

Le case che tremano, il mistero di Asso

Raimondo A., Carella F., Nava E., Rundo Sotera G., Vurro B.

Arpa Lombardia - Dipartimento di Como, Via Einaudi 1, 22100 Como (CO), a.raimondo@arpalombardia.it

Riassunto

Il presente lavoro descrive le criticità riscontrate nel valutare un fenomeno vibratorio che ha interessato numerose abitazioni di Asso (CO). Le vibrazioni venivano maggiormente percepite ai piani alti degli edifici, con cadenza regolare ed ad orari tipici di un'attività produttiva. Il fenomeno ha suscitato ampia risonanza sulla stampa locale.

L'intervento di ARPA ha avuto il duplice scopo di fornire all'Amministrazione Comunale il supporto per la definizione della problematica, dovuto nell'ambito delle attività istituzionali dell'Agenzia, e di testare la procedura interna ad ARPA per la misura delle vibrazioni, che, in carenza di una normativa nazionale specifica che fissi dei valori limite di riferimento, prevede l'esecuzione di rilievi sia secondo il Regolamento Locale di Igiene Tipo della Regione Lombardia che secondo le norme tecniche ISO e UNI.

CASO DI STUDIO

A partire dal 2010 un "singolare" fenomeno vibratorio ha interessato numerose abitazioni di Asso (CO), un comune di circa 4000 abitanti, ubicato nel settore di piana alluvionale del fiume Lambro. Il fenomeno ha suscitato risonanza sulla stampa locale: in data 10.06.2011 il quotidiano "La Provincia" titolava: "ASSO: misteriose scosse e le case tremano - Le case tremano ma s'ignora il motivo. Piccole scosse fanno vibrare i mobili e i vetri delle abitazioni", poi in data 04.10.2011: "La case che tremano, il mistero di ASSO - Vibrazioni continue a pochi minuti una dall'altra per tutta la giornata" ed ancora: "Le case che tremano. È colpa di una fabbrica" del 09.11.2011. Tutto ciò da un lato ha dato risalto al fenomeno, dall'altro ha contribuito in qualche misura alla diffusione di idee e convinzioni non sempre fondate, tra cui possibili cause naturali di tipo sismico.

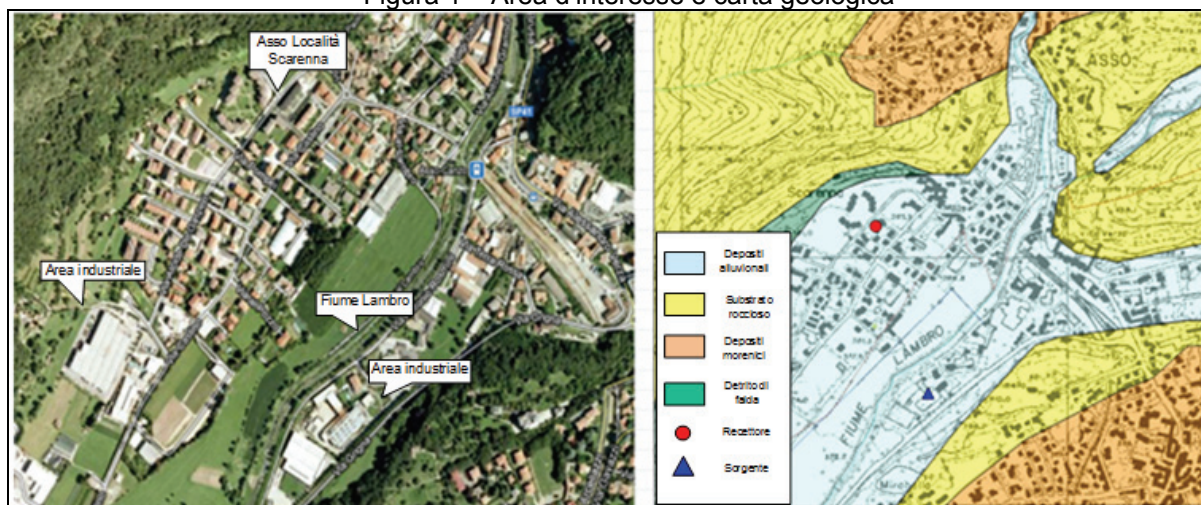
A seguito di richiesta dell' Amministrazione Comunale, ARPA ha effettuato alcuni sopralluoghi preliminari presso le abitazioni segnalate, per acquisire tutte le informazioni utili alla definizione del problema. In sede di sopralluogo i cittadini asserivano di percepire delle vibrazioni cadenzate da circa un anno e mezzo, indicativamente tra le 7.00 e le 12.00 e fra le 13.30 e le 17.30. Venivano riferite scosse che facevano vibrare i mobili e i vetri delle abitazioni, con maggior disagio per gli appartamenti ubicati ai piani alti degli edifici. Seppur non con continuità, durante i sopralluoghi le vibrazioni sono state percepite anche dai tecnici dell'Agenzia.

