

HoliSurface[®]



Software *HoliSurface*[®]

Analisi vibrazionale su edificio (dati non sincronizzati e caso problematico)

In collaborazione con il Dott. Geol. Alberto Chiandussi (Gemona, UD)

Keywords:

analisi vibrazionali su edifici; modi flessionali e torsionali; HVSR; risonanza

contatto: gdm@winmasw.com

Premessa

Il presente caso studio (relativo a un edificio le cui vibrazioni non sono certamente di semplice definizione) è stato svolto considerando **dati non sincroni** acquisiti con un sistema non nostro che fornisce dati non ottimali per almeno due motivi:

- 1) i dati non sono equalizzati e risentono quindi della curva di risposta dei tre geofoni (che, in alcuni casi, rischia di fuorviare i meno esperti e comunque, alle frequenze più basse, falsa gli andamenti degli spettri);
- 2) i dati non sono in unità fisiche (mm/s) ma in unità arbitrarie (*counts*) che non consentono di valutare in modo puntuale e complessivo l'entità delle vibrazioni lasciando qualche ambiguità sulla lettura/comprendimento dei dati stessi.

In generale il suggerimento è sempre di utilizzare strumentazione in grado di fornire dati equalizzati sino ad almeno 1 Hz e in mm/s (come la strumentazione da noi fornita e utile poi di fatto per tutte le possibili tipologie di acquisizione di dati sismici e vibrazionali).

I dati qui considerati appaiono in effetti talmente poco definiti (le frequenze di vibrazione risultano ben poco chiare, con l'eccezione di un modo a 11.6 Hz che pare di carattere torsionale) da suscitare qualche dubbio sulla loro stessa attendibilità.

Lo scopo qui è quindi più che altro di tipo "educational": mostrare come ragionare attraverso la comparazione dei dati vibrazionali raccolti in diversi punti ed esternamente all'edificio.

Per esempi più semplici vedi casi studio disponibili in www.holisurface.com e nel manuale HS.

Per completezza, nelle analisi di seguito presentate viene mostrato l'andamento anche della componente verticale ma questa, di fatto, dal punto di vista strutturale non è di grande importanza per i più comuni edifici (il discorso cambia nel momento in cui si analizzano strutture più articolate quali ponti ecc).

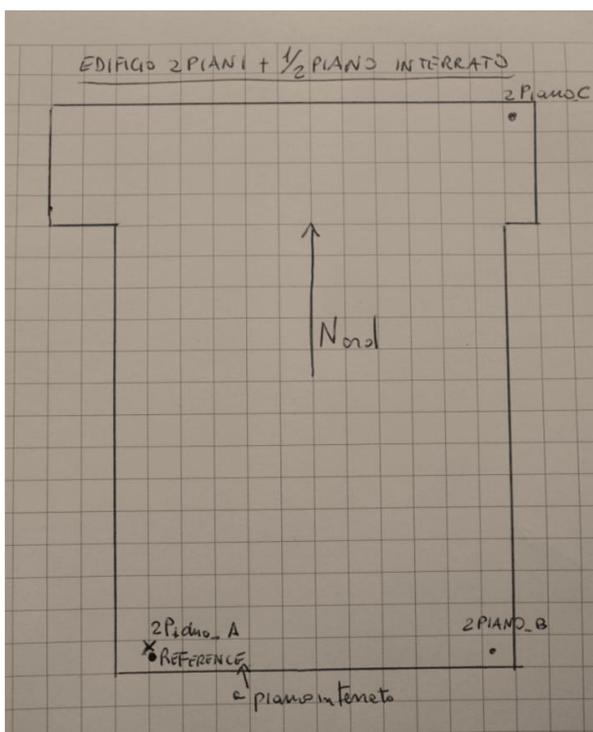


Fig. 1 - schizzo della pianta dell'edificio in CA con indicati i tre punti in cui sono stati raccolti i dati al secondo piano. Nel semi-interrato si è anche raccolto un dataset in corrispondenza del punto A.

Esternamente si sono anche registrati i microtremori utilizzati per definire la curva HVSR del sito.

I 4 datasets sono stati raccolti non in modo sincrono: un'unica terna è stata cioè posta in sequenza nei quattro punti, analizzando poi i dati secondo il *metodo GHM* (Gaussian-filtered Horizontal Motion) [vedi software *HoliSurface*[®]].

1. Microtremori su suolo (esternamente all'edificio)

Al fine di meglio comprendere le misure vibrazionali raccolte all'interno dell'edificio è bene effettuare sempre anche un'acquisizione in esterno (su suolo). Di tali misure non sarà importante l'analisi dell'HVSR (il concetto di doppia risonanza va certamente contestualizzato all'intero di una *Risposta Sismica Locale* complessiva in quanto l'HVSR da solo non è sufficiente) ma degli spettri di ampiezza delle tre componenti considerate.

