efficacia di schermo alle vibrazioni.

3.2 MODELLI SEMPLIFICATI PER IL CALCOLO DELL'EFFICACIA DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO

3.2.1 Open Trench

Il parametro della profondità normalizzata D è il fattore principale che influenza l'efficienza di schermatura della trincea aperta.

Per barriere profonde $D \geq 0.8$ l'effetto della larghezza W è trascurabile, mentre diventa importante per barriere superficiali $D < 0.8$.

La seguente formula può predire il rapporto di riduzione dell'ampiezza di vibrazione per open trench strette.

$$\bar{A}_r \approx \frac{1}{6} (D)^{-1.07}$$

$$A_r \approx \frac{1}{6} (D)^{-1.07}$$



3.2.2 In-Filled Trench

Per le In-filled trench è stata identificata la seguente formula che in modo molto semplificato ingloba l'effetto dei parametri più importanti che descrivono il comportamento di schermatura della trincea.

$$A_r = I_s I_v I_d I_a$$

in cui:

I_s = fattore di taglio

I_v = fattore di velocità

I_d = fattore di densità

I_a = fattore di area

Il parametro I_s è funzione sia del rapporto D/W sia dell'area della sezione trasversale A . In **Figura 3** è riportato l'andamento. L'effetto del rapporto D/W è più grande per trincee che hanno un'area trasversale più grande, in quanto è maggiore il contributo di onde riflesse e onde convertite.

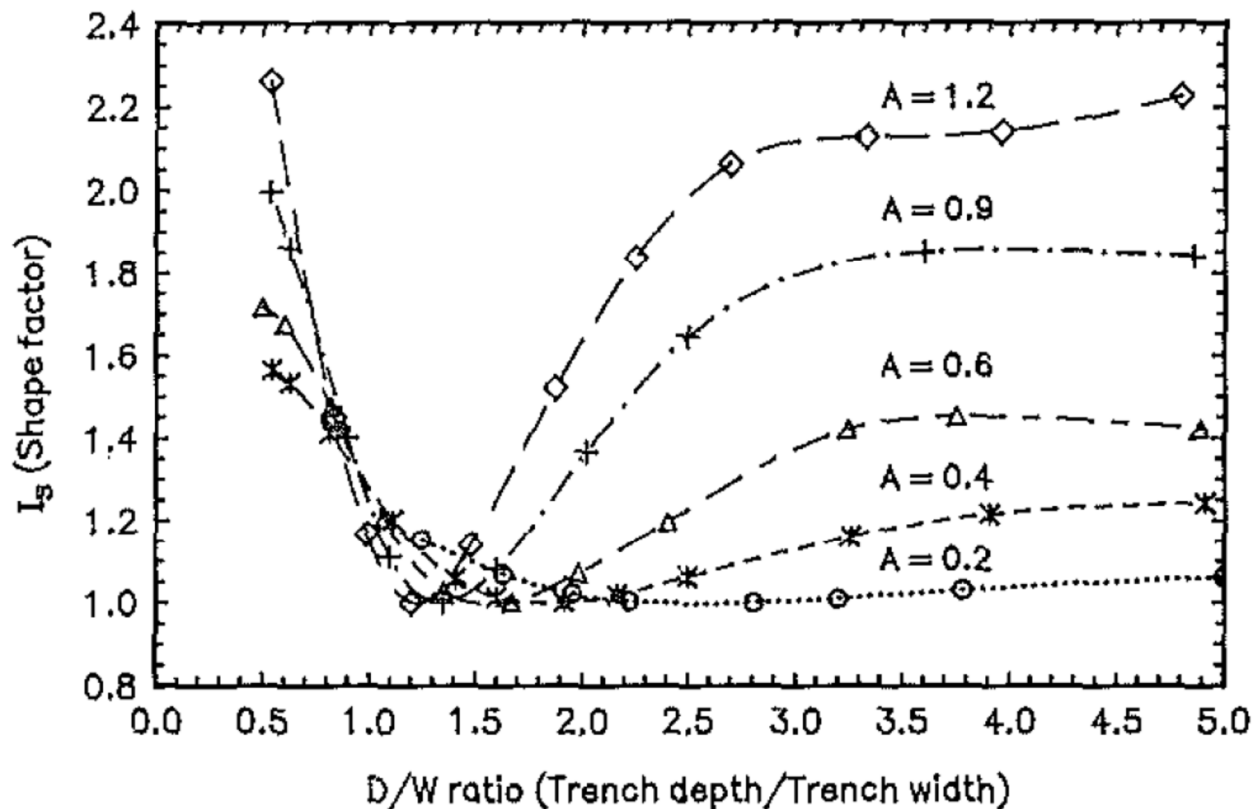


Figura 3



Il parametro I_v è approssimativamente ricavabile attraverso l'espressione

$$I_v = \left(\frac{V_{ss}}{V_{st}} \right)^n$$

in cui n può approssimativamente essere espresso come una funzione semplice di A :

$n \approx 0.54A$, come mostrato nella figura seguente (**Figura 4**).