L'area di interesse (fig. 1), una frazione del Comune di Asso (località Scarenna), nell'ultimo decennio ha visto sorgere diverse case sul suo territorio, ed è ora considerata, a buon diritto, la zona residenziale del paese. Le attività manifatturiere presenti sono distanti centinaia di metri e separate dal fiume Lambro, ed appartengono sia ad Asso che ai Comuni limitrofi.

L'analisi di un fenomeno vibratorio è influenzata da numerosi fattori che comprendono sia la natura stessa della sorgente che del recettore, con possibili fenomeni di risonanza, sia del mezzo nel quale si propaga.

Scarenna è ubicata nel settore di piana alluvionale di destra all'alveo del fiume Lambro. Dal punto di vista geologico i sedimenti alluvionali del fiume Lambro, di natura clastica, si confondono con una potente successione di terreni ghiaioso-ciottoloso-sabbioso di probabile deposizione fluvioglaciale (Wurm). In tali sedimenti ha sede tra l'altro la falda freatica principale della piana, insediata nel subalveo del fiume Lambro. I sedimenti fluviali e fluvio glaciali poggiano inoltre, su un substrato roccioso afferente alle unità calcaree del Giurassico (calcare di Moltrasio) riconoscibile nella porzione immediatamente a nord dell'abitato di Scarenna. L'assetto strutturale del territorio è altresì caratterizzato dalla presenza di pieghe e faglie connesse al principale sovrascorrimento di rocce calcaree presenti nell'area (fig. 1). Tale conformazione geologica e idrogeologica favorisce in particolare la generazione delle onde superficiali secondarie.

Figura 1 – Area d'interesse e carta geologica



STRUMENTI NORMATIVI

Attualmente non esistono riferimenti normativi nazionali o regionali in materia di vigilanza e controllo delle vibrazioni in ambiente abitativo. Inoltre, per quello che riguarda le norme tecniche esistenti, la situazione è piuttosto complessa essendo ancora in atto la discussione sulla modalità di una loro armonizzazione. In Lombardia gli unici riferimenti adottabili per la problematica vibrazioni sono il Regolamento Locale di Igiene Tipo della Regione Lombardia (RLIT) del 1985, che al Titolo II - Capitolo 9 stabilisce i limiti massimi per le vibrazioni meccaniche in ambiente abitativo, ed eventuali Regolamenti Comunali di Igiene trattanti l'argomento. Secondo quanto indicato nel RLIT "I limiti massimi consentiti sono quelli indicati dalla norma ISO in vigore (ISO 2631:1978) e relativi addendum ed eventuali successive integrazioni", corretti mediante opportuni coefficienti moltiplicativi, per tenere conto del periodo di disturbo (diurno o notturno) e della zona in cui insiste l'insediamento disturbato. La norma ISO citata nel Regolamento è stata successivamente ritirata e divisa in più parti; le nuove versioni (ISO 2631-1:1997 – "Vibrazioni meccaniche ed urti - Valutazione dell'esposizione umana alle vibrazioni al corpo intero - Parte 1: requisiti generali", recepita dalla UNI ISO 2631-1:2008, e la ISO 2631-2:2003 – "Vibrazioni meccaniche ed urti - Valutazione dell'esposizione umana alle vibrazioni al corpo intero - Parte 2: vibrazioni negli edifici (1 Hz a 80 Hz)", hanno di fatto abrogato i limiti precedentemente stabiliti dalla norma stessa, rinviando ad una successiva integrazione l'emanazione di nuovi limiti normativi. La norma italiana attualmente in vigore per la valutazione del disturbo da vibrazioni, è la UNI 9614:1990, nella quale è definito il metodo di misura delle vibrazioni di livello costante all'interno degli edifici; al momento la suddetta norma è in fase di revisione presso l'UNI.