Fig. 2 - Rimozione delle curve HVSR outliers:

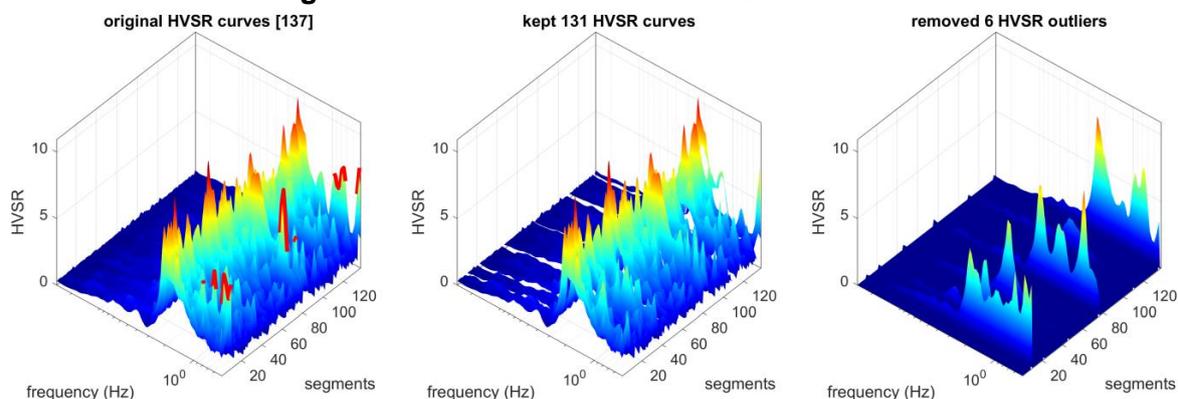


Fig. 3 - Continuità nel tempo dell'H/V (le bande bianche sono le curve HVSR outlier rimosse):

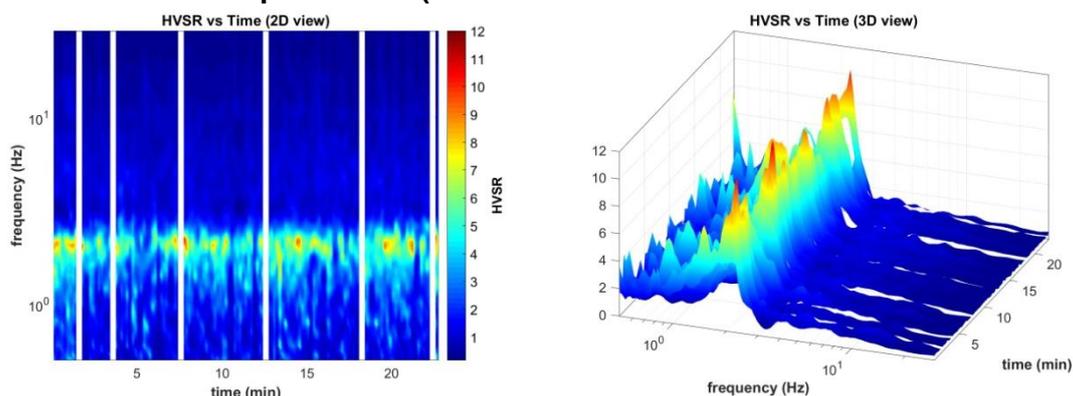
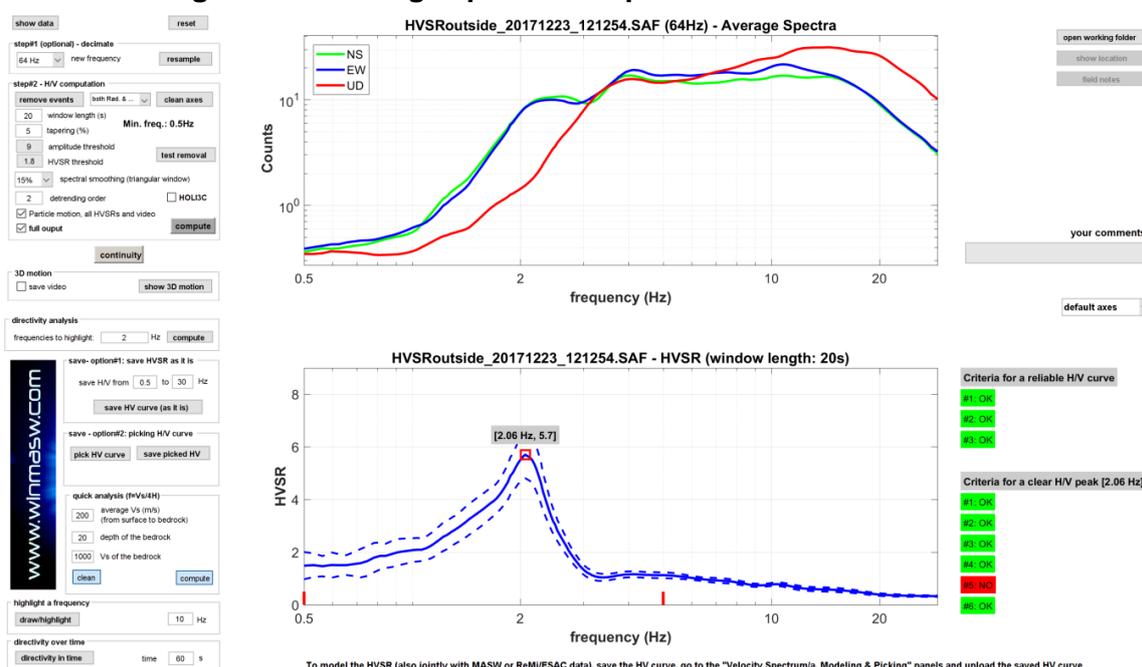