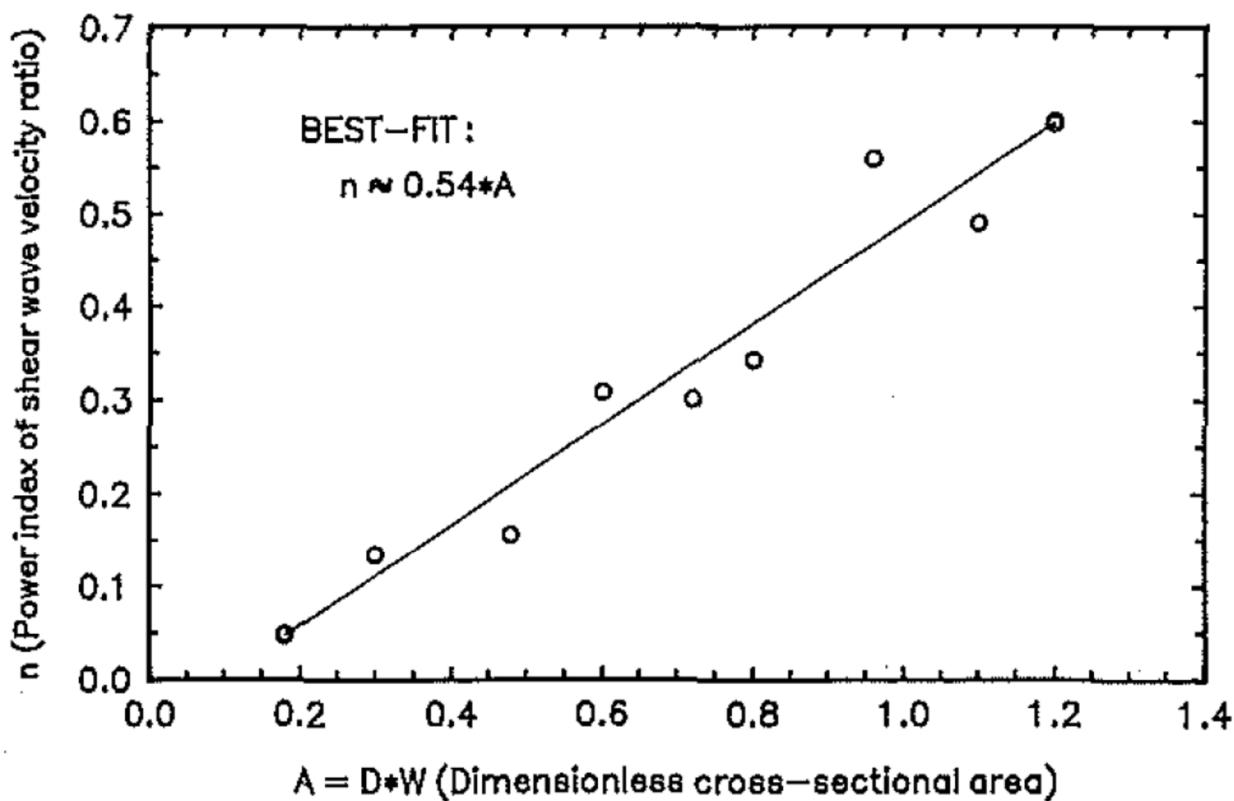


Figura 4

Similmente al fattore I_v , l'influenza di I_d è maggiore al crescere dell'area della sezione trasversale.

Il parametro I_d è approssimativamente ricavabile attraverso l'espressione

$$I_d = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_t} \right)^m$$

in cui m può approssimativamente essere espresso come una funzione semplice di A :

$m \approx 0.94A$, come mostrato nella **Figura 5**.