Oltre all'aspetto dei limiti c'è anche da considerare che la "vecchia" normativa ISO prevedeva essenzialmente l'analisi dei valori in banda di un terzo d'ottava e la successiva ponderazione in banda; il "nuovo" approccio, legato all'evoluzione sia scientifica che della strumentazione in merito alla risposta biodinamica, prevede la ponderazione nel tempo ed il calcolo del valore efficace a partire dalla storia della vibrazione ponderata. Nel caso di fenomeni transitori, o comunque non stazionari, l'analisi con i "vecchi" metodi non rende conto dell'andamento temporale. D'altro canto (come la stessa ISO 2631-2:2003 dice), l'utilizzo di nuovi parametri descrittivi non è ancora supportato da indagini epidemiologiche affidabili né, a maggiore ragione, di limiti di accettabilità.

La mancanza di riferimenti di legge specifici per le vibrazioni e la situazione in divenire delle norme di buona tecnica in vigore rendono difficoltosa, e comunque opinabile, l'individuazione chiara ed univoca di valori limite per le vibrazioni cui fare riferimento nell'adozione di Provvedimenti amministrativi. Pertanto, all'interno di ARPA Lombardia, col supporto del Settore Legale, è stata proposta una procedura che prevede di suggerire all'Amministrazione Comunale, come possibile modalità di gestione degli esposti, di sensibilizzare al problema il titolare/gestore della sorgente di vibrazione, sollecitandolo ad un autocontrollo, e di effettuare le misure richieste secondo le metodologie e per i parametri previsti da ciascuna delle norme vigenti, fornendo al Comune elementi "utili" per la valutazione del disturbo.

Sarà poi compito del Comune individuare i limiti rispetto ai quali valutare i risultati delle misure, chiedendo eventualmente il supporto dell'ASL, per quanto concerne gli aspetti riguardanti il benessere e la salute degli individui.

MATERIALI E METODI

Accertata la natura chiaramente antropica del fenomeno, veniva suggerito al Comune di procedere empiricamente presso le ditte presenti nei dintorni per l'individuazione della "sorgente disturbante", con spegnimento progressivo delle stesse. Nel frattempo era stato individuato come punto di controllo privilegiato un'abitazione posta al quarto piano, dove venivano eseguite due campagne di misura: in data 21.09.2011 in assenza del fenomeno ed in data 04.10.2011 in presenza del fenomeno. Di seguito sono discussi i risultati dei rilievi più significativi.

I rilievi strumentali sono stati condotti per un intervallo temporale rappresentativo, utilizzando un integratore ed analizzatore "real – time" quadricanale, con accelerometro tri-assiale, ed un calibratore per accelerometri. La strumentazione impiegata e le modalità di misura sono conformi a quanto indicato nelle norme ISO 2631, nella norma ISO 8041/2005 e alle specifiche richieste dalle norme IEC 184, IEC 222, IEC 225. Sono state rilevate le vibrazioni attraverso la misura delle accelerazioni per bande di 1/3 d'ottava, lungo tre assi ortogonali X, Y e Z, orientati: l'asse X giacente sul piano di calpestio, l'asse Y ortogonale all'asse X e parallelo al corso del fiume Lambro, l'asse Z ortogonale al piano XY. Nelle figure (fig. 2 e fig. 3) sono mostrate le time history dei rilievi effettuati in data 21.09.2011 e 04.10.2011, dove è evidente la presenza del fenomeno durante il secondo rilievo.