Fig. 4 - Sintesi degli spettri di ampiezza e dell'HVSR medio:



Achtung

Parlando di analisi e comprensione di dati vibrazionali, l'HV non ha molto valore/importanza. Quello che contano sono gli spettri di ampiezza dei dati raccolti su suolo e/o al piano di fondazione (non il rapporto H/V).

Fig. 5 - Continuità nel tempo degli spettri di ampiezza delle tre componenti:

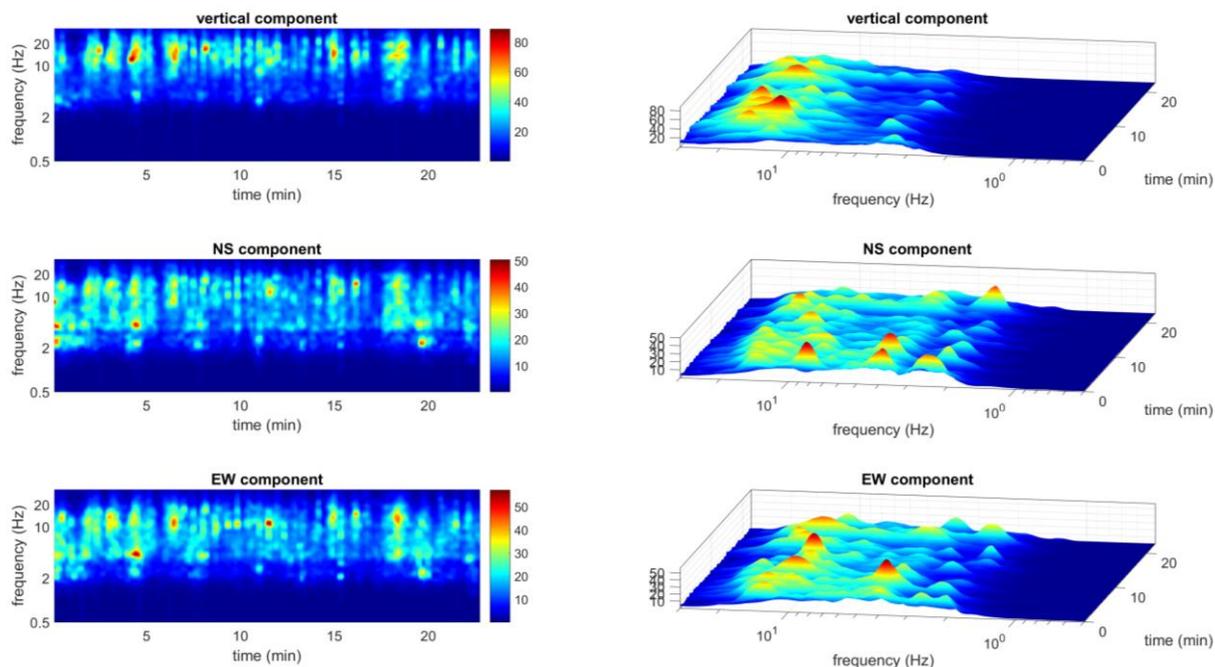
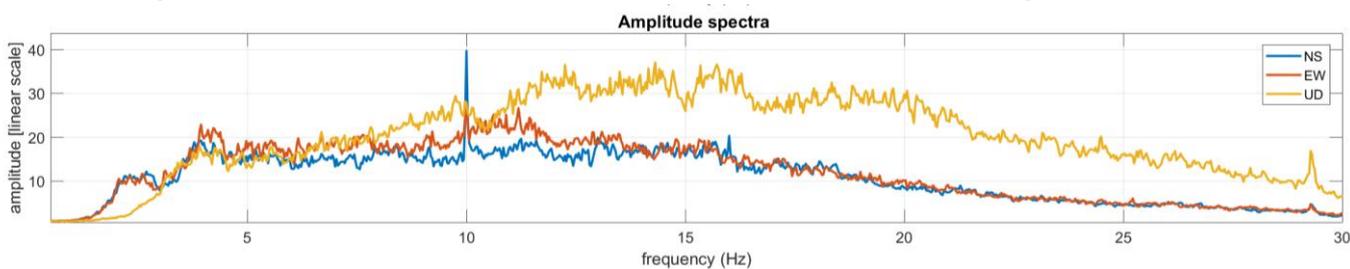


Fig. 6 - Spettri di ampiezza medi delle tre componenti (smoothing del 3%):



Come si può notare, negli spettri di ampiezza a circa 2 e 4 Hz vi sono due picchi relativi (questi dipendono dalla combinazione di microtremoni+curva di risposta del geofono (poiché purtroppo queste acquisizioni sono state eseguite con geofoni non equalizzati)).