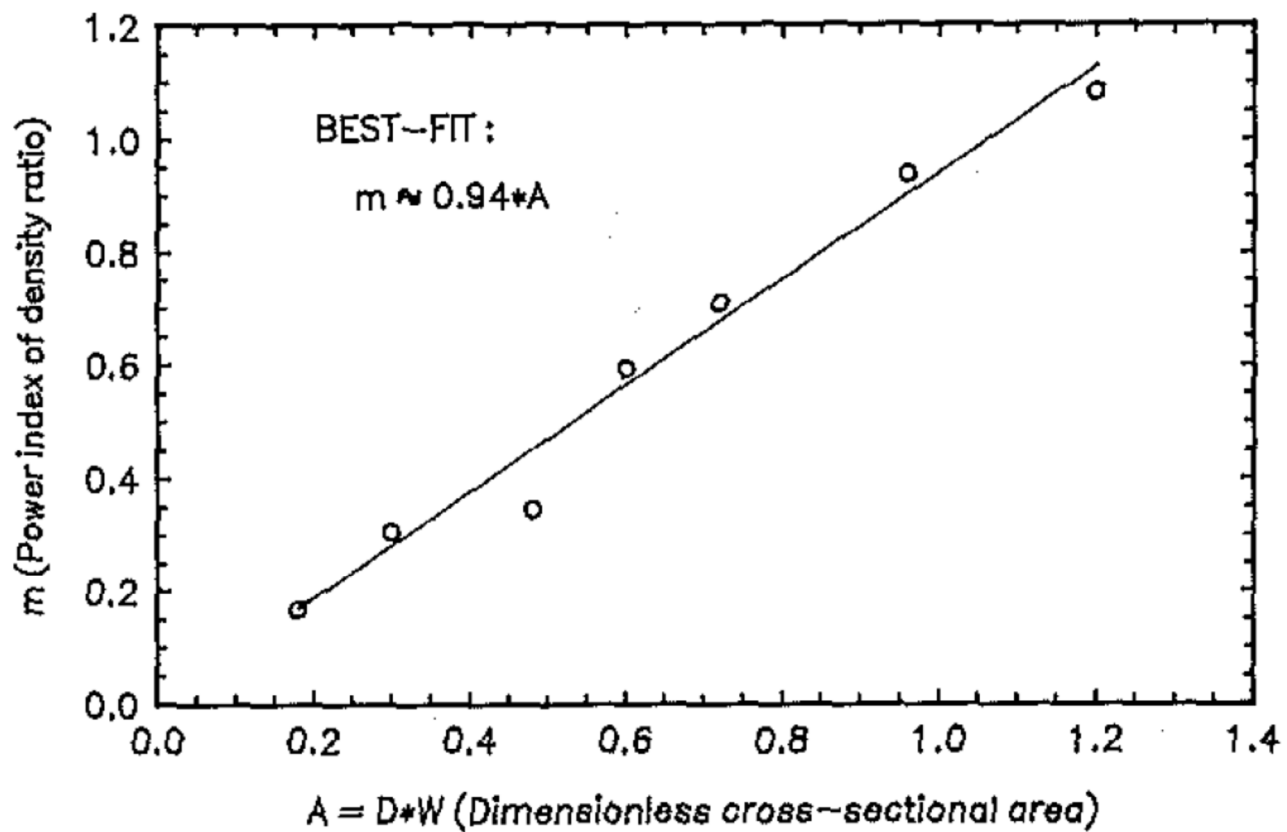


Figura 5

Infine il fattore d'area I_a è rappresentabile con l'espressione:

$$I_a \approx 0.57(A)^{-0.25}$$

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due

Consorzio ENI per l'Alta Velocità



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
10

Codifica Documento
EE2ROBA0000006

Rev.
A

Foglio
21 di 34

4. DESCRIZIONE DEI RICETTORI POTENZIALMENTE CRITICI

L100-N-003, L100-N-004 Comune di Calcinato

Si tratta di un nucleo di edifici residenziali in muratura a 2 piani fuori terra, situato a nord dell'Autostrada A4 Milano-Venezia ad una distanza di 20-50 m dal tracciato ferroviario in progetto in rilevato, in prossimità del sovrappasso autostradale di Via Cavour.



L101-N-011 Comune di Calcinato

Edificio residenziale in muratura a 2 piani fuori terra con adiacenti pertinenze non residenziali situato a nord dell'Autostrada A4 Milano-Venezia ad una distanza di 30 m dal tracciato ferroviario in progetto in rilevato e a circa 95 ad est della Roggia Maggiore.