Figura 2 – Time history rilievo del 21.09.2011

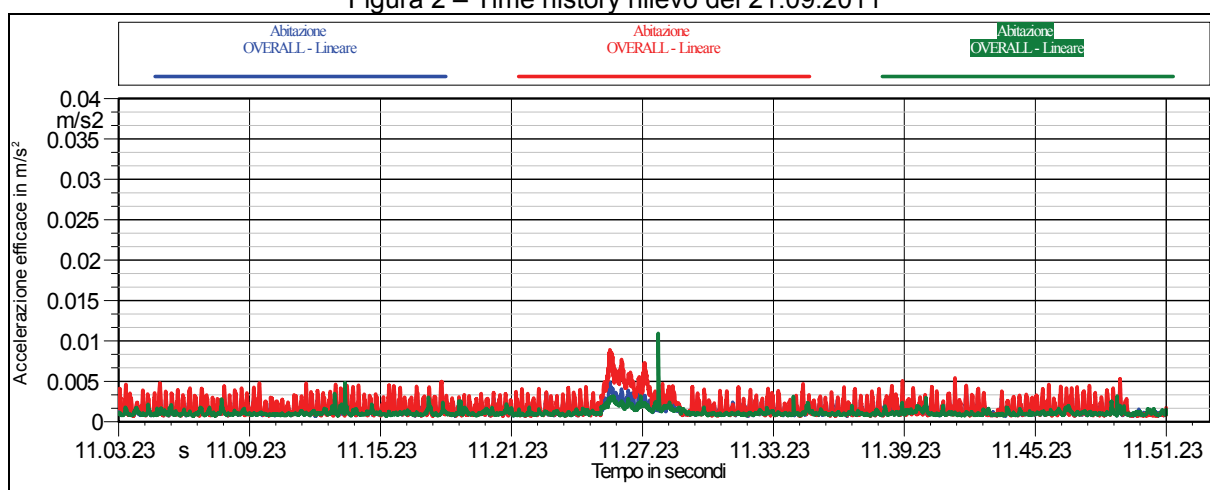
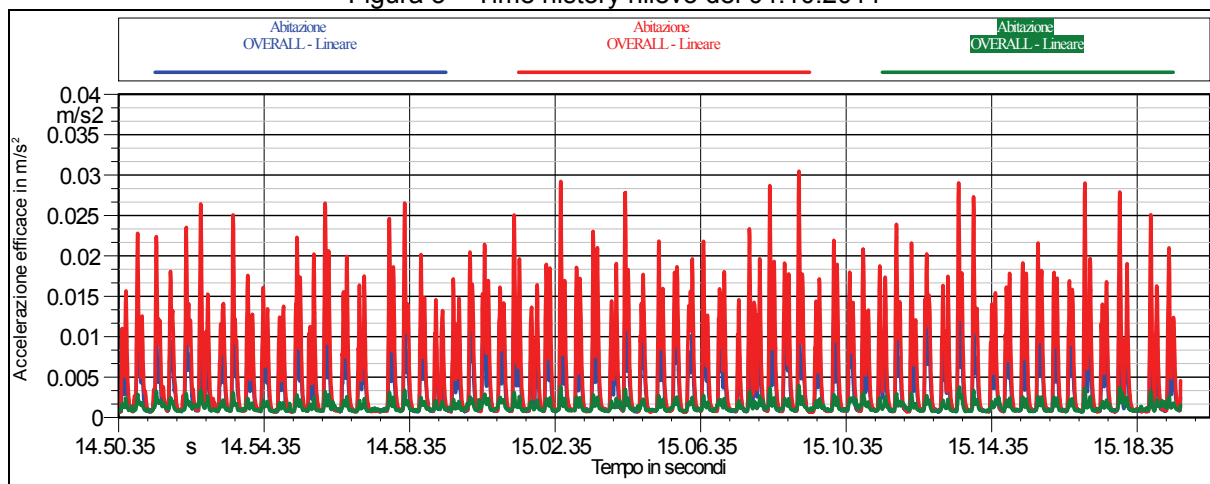