Nel seguito si riportano le analisi effettuate considerando le misure prese all'interno dell'edificio considerando le seguenti coppie di punti (vedi schema dell'edificio in Fig. 1):

1) seminterrato-A

2) A-B

3) B-C

Qui di seguito la schermata del software *HoliSurface* riguardante le analisi cosiddette "uncoupled" (nel senso di riferite a dati non-sincronizzati) [nel caso si abbiano dati sincronizzati si possono svolgere analisi più spinte].

Nel prossimo paragrafo si considera il caso di misure base-piano superiore, mentre nei due successivi paragrafi le analisi riguardano i dati presi nei punti A e B (vedi schema dell'edificio) e nei punti B e C (quindi in tre punti al secondo piano).

The screenshot displays the *HoliSurface* software interface. Key elements include:

- Project name:** B_C
- Type of analysis:** uncoupled
- data uploading and processing:**
 - 1. Point A [reference]: clean, show 3D motion, Damping Analysis
 - 2. Point B: clean, show 3D motion, 6 height (m)
 - new frequency: 64Hz, resample, save both
 - gaussian filter section: 10 Hz, filter, accept, restore
 - Low-Pass Filter: remove HF, 30
- computation:**
 - window length (s): 10
 - min. freq. (Hz): 0.3
 - max. freq. (Hz): 15
 - smoothing: 3%
 - HOL13C checkbox
 - 2. Difference, velocity, compute
 - directivity/rotation, save vibration video, show video animation
- GHM analysis:** show GHM plots, 7.9 11.8
- comparing data:** 1. compare amplitudes, 2. upload & show HVSF
- GPS position:** 1., 2. GPS
- Empirical Fundamental Resonance:** height (m): 10, compute

Text on the right side of the interface:

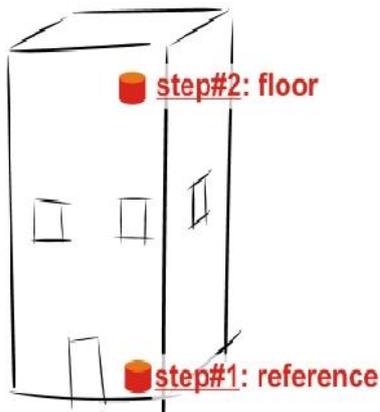
2piano_B_MT_20180122_151233.SAF_CLEANok.SAF (sampling: 64Hz, length: 15.8734min)
 2piano_C_MT_20180122_153848.SAF_CLEANok.SAF (sampling: 64Hz, length: 19.3258min)

uncoupled analysis
 (1 sensor used at 2 different points)

The diagrams show:

- recommended:** step#1: Point1, step#2: Point2
- Alternative setup:** step#2: floor, step#1: reference

2. Analisi Dati Punti seminterrato-A



Il confronto tra gli **spettri di ampiezza delle componenti orizzontali** esternamente all'edificio (vedi precedente paragrafo), nel semi-interrato e al secondo piano rende abbastanza chiaro come i segnali a circa 2 e 4 Hz siano pertinenti ai microtremori naturali del sito (attenzione che non interessa per nulla il discorso sull'HV, concentriamoci sugli spettri di ampiezza delle singole componenti).

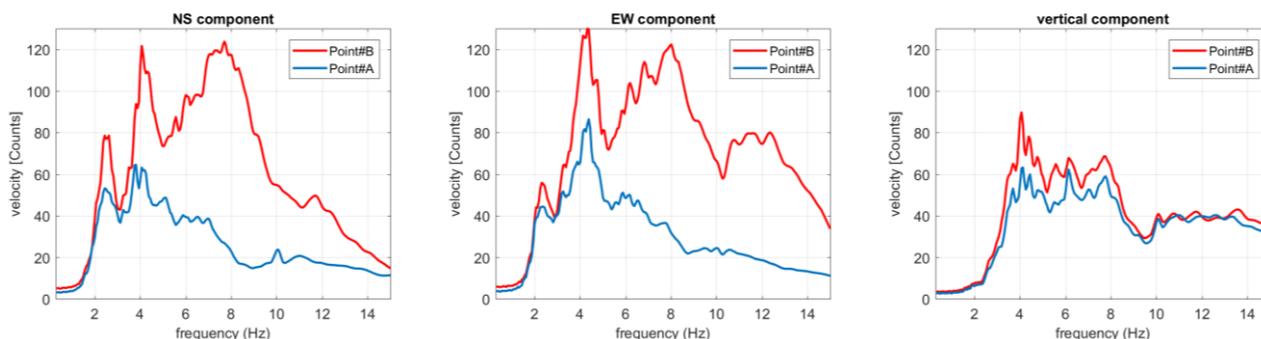
D'altra parte, attorno agli 8 Hz (curva rossa nei grafici qui di seguito riportati) si nota una buona quantità di energia non ascrivibile ai microtremori del sito (vedi curva blu che si riferisce al piano seminterrato e spettri di ampiezza delle misure prese in esterno riportate nel precedente paragrafo) e da attribuire invece all'edificio in quanto tale.

