

# HoliSurface®

## Holistic Analysis of Surface Waves



Come acquisire dati sismici attivi utili alle analisi congiunte possibili con il software *HoliSurface*®



### **HoliSurface® on the Moon**

Grazie alle procedure messe a punto in *HoliSurface*®, è stato possibile procedere all'analisi congiunta dei dati sismici raccolti durante le missioni Apollo.

In particolare, si sono svolte una serie di inversioni congiunte della dispersione delle onde di Rayleigh (velocità di gruppo) e del rapporto spettrale H/V. I primi risultati sono stati presentati in occasione del convegno EAGE 2013 (*Joint Analysis of Lunar Surface Waves: the Apollo 16 dataset*, Dal Moro G., 2013).

Il lavoro è stato segnalato tra i migliori del convegno e invitato alla pubblicazione del *full paper*. L'articolo completo (*Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites*) è stato poi pubblicato sulla rivista di scienze planetarie della Elsevier (*ICARUS*).

Il veicolo delle foto è il Rover Mars Curiosity (modello in scala 1:64) della serie *Hot Wheels* - courtesy of Mattel Inc.

**HoliSurface® è una metodologia brevettata e quindi protetta dalle leggi internazionali sulla proprietà intellettuale**

**Copyright © 2018**

*Tutti i diritti sono riservati.*

*La diffusione o la riproduzione, anche parziale, del presente documento da parte di terzi lede il diritto d'autore e costituisce reato ai sensi della L. 633/41.*

*Qualsiasi utilizzo privo del consenso esplicito dell'autore costituisce reato.*

**Con HoliSurface® e un adeguato sistema di acquisizione (che proponiamo unitamente al software e alla formazione) puoi effettuare le seguenti analisi:**

- 1. analisi congiunte della dispersione (velocità di gruppo) delle onde di Rayleigh (componente verticale e radiale) e Love e delle curve RVSR e RPM [metodologia HoliSurface]**
- 2. analisi HVSR**
- 3. analisi congiunte della dispersione (vedi punto#1) e dell'HVSR**
- 4. misure vibrazionali su edifici (discriminazione modi torsionali e flessionali con anche una sola terna).**
- 5. misure vibrazionali per normative DIN4150 e UNI9610 (superamento di soglie di velocità o accelerazione fissate dalla normativa)**
- 6. analisi MAAM (sorta di mini ESAC che richiede pochissimi metri di spazio)**

**Ciò che accumuna queste tecniche è la limitatissima strumentazione di campagna necessaria per l'acquisizione dei dati (vedi nostro sistema di acquisizione HoliSurface).**

**Per aggiornamenti e casi studio visitate la [pagina HoliSurface®](#) del nostro sito, iscrivetevi alla nostra *newsletter* e visitate la nostra pagina [facebook](#)**



**Questo documento descrive le procedure di acquisizione di dati attivi acquisiti con un unico geofono triassiale (metodo HoliSurface®).**

**Per una panoramica su HoliSurface si consulti il resto della documentazione, in cui si descrive il *senso* globale del sistema di acquisizione e analisi HS.**

## Acquisizione di dati per analisi HoliSurface®

Il termine *HoliSurface*® proviene dall'unione dei termini "Holistic" e "Surface". Questo esprime il fatto che lo scopo del metodo/software è quello di analizzare la propagazione delle onde di superficie in modo completo, cioè olistico.

Acquisire un dato per analisi *HoliSurface*® non è molto diverso rispetto le tradizionali acquisizioni di sismica attiva per ad esempio analisi MASW(multi-componente) o a rifrazione (lo zero dei tempi è fissato dal trigger).

La differenza sostanziale è che in questo caso si utilizza un unico geofono a tre componenti (3C - spesso indicato anche come 3D in quanto si tratta di un geofono con 3 sensori orientati in tre direzioni spaziali ortogonali) la cui orientazione è però fondamentale. Il punto determinante è che la seconda traccia del file di output deve rappresentare la componente *radiale* (cioè la direzione che rappresenta l'asse che unisce sorgente e geofono).