Figura 3 – Time history rilievo del 04.10.2011



DISCUSSIONE DEI RISULTATI

I rilievi eseguiti sono stati analizzati secondo tutte le norme previste dalla procedura ARPA.

APPLICAZIONE DEL RLIT

I grafici (fig. 4 e fig. 5) mostrano i risultati dei rilievi strumentali eseguiti nelle due sessioni, nella banda da 1 a 80 Hz, espressi in termini di a_{\max} (il massimo del livello di accelerazione durante la misura con costante di tempo 1 secondo), per i tre assi ortogonali, confrontati con i valori di riferimento riportati al Cap. 9 del Regolamento, corretti con il fattore moltiplicativo ($K=2$) previsto per le abitazioni in zone residenziali in periodo diurno.

Figura 4 – Analisi in frequenza RLIT rilievo del 29.09.2011

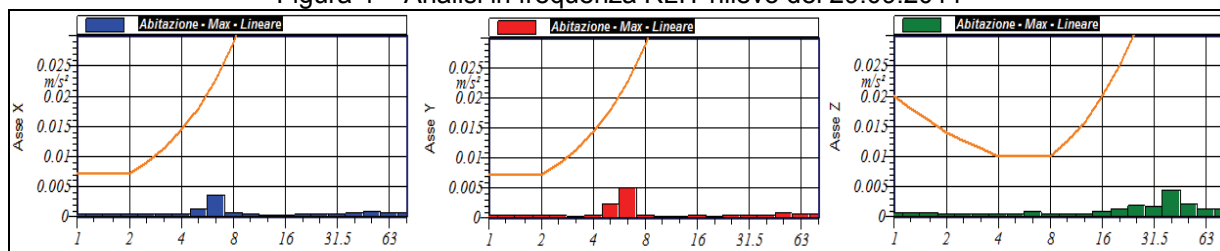
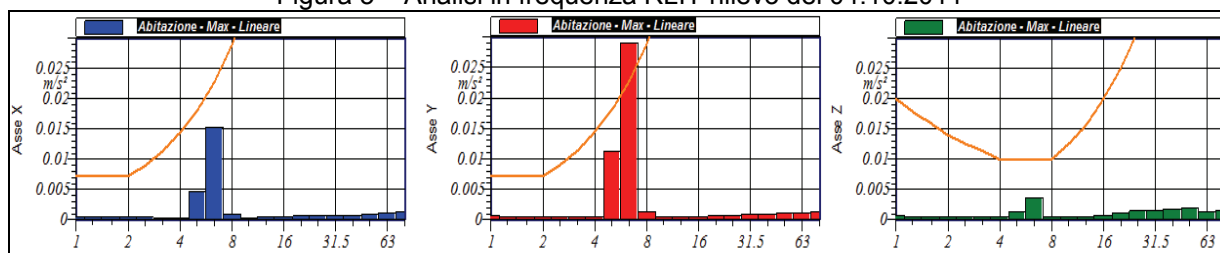


Figura 5 – Analisi in frequenza RLIT rilievo del 04.10.2011



Dall'analisi dei rilievi effettuati in presenza del fenomeno vibratorio, si osserva che gli assi maggiormente sollecitati sono quelli orizzontali. L'asse Y, che presenta valori di accelerazione più elevati e orientato verso il tavolato "S-O" del vano, individua una direzione prevalente del fenomeno all'incirca parallela all'alveo del Fiume Lambro. Si rileva che il valore di a_{\max} , alla frequenza di 6.3 Hz per l'asse Y ($2.91 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$), supera il corrispondente valore di riferimento ($2.28 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$) previsto dal cap. 9 del RLIT della Regione Lombardia.