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due

Consorzio ENI per l'Alta Velocità



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
10

Codifica Documento
EE2ROBA0000006

Rev.
A

Foglio
22 di 34

L119-S-004 Comune di Pozzolengo (cascina Roveglia)

Il ricettore è rappresentato dalla Cascina Roveglia, un antico cascinale risalente al 1400, testimonianza dell'architettura lombarda. L'edificio a 2-3 piani in parte mantiene la struttura in pietra d'origine, in parte è in laterizio. Sono presenti alcuni fabbricati più recenti in c.a.



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due

Consorzio ENI per l'Alta Velocità



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
10

Codifica Documento
EE2ROBA0000006

Rev.
A

Foglio
23 di 34

L129-S-005 Comune di Sona

L'edificio ha una struttura in c.a. e tamponatura in laterizio intonacata a 1 piano f.t. ed un piano seminterrato utilizzato come garage che occupa per intero la lunghezza della casa sostenuto da pilastri in corrispondenza della linea del colmo.



L138-N-07 Comune di Sona

Edificio residenziale a 1 piano f.t. in cemento armato a circa 30 m a nord della linea FS storica Brescia – Verona e a 40 m dal tracciato AV in progetto in rilevato alto.





L138-S-002 Comune di Sommacampagna

L'edificio è in c.a. a 2-3 piani fuori terra costituito da due corpi lunghi, uno antistante l'altro e sfalsati sia planimetricamente sia di piano. Il corpo antistante, più vicino alla linea ferroviaria esistente e al tracciato in progetto, è a 2 piani f.t. ma è dotato di un locale seminterrato a -2 m dal piano strada, di lunghezza pari all'edificio adibito a cantina/garage. Il corpo retrostante invece è a 3 piani f.t. senza piano interrato.



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due

Consorzio ENI per l'Alta Velocità



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
10

Codifica Documento
EE2ROBA0000006

Rev.
A

Foglio
25 di 34

L139-N-11 Comune di Sona

Edificio residenziale in muratura a 1 piano a pochi metri dalla linea FS storica Brescia – Verona. Il tracciato AV in progetto in rilevato è previsto a circa 35 m di distanza. In posizione retrostante a circa 30 m è presente un albergo. Tra il ricettore e l'albergo corre il canale Sommacampagna.



L140-S-01 Comune di Sommacampagna

Edificio residenziale a 1-2 piani fuori terra in cemento armato. A circa 20 m dal tracciato AV in progetto con riferimento alla interconnessione e a 40 m dai binari AV. La linea storica dista 90 m a nord dell'edificio.



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
10

Codifica Documento
EE2ROBA0000006

Rev.
A

Foglio
26 di 34

L140-N-01 Comune di Sona

Edificio residenziale a 1 piano in muratura a ridosso della linea storica Brescia –Verona e a 35 m dalla linea AV in progetto in rilevato basso.





5. VINCOLI ALLA REALIZZAZIONE DI EVENTUALI INTERVENTI DI MITIGAZIONE

L100-N-003, L100-N-004 Comune di Calcinato

Non si riscontrano ostacoli alla realizzazione di una trincea di mitigazione in direzione ovest mentre in direzione est è attualmente presente il sovrappasso di via Cavour a circa 40 dall'edificio più vicino al tracciato in progetto e a meno di 90 m il fiume Chiese, in conseguenza del quale il progetto AV prevede il transito dalla tipologia d'opera in rilevato a viadotto. Tra il sovrappasso e il fiume è presente un canale irriguo. Il viadotto in progetto inizia infatti subito dopo l'attuale sovrappasso autostradale, che verrà rimosso.



L101-N-011 Comune di Calcinato

A circa 90 m ad ovest del ricettore è presente il canale Roggia Maggiore.

L119-S-004 Comune di Pozzolengo

L'edificio era inizialmente previsto in demolizione per interferenza con il tracciato in progetto.

A seguito della Cds è stato previsto uno spostamento del tracciato minimo in modo da conservare l'edificio (1.33.167).

La distanza tra l'edificio ed in corpo ferroviario è pertanto decisamente ridotta. Secondo la soluzione proposta lo spazio utile per la realizzazione del muro antivibrante è limitato a 4 m.



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 10	Codifica Documento EE2ROBA0000006	Rev. A	Foglio 28 di 34
---------	------------------	-------------	--------------------------------------	-----------	--------------------

Non si rilevano interferenze invece nel senso della lunghezza.