Che modo di vibrazione è? Si devono considerare tre fatti principali:

1. strutture così basse possono avere componenti torsionali più pronunciate di quelle flessionali;
2. in alcuni casi modi flessionali e torsionali si mischiano e confondono;
3. attorno agli 8 Hz non vi è un picco particolarmente pronunciato ma piuttosto largo e "diffuso" (si noti la vibrazione al piano primo e non presente al piano "di fondazione/riferimento").

Si nota anche un lievissimo segnale a circa 11.5 Hz di cui andremo più tardi a verificare la possibile natura.

Fig. 7 - Confronto tra gli spettri di ampiezza delle tre componenti per i dati del seminterrato e del punto A (vedi Fig. 1).



3. Analisi Dati Punti A-B

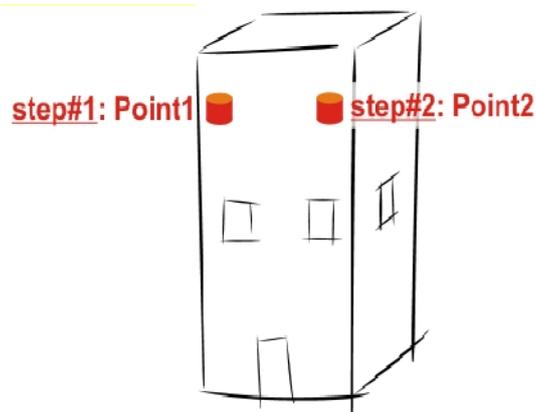
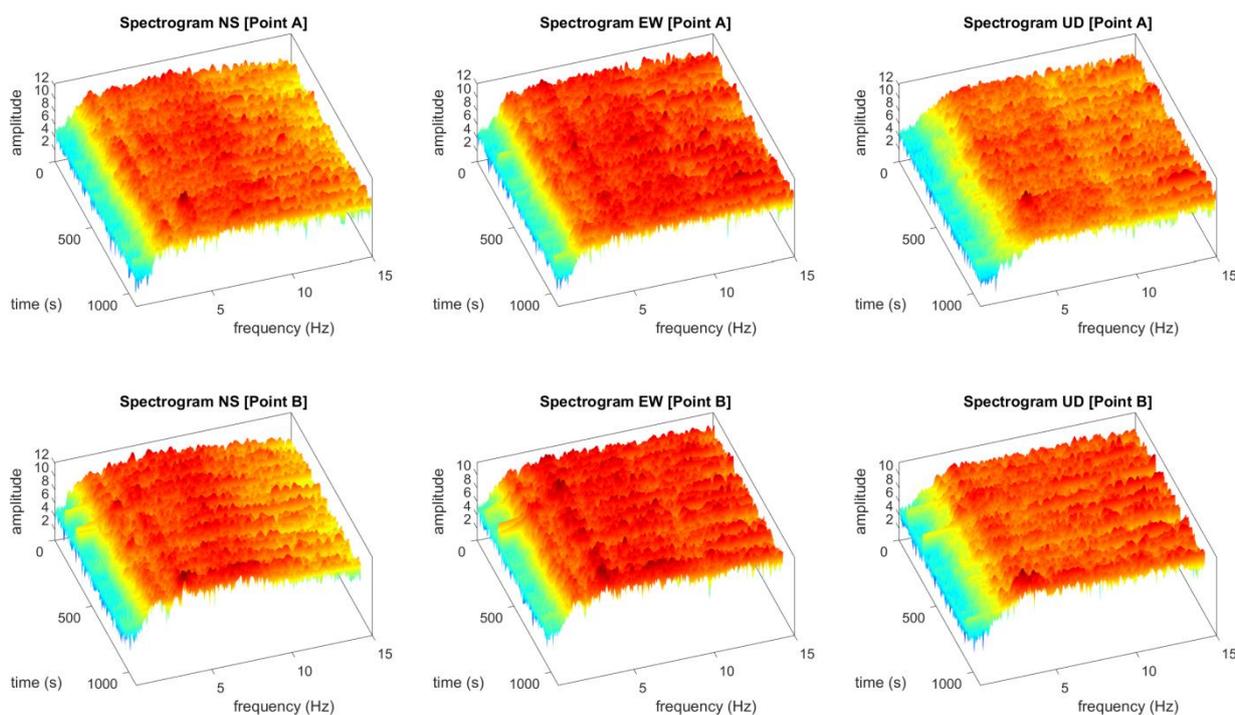


Fig. 8 - spettri di ampiezza di tutte le finestre considerate.