Anche nei rilievi del 29.09.2011, durante i quali il fenomeno vibratorio indagato non era fisicamente percepibile, si riscontra la presenza di sollecitazioni alla frequenza di 6.3 Hz, per gli assi X e Y. Ciò è verosimilmente legato all'attività della sorgente, svolta con intensità inferiore rispetto a quanto riscontrato in data 04.10.2011.

APPLICAZIONI NORME ISO e UNI ISO

La norma ISO 2631-2:2003, relativa all'esposizione dell'uomo alle vibrazioni all'interno degli edifici, introduce un fattore di ponderazione W_m , in bande di terzi di ottava, unico per le tre direzioni X, Y e Z, indipendentemente dalla posizione (seduta, eretta, sdraiata) assunta dall'occupante dell'edificio, in ragione del fatto che il disturbo viene valutato durante le attività o il riposo della persona all'interno dell'abitazione e pertanto l'esposizione può avvenire sia in verticale (persona eretta) sia in orizzontale (persona coricata). Come anticipato, rispetto al corpus normativo precedente, la ISO 2631-2:2003 specifica i metodi di misura sulla base dei quali effettuare le indagini, ma non fornisce valori di confronto o limite. Si limita, in questo senso, a richiamare l'Appendice C della parte 1 della ISO 2631-1:1997 e i concetti di percezione e benessere in essa contenuti.

Per quanto riguarda il benessere (paragrafo C.2.1 dell'Appendice C): "Una particolare condizione di vibrazione può essere considerata come causa di disagio inaccettabile in una situazione ma essere classificata come piacevole o distensiva in altre. Numerosi fattori si combinano per determinare il grado al quale il disagio può essere notato o tollerato. Una

valutazione accurata dell'accettabilità delle vibrazioni e la formulazione dei limiti di vibrazioni può essere effettuata solo con la conoscenza di numerosi fattori". Sebbene non siano disponibili prove conclusive a sostegno di una dipendenza temporale universale degli effetti delle vibrazioni sul benessere, l'accelerazione quadratica media può essere usata per calcolare la dose di vibrazioni ricevuta durante un'esposizione quotidiana. La ISO 2631-1:1997 a tal proposito, nell'Appendice C, alla nota 2, suggerisce l'uso del parametro eVDV (valore di dose delle vibrazioni, dimensionalmente in $\text{m/s}^{1.75}$), come parametro di valutazione del benessere, da utilizzare per il confronto tra ambienti alternativi.

Nel caso in esame, non avendo a disposizione dati di "ambienti alternativi" il confronto dei valori di eVDV è stato condotto tra i rilievi con e senza vibrazioni.

Come valore di a_w (accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza), è stato utilizzato il valore totale delle vibrazioni (a_v), dato dalla somma quadratica dei valori r.m.s. delle accelerazioni ponderate rilevate su ciascuno degli assi ortogonali. Come tempo di esposizione, sulla base delle dichiarazioni dei cittadini coinvolti, si è scelto di considerare un periodo di 8 ore (Tab. 1).

Tabella 1 – Valori di eVDV

| Misura | eVDV [$\text{m/s}^{1.75}$] |
|------------------------|------------------------------|
| Rilievo del 21.09.2011 | 0.032 |
| Rilievo del 04.10.2011 | 0.124 |

Per quanto concerne l'aspetto della percezione, l'Appendice C indica una soglia di percezione alla quale "il cinquanta per cento delle persone attente e in buona salute possono appena rilevare una vibrazione ponderata ...", segnalando che "Esiste una forte variazione tra gli individui per quanto riguarda la loro abilità di percepire le vibrazioni ...".