L129-S-005 Comune di Sona

In corrispondenza del ricettore il tracciato ferroviario in progetto è in rilevato. Ai piedi del rilevato è previsto il fosso di guardia, che dista 3,00 metri dalla recinzione.

La trincea di mitigazione pertanto dovrà essere installata all'interno di questo spazio.

Si segnala la presenza di un canale ad una distanza di 95 m ad est del ricettore, in attraversamento del quale l'opera il progetto è prevista in viadotto per una lunghezza di 123 m (Viadotto Tione).

Il canale impone una limitazione della lunghezza della trincea di mitigazione in direzione est.

Inoltre il progetto ferroviario interferisce con un fabbricato ad uso residenziale di 3 piani fuori terra e due capannoni agricoli di simil altezza, che dovranno essere demoliti. Al fine della realizzazione della trincea dovranno essere eliminate le fondazioni.



L138-N-07 Comune di Sona

Non si riscontrano ostacoli fisici alla realizzazione di una trincea di mitigazione.

L138-S-002 Comune di Sommacampagna

In corrispondenza del ricettore il tracciato ferroviario in progetto è in rilevato. Ai piedi del rilevato è previsto il fosso di guardia, che dista 3,00 metri dalla recinzione.

La trincea di mitigazione pertanto dovrà essere installata all'interno di questo spazio.

Si segnala la presenza di un canale est del ricettore, in attraversamento del quale il progetto prevede un ponte scatolare (ponte scatolare canale Sommacampagna).

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due

Consorzio ENI per l'Alta Velocità



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
10

Codifica Documento
EE2ROBA0000006

Rev.
A

Foglio
29 di 34

Il canale, già nella sua configurazione futura, impone una limitazione della lunghezza della trincea di mitigazione in direzione est.

Poco prima del canale il progetto prevede di mantenere il sottopasso ad oggi esistente sotto la linea FS storica.

L139-N-11 Comune di Sona

A 25 m ad est del ricettore è presente la viabilità via Stazione e prima un canale irriguo di derivazione del canale Sommacampagna con tubazioni esterne a nord e a sud dell'attuale line storica. È prevista inoltre la realizzazione di un sovrappasso in sostituzione di via Stazione. Occorrerà verificare le interferenze con tale canale irriguo e con le pile del viadotto in progetto.



L140-S-01 Comune di Sommacampagna

Non ci sono ostacoli alla realizzazione di una eventuale trincea di mitigazione.

L140-N-01 Comune di Sona

Non ci sono ostacoli alla realizzazione di una eventuale trincea di mitigazione.



6. STIMA DEI LIVELLI VIBRAZIONALI DI TRANSITO SUI RICETTORI

Il dimensionamento degli interventi di mitigazione è, prima di tutto funzione, dell'obiettivo di mitigazione. Allo stato attuale, non essendo la linea in esercizio, l'impatto vibrazionale e il confronto con i limiti di legge è stimabile solamente mediante valutazioni numeriche.

Infatti non solo non è nota l'emissione vibrazionale effettiva del treno AV che sarà in esercizio sulla linea in progetto, ma non sono note nemmeno le dinamiche di propagazione terreno-edificio sitospecifiche di ciascun edificio oggetto di verifica, dal quale dipendono i livelli di impatto vibrazionale che saranno di fatto avvertiti dai ricettori.

Propagandosi nel sottosuolo, le vibrazioni si modificano in ampiezza ed in termini di contenuto spettrale. All'aumentare della distanza dal binario, il valore di picco della velocità di vibrazione PPV diminuisce per effetto dell'espansione del fronte d'onda e delle proprietà smorzanti del mezzo di propagazione. In termini spettrali si osserva che le alte frequenze si attenuano più rapidamente delle basse: il campo di frequenze significativo raggiunge i 100 Hz a 12 m dal binario, 40 Hz a 32 m dal binario e 25 Hz a 72 m dal binario.

Di contro, il valore di picco della velocità di vibrazione è scarsamente influenzato dalla velocità del treno mentre, come atteso, è fortemente dipendente dalla distanza dalla sorgente.