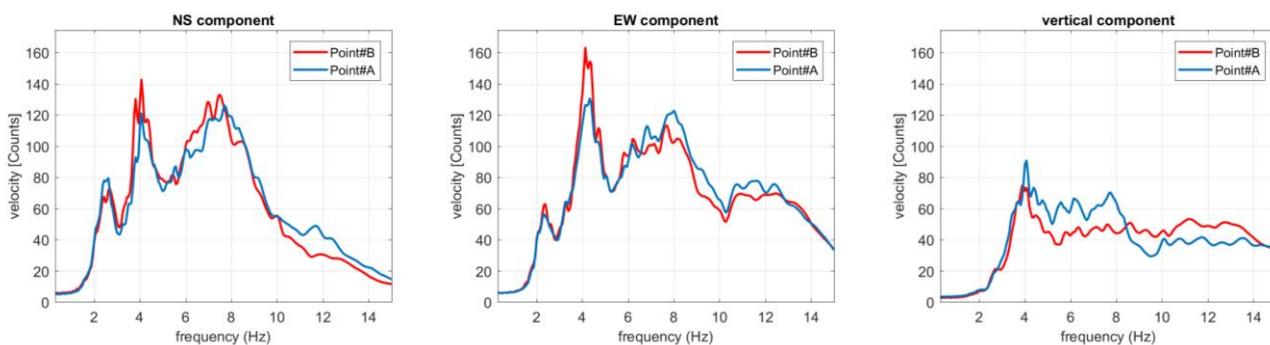


Rispetto gli spettrogrammi riportati in Fig. 8, vanno sottolineate due cose:

1) la buona continuità (prima di procedere alle analisi i dati sono stati puliti, rimuovendo segnali transienti di grande ampiezza);

2) l'andamento degli spettri di ampiezza (improvviso decadimento dell'ampiezza a frequenze inferiori a circa 4 Hz) è quello tipico di dati registrati da strumenti non equalizzati (ricordiamo come la strumentazione da noi fornita sia tale da consentirne l'equalizzazione post-acquisizione).

Fig. 9 - Confronto tra gli spettri di ampiezza delle tre componenti per i dati dei punti A e B (vedi piante in Fig. 1).

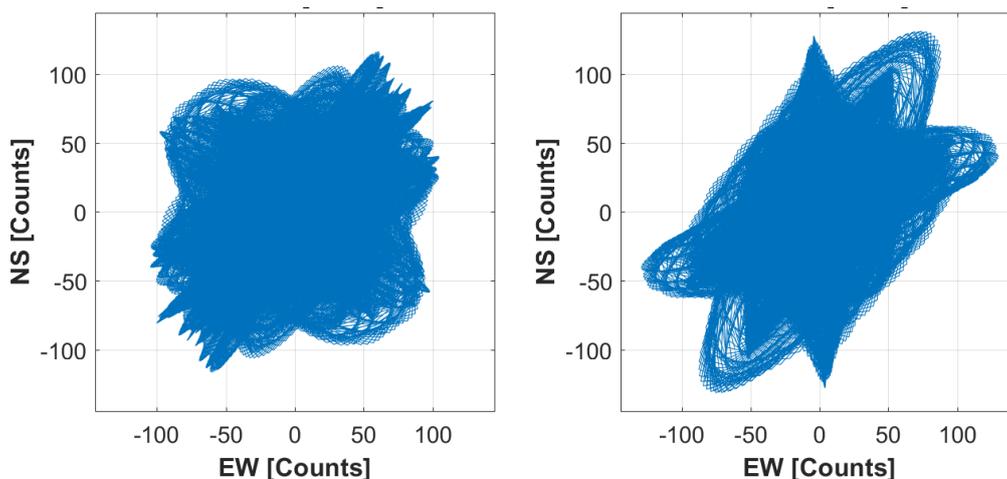


Il confronto tra gli spettri di ampiezza nei due punti indica una sostanziale uniformità, ma quello che **dovremmo identificare è il tipo di moto (le direzioni) alle due frequenze precedentemente evidenziate (circa 7.9 e 11.6 Hz).**

Tramite il **metodo GHM** si isola il moto a 7.9 Hz e 11.6 Hz.

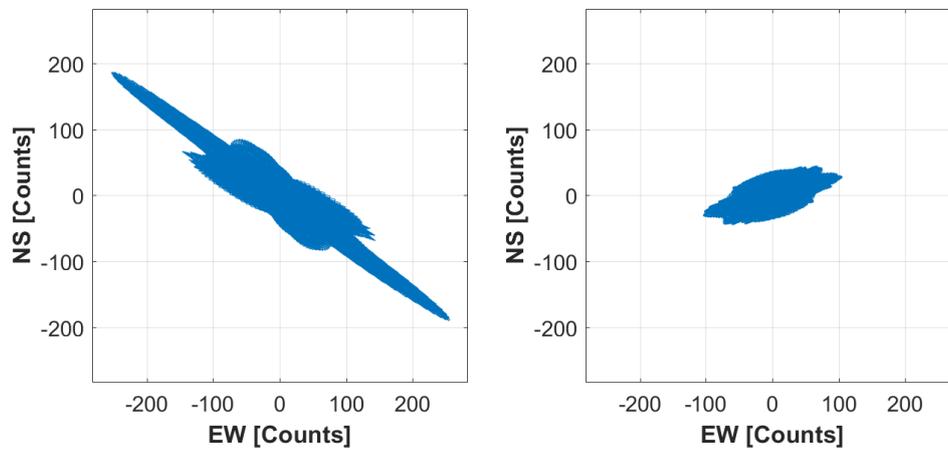
Il primo (vedi qui sotto) non appare molto chiaro e potrebbe essere il risultato di complessa interazione di modi flessionali e torsionali tra loro molto prossimi (in strutture tozze come quella qui considerata non sarebbe affatto strano). Si ricordi come il picco a 8 Hz non sia molto pronunciato ma relativamente "diffuso" in un relativamente ampio ventaglio di frequenze tra circa 6 e 10 Hz.