Nella tabella seguente (tab. 2) sono riportati i valori di accelerazione quadratica massima ponderata sui tre assi relativa ai rilievi strumentali, confrontati con il valore di soglia di percezione indicato dalla norma.

Tabella 2 – Accelerazione quadratica massima ponderata per gli assi XYZ e valore di soglia di percezione

| Misura | Asse | $a_{w\max}$ [m/s^2] | Soglia di percezione [m/s^2] |
|------------------------|------|--------------------------------|---|
| Rilievo del 21.09.2011 | X | $0.2 \cdot 10^{-2}$ | $1.5 \cdot 10^{-2}$ |
| | Y | $0.4 \cdot 10^{-2}$ | |
| | Z | $0.1 \cdot 10^{-2}$ | |
| Rilievo del 04.10.2011 | X | $1.1 \cdot 10^{-2}$ | |
| | Y | $2.1 \cdot 10^{-2}$ | |
| | Z | $0.3 \cdot 10^{-2}$ | |

Si osserva che un maggiore disagio (eVDV) si avverte nei rilievi condotti in data 04.10.2011, durante i quali il fenomeno vibratorio supera la soglia di percezione prevista relativamente all'asse Y, rispetto a quelli del 21.09.2011 nei quali non si registra alcun superamento della soglia di percezione.

A titolo conoscitivo i livelli di accelerazione ponderata, misurati nel caso peggiore, sono stati inoltre confrontati con le "zone di attenzione secondo le linee guida per la salute" riportate nell'Appendice B (paragrafo B.3.1) della ISO 2631-1:1997, risultando ampiamente inferiori alla scala di valori entro cui sono definite zone di attenzione.

APPLICAZIONE DELLA UNI 9614:1990

La norma UNI 9614:1990, per la valutazione delle vibrazioni, utilizza l'accelerazione quadratica media ponderata, espressa in m/s^2 , usando fattori di ponderazione in bande di terzi d'ottava per le tre direzioni ortogonali (X-Y e Z) e per postura non nota o variabile. Per il caso in esame, caratterizzato da livelli di vibrazioni non costanti, si è fatto riferimento al paragrafo A 2. della norma, calcolando i valori di accelerazione equivalente ponderata in frequenza ($a_{w,eq}$), confrontandoli con i valori limite indicati nell'Appendice A, prospetti II e III, e con i valori di soglia di percezione, già previsti per le vibrazioni di livello costante (tab. 3).

Tabella 3 – Accelerazione equivalente ponderata per gli assi XYZ, valori limite e soglie di percezione

| Misura | Asse | $a_{w,eq} [\text{m/s}^2]$ | Valori limite $[\text{m/s}^2]$ | Soglia di percezione $[\text{m/s}^2]$ |
|------------------------|------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Rilievo del 21.09.2011 | X | $1.1 \cdot 10^{-3}$ | $7.2 \cdot 10^{-3}$ | $3.6 \cdot 10^{-3}$ |
| | Y | $1.5 \cdot 10^{-3}$ | | |
| | Z | $0.6 \cdot 10^{-3}$ | $10 \cdot 10^{-3}$ | $5.0 \cdot 10^{-3}$ |
| Rilievo del 04.10.2011 | X | $3.6 \cdot 10^{-3}$ | $7.2 \cdot 10^{-3}$ | $3.6 \cdot 10^{-3}$ |
| | Y | $6.6 \cdot 10^{-3}$ | | |
| | Z | $1.0 \cdot 10^{-3}$ | $10 \cdot 10^{-3}$ | $5.0 \cdot 10^{-3}$ |

Il valore dell'accelerazione equivalente ponderata per l'asse Y del rilievo del 04.10.2011, supera la soglia di percezione prevista. L'asse Y si conferma essere quello maggiormente sollecitato dal fenomeno vibratorio, benché non si riscontri alcun superamento del valore limite.