Il formato del file SAF in uscita dallo strumento di acquisizione deve in sostanza essere il seguente:

traccia#1	traccia#2	traccia#3
Componente Verticale	Componente Radiale	Componente Trasversale



Poiché i geofoni 3C tipicamente indicano le direzioni orizzontali con NS e EW (chiaramente riferendosi alle direzioni geografiche), è bene forse un esempio concreto.

I geofoni 3C (triggerabili) utilizzabili per acquisizioni HS sono costruiti in modo che la struttura del file SAF in uscita abbia il seguente formato:

colonna#1	colonna #2	colonna #3
Componente Verticale	Componente Radiale	Componente Trasversale

Questo significa che per fare analisi *HoliSurface*®, sarà necessario orientare il NS dello strumento in assetto radiale rispetto alla sorgente (il NS è cioè in asse con la sorgente - vedi Figura 1).

Incidentalmente, tanto per acquisizioni per analisi *HVSR* che *HoliSurface*, è sempre buona norma (quando possibile) piazzare il geofono all'interno di una piccola buchetta di una decina di centimetri di profondità.

I parametri di acquisizione raccomandati sono riportati in Tabella 1.

È importante che il *software* di acquisizione consenta di effettuare lo *stack verticale* dei dati; per capire cos'è lo *stack verticale* vedi *Capitolo 3* (Figura 3.8) del libro "Onde di Superficie in Geofisica Applicata" - Giancarlo Dal Moro, Dario Flaccovio Editore (a cui si rimanda anche per la nomenclatura relativa al tipo di sorgente e geofoni - componenti RVF, ZVF, REX, ZEX e THF).

In campagna, al momento del salvataggio dei dati, si raccomanda di inserire il valore dell'*offset* nell'apposito campo del software di acquisizione e nel nome del file (vedi successivo paragrafo "**nominare i files di campagna**").



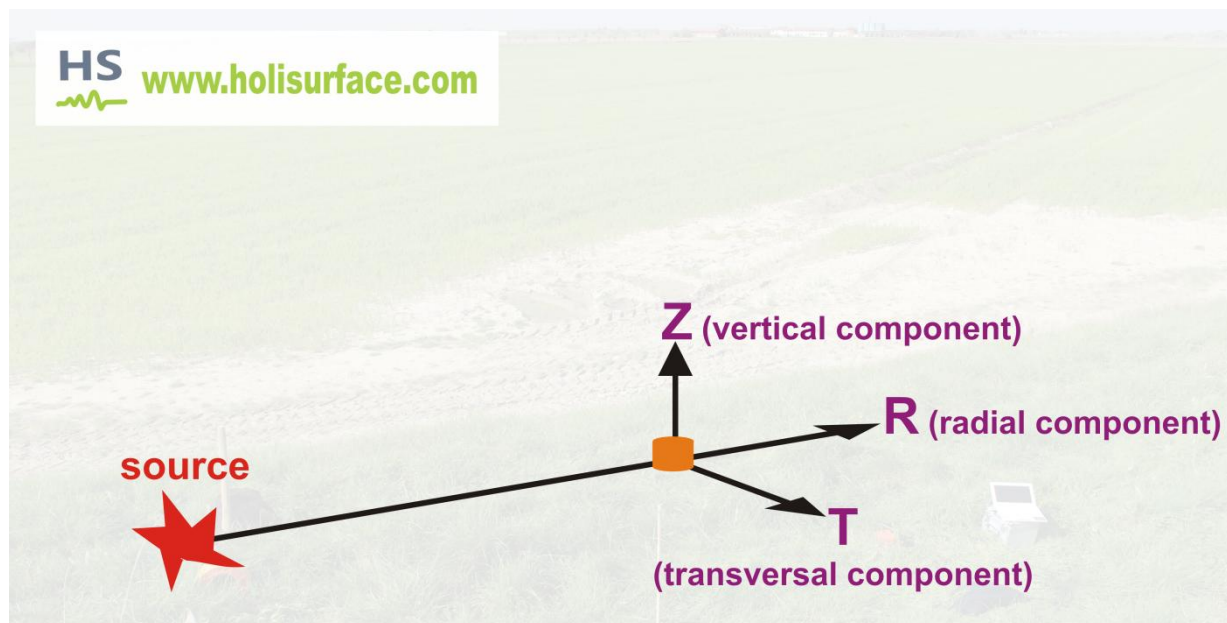
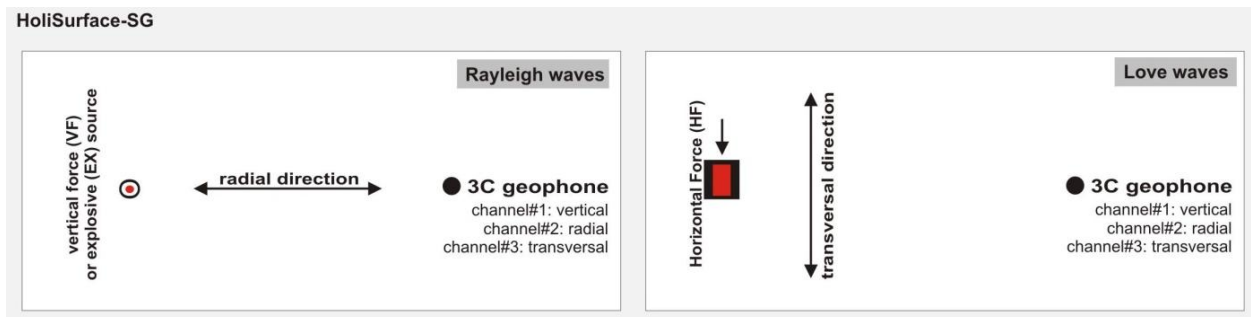