Fig. 10 - Grafici GHM relativi ai 7.9 Hz per i due punti A e B.



A 11.6Hz invece il modo sembra chiaramente torsionale (vedi grafico GHM riportato qui sotto e analisi presentate nel successivo paragrafo).

Fig. 11 - Grafici GHM relativi ai 11.6 Hz per i due punti A e B.



4. Analisi Dati Punti B-C

Fig. 12 - Confronto tra gli spettri di ampiezza delle tre componenti per i dati del punto B e C (vedi piante in Fig. 1).

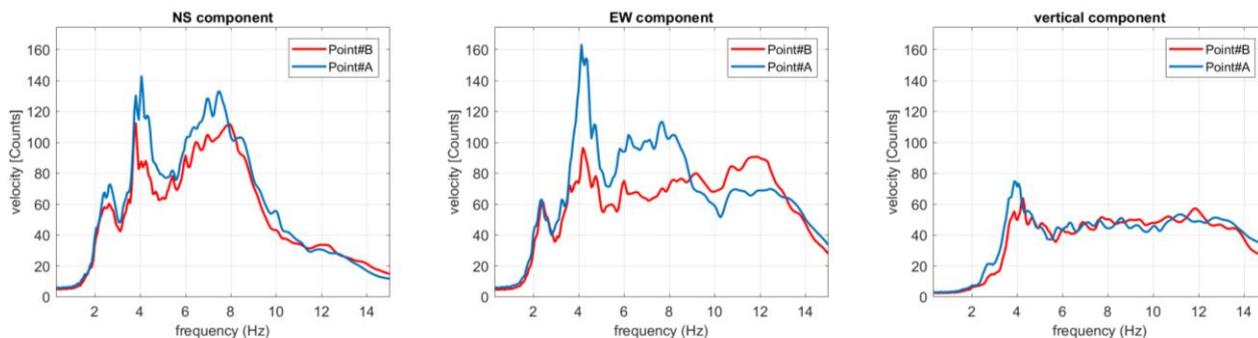


Fig. 13 - Grafici GHM relativi ai 7.9 Hz per i due punti B e C.