Per le suddette motivazioni è necessario considerare che le stime previsionali nel seguito riportate rimangono indicative e preliminari, in analogia alle indicazioni di PD di cui, in ogni caso, costituiscono una re-visione, un aggiornamento ed una integrazione, a recepimento delle prescrizioni del CIPE ed ITALFERR e degli approfondimenti metodologici e conoscitivi sitospecifici effettuati sia in relazione alle limitazioni oggettive per la realizzazione di eventuali interventi, sia relativamente alle caratteristiche costruttive e strutturali dell'edificio.

Nel seguito vengono descritti i livelli di accelerazione complessive ponderate stimati sui ricettori oggetto di verifica, localizzati in generale a distanze dell'ordine di 10, 40 e 50 m dal binario più vicino.

Il livello di vibrazione stimato è relativo al singolo evento di transito, in sintonia con la UNI 9614 per la quale il tempo di riferimento T è la durata del rilievo in secondi e i valori di riferimento con cui confrontarsi per valutare se un evento vibrazionale è oggettivamente disturbante sono correlati al concetto di tolleranza del disturbo che può fare riferimento solo al singolo evento maggiormente disturbante (singolo transito di convoglio).

L100-N-004, L100-N-003 Comune di Calcinato

In corrispondenza del ricettore L100-N-004, il livello vibrazionale di transito è pari a 83 dB, superiore di 9 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

In corrispondenza del ricettore L100-N-003, la stima indica un livello massimo di 78 dB superiore di 4 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

La stima previsionale fa riferimento ad una velocità di esercizio del treno AV di 250 Km/h.

In corrispondenza degli altri edifici adiacenti, le stime vibrazionali indicano livelli inferiori al limite di disturbo ma comunque superiori alla soglia di sensibilità umana.

L101-N-11 Comune di Calcinato

In corrispondenza del ricettore L101-N-11, il livello vibrazionale di transito è pari a 77 dB, superiore di 3 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

La stima previsionale fa riferimento ad una velocità di esercizio del treno AV di 250 Km/h.

L119-S-004 Comune di Pozzolengo

Il ricettore era inizialmente previsto in demolizione per interferenza con il tracciato. A seguito di un modesto ritracciamento della linea ferroviaria in corrispondenza di tale edificio, è possibile evitare la demolizione del ricettore e, su richiesta della conferenza di servizi, prevedere la realizzazione di un intervento con micropali (doppia berlinese con setto antivibrante) ed il consolidamento sotto l'edificio.

In corrispondenza del ricettore L119-S-004 il livello vibrazionale di transito è pari a 85 dB, superiore di 11 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

La stima previsionale fa riferimento ad una velocità di esercizio del treno AV di 300 Km/h.

L129-S-005 Comune di Sona

In corrispondenza del ricettore L129-S-005 il livello vibrazionale di transito è pari a 75 dB, superiore di 1 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

La stima previsionale fa riferimento ad una velocità di esercizio del treno AV di 300 Km/h.

L138-N-07 Comune di Sona

In corrispondenza del ricettore L138-N-07 il livello vibrazionale di transito è pari a 76 dB, superiore di 2 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

La stima previsionale fa riferimento ad una velocità di esercizio del treno AV di 250 Km/h.

**L138-S-002 Comune di Sommacampagna**

In corrispondenza del ricettore L138-S-002 il livello vibrazionale di transito è pari a 77 dB, superiore di 3 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

La stima previsionale fa riferimento ad una velocità di esercizio del treno AV di 250 Km/h.

L139-N-11 Comune di Sona

In corrispondenza del ricettore L139-N-11 il livello vibrazionale di transito è pari a 76 dB, superiore di 2 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

La stima previsionale fa riferimento ad una velocità di esercizio del treno AV di 250 Km/h.

L140-S-01 Comune di Sommacampagna

In corrispondenza del ricettore L140-S-01 il livello vibrazionale di transito è pari a 80 dB, superiore di 6 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

La stima previsionale fa riferimento ad una velocità di esercizio del treno AV di 200 Km/h.

L140-N-01 Comune di Sona

In corrispondenza del ricettore L140-N-01 il livello vibrazionale di transito è pari a 77 dB, superiore di 3 dB rispetto al livello indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.

La stima previsionale fa riferimento ad una velocità di esercizio del treno AV di 200 Km/h.

Conclusioni

I livelli massimi di accelerazione complessiva ponderata stimati per il singolo transito ferroviario sono compresi tra 75 e 85 dB, superiori da 1 a 11 dB al livello di 74 dB indicato come oggettivamente disturbante per le persone dalla UNI 9614 all'interno delle abitazioni di notte.



7. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI VIBRAZIONALI SUI RICETTORI

Il manuale di progettazione delle opere civili RFI prevede la valutazione dei livelli di accelerazione equivalenti diurno e notturno secondo la formula:

$$L_{w,eq} = 10 \log \left[(1/T) \int_0^T [a_w(t)/a_0]^2 dt \right]$$

dove T è da assumersi pari all'intero periodo di riferimento diurno (7-22) o notturno (22-7) ed il loro confronto con i valori di riferimento riportati nella Norma UNI 9614 (Prospetto II e III dell'Appendice A1).

Per la valutazione del livello equivalente di accelerazione diurno e notturno si è fatto riferimento al modello di esercizio fornito (N° di transiti diurni/notturni e velocità di transito per categoria di convoglio) e alle lunghezze dei convogli riportate nella Relazione di Progetto Definitivo cod. DE2RGIM0006003, con riferimento allo studio del rumore solido. La tabella seguente riassume i dati utilizzati.

	AV	IC	MERCI
Velocità [km/h]	200÷300	200	120
Lunghezza [m]	328	406	656
N° transiti h 7-22	70	0	0
N° transiti h 22-7	0	8	40

Nella **Tabella 2** si riportano le stime dei livelli equivalenti di accelerazione calcolati sui ricettori in esame sulla base delle stime di impatto vibrazionale del singolo transito e del modello di esercizio. Vengono inoltre indicati i livelli di riferimento per il periodo diurno e notturno indicati dalla UNI 9614 in caso di postura non nota, ponderazione applicata ai livelli di accelerazione stimati.

Ricettore	L _w (7-22)	L _{UNI} (7-22)	L _w (22-7)	L _{UNI} (22-7)
L100-N-004	60	77	63	74
L101-N-11	55	77	57	74
L119-S-004	62	77	66	74
L129-S-005	52	77	55	74
L138-N-07	54	77	56	74
L138-S-002	55	77	57	74
L139-N-11	54	77	57	74
L140-S-01	59	77	60	74
L140-N-01	56	77	57	74

Tabella 2 Livelli equivalenti di accelerazioni stimati sui ricettori

Il confronto dei livelli di accelerazione equivalenti diurni e notturni, calcolati secondo quanto previsto dal Manuale di progettazione delle opere civili RFI, non evidenzia superamenti dei livelli di riferimento UNI9614 presso nessun ricettore.



8. CONCLUSIONI

Il dimensionamento degli interventi di mitigazione è, prima di tutto, funzione dell'obiettivo prefissato. Allo stato attuale, non essendo la linea in esercizio, l'impatto vibrazionale e il confronto con i limiti di legge è stimabile solamente attraverso valutazioni numeriche.

Per le motivazioni già espresse è necessario considerare che le stime previsionali risultano preliminari, in analogia alle indicazioni di PD di cui, in ogni caso, costituiscono una revisione, un aggiornamento ed una integrazione, a recepimento delle prescrizioni del CIPE ed ITALFERR e degli approfondimenti metodologici e conoscitivi sitospecifici effettuati sia in relazione alle limitazioni oggettive per la realizzazione di eventuali interventi, sia relativamente alle caratteristiche costruttive e strutturali dell'edificio.

Si ritiene pertanto fondamentale, in fase di pre-esercizio della linea AV in progetto, una verifica di campo durante la quale effettuare misure vibrazionali all'interno dei ricettori selezionati tra quelli critici, finalizzate ad accertare l'effettivo disturbo alle persone, l'entità dello stesso e l'obiettivo preciso di mitigazione.

La valutazione dell'impatto vibrazionale secondo il Manuale di Progettazione delle Opere Civili RFI prevede il confronto con i valori di riferimento UNI9614 (disturbo alle persone) dei livelli equivalenti di accelerazione diurni o notturni, ammettendo che tale approccio risulta solitamente meno restrittivo di quello comunemente adottato secondo normativa.

In effetti l'adozione della metodologia prevista dal Manuale di Progettazione delle Opere Civili RFI non evidenzia la necessità di interventi di mitigazione, in quanto i livelli equivalenti di accelerazione risultano inferiori ai valori di riferimento UNI9614 in corrispondenza di tutti i ricettori ed in entrambi i periodi di riferimento. Pertanto **il progetto**, predisposto in conformità al Manuale di Progettazione delle Opere Civili di RFI **non prevede la realizzazione di alcun intervento di mitigazione dalle vibrazioni.**