CONCLUSIONI

Nell'autunno del 2011, in seguito al perdurare di un "singolare" fenomeno vibratorio di chiara natura antropica, ARPA è intervenuta, a supporto dell'Amministrazione Comunale di Asso, presso alcuni recettori dell'area interessata per l'effettuazione dei rilievi strumentali richiesti.

L'intervento di ARPA ha avuto il duplice scopo di fornire al Comune elementi utili per la definizione della problematica, nonché di testare la procedura interna ad ARPA per la misura delle vibrazioni, che, in carenza di una normativa nazionale specifica che fissi dei valori limite di riferimento, prevede l'esecuzione di rilievi sia secondo il Regolamento Locale di Igiene Tipo della Regione Lombardia (RLIT) sia secondo le norme tecniche UNI ISO.

L'applicazione delle diverse norme tecniche ha consentito una descrizione completa del fenomeno, che è risultato certamente disturbante, ma con valori inferiori a quelli di tutela dal danno fisiologico. Nei rilievi del 04.10.2011, durante i quali si percepivano le vibrazioni, si è riscontrato, per l'asse Y, il superamento del valore di riferimento indicato nel Regolamento Locale di Igiene Tipo per la frequenza di 6.3 Hz; della soglia di percezione indicata nell'Appendice C del norma ISO 2631-1:1997 e della soglia di percezione per l'asse Y prevista della norma UNI 9614:1990, mentre non si evidenzia alcun superamento dei valori limite indicati nell'Appendice A della norma UNI 9614:1990.

Il presente lavoro evidenzia in modo chiaro come l'assenza di riferimenti di legge specifici per il disturbo da vibrazioni in ambiente abitativo, può portare a decisioni non supportate da elementi oggettivi. Il fatto che i risultati di una misura, confrontati con diverse norme tecniche, tutte in vigore, portino a conclusioni diametralmente opposte, deve essere spunto per la comunità scientifica, per le Amministrazioni Locali direttamente chiamate ad affrontare i casi concreti, e il sistema delle Agenzie, nel sollecitare il Legislatore all'emanazione di norme specifiche in materia.

Sulla scorta dei rilievi ARPA, dovendo comunque dare riscontro alle istanze formulate dai propri cittadini, l'Amministrazione Comunale ha proceduto empiricamente all'individuazione della

sorgente disturbante, con un fermo selettivo delle attività presenti nella zona, individuando una stamperia di metallo come causa del disturbo, a circa 1 km dalla località interessata.

Infine nell'ottica di individuare interventi di mitigazione efficaci, data la complessa natura del fenomeno vibratorio, sarebbe auspicabile come sviluppo futuro, la caratterizzazione della dinamica del fenomeno anche mediante un approccio di tipo geofisico, che permetta di creare un quadro conoscitivo dell'assetto territoriale che influenza la propagazione del fenomeno stesso.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Professore Giovanni Moscioni del Politecnico di Milano per i preziosi consigli e per la sua gentile collaborazione nella revisione del presente lavoro.

Bibliografia

Ente Nazionale Italiano di Unificazione, *UNI ISO 2631-1 Vibrazione meccaniche e urti – Valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse al copro intero – Parte 1: Requisiti generali*, Gennaio 2008;

Ente Nazionale Italiano di Unificazione, *UNI 9614 Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*, Marzo 1990;

International Organization for Standardization, *ISO 2631-1 Mechanical vibration and shock- Evaluation of human exposure to whole body vibration – Part 1: General requirements*, Sd. Ed. 01.05.1997;

International Organization for Standardization, *ISO 2631- 2 Mechanical vibration and shock- Evaluation of human exposure to whole body vibration – Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)*, Sd. Ed. 01.04.2003;

Regione Lombardia, Settore Sanità e Igiene, *Regolamento Locale di Igiene Tipo della Regione Lombardia In Lombardia*, DGR n.3/49784, 20.03.1985.