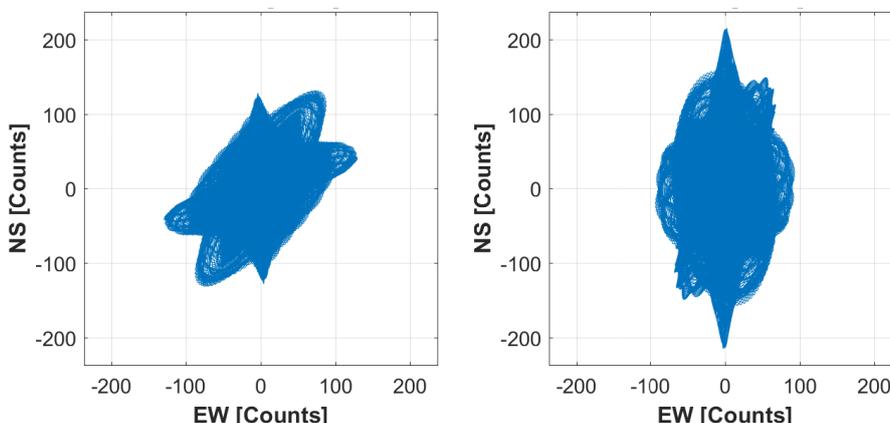
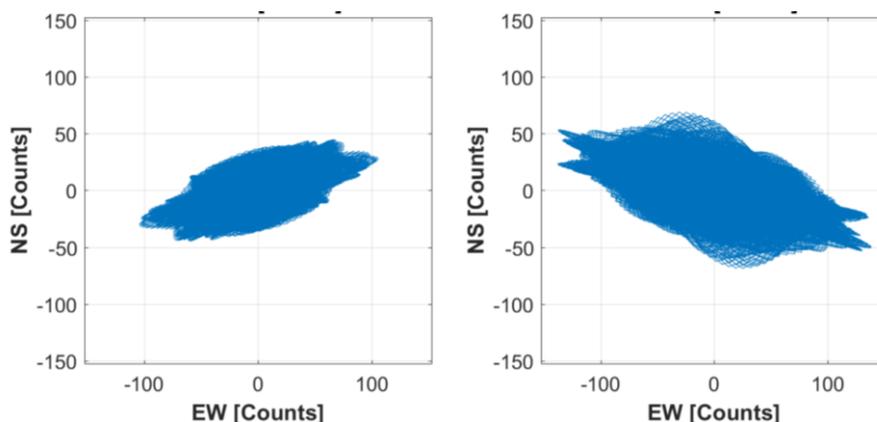
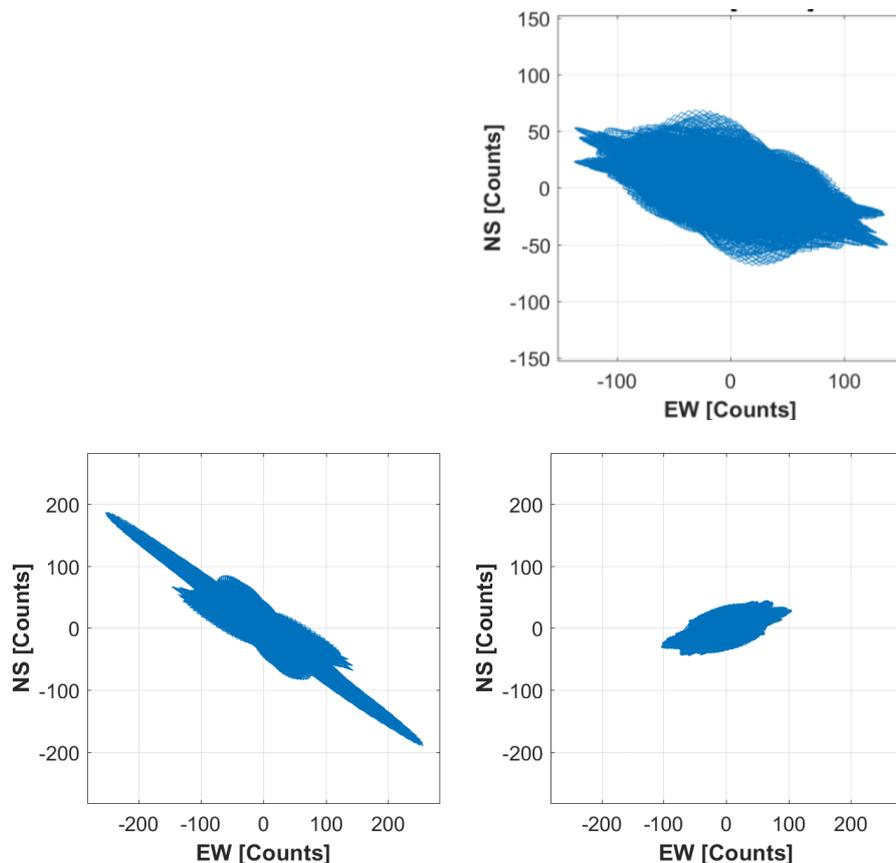


Fig. 14 - Grafici GHM relativi ai 11.6 Hz per i due punti B e C.



In definitiva, analogamente a quanto visto nell'analisi dei dati tra punto A e B (paragrafo precedente) anche qui attorno agli 8 Hz il moto risulta piuttosto complesso (Fig. 13) facendo pensare ad una complessa interazione di diversi modi tra circa 6 e 10 Hz, mentre a 11.6 Hz (Fig. 14 da confrontare con i grafici di Fig. 11) risulta confermato il modo torsionale (vedi anche Fig. 15).

Fig. 15 - Grafici GHM a 11.6 Hz per i tre punti A, B e C disposti come in pianta (Fig. 1). E' è chiaramente visibile il movimento di torsione.



Alcune note:

- 1) utilizzate strumentazione equalizzata e con uscita in unità fisica (mm/s) [prima di acquistare qualcosa chiaritevi bene cosa intendete fare e pretendete con voi stessi di *capire* piuttosto di focalizzarvi su falsi risparmi];
- 2) eseguite le acquisizioni quando l'edificio è più in quiete possibile (con poca gente che lo "abita" in quel momento e possibilmente chiedendo e verificando che non siano in funzioni pompe, lavatrici ecc): considerate ad esempio di effettuare misure in ore serali o nei week end (possibilmente in giornate non troppo ventose ma non del tutto calme - una perturbazione all'orizzonte potrebbe produrre un campo di microtremori utile);
- 3) in caso di misure sincronizzate (a volte dette *dinamiche*) verificate preliminarmente le polarità dei dati (che dipende dalla combinazione sensori-cavi-acquisitore);
- 4) edifici tozzi e rigidi possono risultare difficili da caratterizzare (edifici alti e snelli sono in vece in genere di semplice caratterizzazione);
- 5) nell'analisi delle vibrazioni degli edifici, l'analisi dell'HVSR non ha alcun significato (quello che interessano sono gli spettri di ampiezza).



I nostri *social media*

Consigliamo in particolare il nostro profilo *facebook* in quanto sulle nostre pagine carichiamo regolarmente piccoli casi studio, novità e suggerimenti utili e pratici.

 <https://www.facebook.com/HoliSurface>

 <https://twitter.com/winmasw>

 <https://www.youtube.com/user/winMASW/videos>

 https://www.researchgate.net/profile/Giancarlo_Dal_Moro

ELIOSOFT - geophysical software & services

website: www.holisurface.com

email: holisurface@winmasw.com