Figura 1. Assetto del geofono 3C per analisi HoliSurface®: a seconda del tipo di sorgente adottata potremo acquisire tanto le onde di Rayleigh (martellata verticale) che di Love (martellata di taglio) - vedi testo e Tab. 1. L'asse radiale è quella che unisce la sorgente al geofono, l'asse trasversale è quella perpendicolare a questa.

<b>intervallo di campionamento</b>	1 o 2 ms (1000 o 500Hz) [su coperture molto veloci e con offset molto limitati può essere utile acquisire a 0.5 ms]
<b>sorgente</b> (vedi anche testo)	Per acquisizione onde di Rayleigh: martello (sorgente VF) o fucile sismico (sorgente EX) Per acquisizione onde di Love: martellata "di taglio" (sorgente HF)
<b>lunghezza dell'acquisizione</b>	Chiaramente dipende dal tipo di terreno e dall'offset ma in termini generali 2 secondi sono sufficienti (nulla vieta di acquisirne 3 o 5 e poi pulire il dato in fase di elaborazione).
<b>stack</b>	Chiaramente dipende dell'offset fissato e della rumorosità del sito. Evitare assolutamente uno stack inferiore a 5. Estremamente utile un elevato stack (10-20).
<b>offset</b> (distanza sorgente-geofono)	Come sempre è bene sfruttare al massimo lo spazio a disposizione (in termini generali sono "vietati" offset inferiori a 20 m). La profondità di penetrazione/indagine è <u>grossomodo</u> pari a due terzi dell'offset utilizzato. Per investigare i primi 30 m si suggerisce di utilizzare un offset di 50-70 m. Associando ai dati HS una curva HVSR è chiaramente comunque possibile scendere in profondità.
<b>assetto del geofono</b>	In HoliSurface si assume che il file SAF rispetti la seguente struttura: Prima colonna = UD (cioè traccia verticale) (componente verticale dell'onda di Rayleigh) Seconda traccia = traccia radiale (componente radiale dell'onda di Rayleigh) Terza traccia = traccia trasversale (onde di Love)  Utilizzando un geofono (triassiale) da noi approvato e testato, ciò significa che l'asse NS (corrispondente alla componente radiale) va posta parallela (in asse) con lo stendimento stesso (vedi Figura 1) con il Nord che punta alla sorgente.

Tab. 1. Parametri di acquisizione per analisi HoliSurface®

### Offset

In sede di acquisizione e salvataggio del dato, si ricordi di inserire il valore dell'offset nell'apposito campo presente nel software di acquisizione (ma anche nel nome del file salvato - vedi oltre).

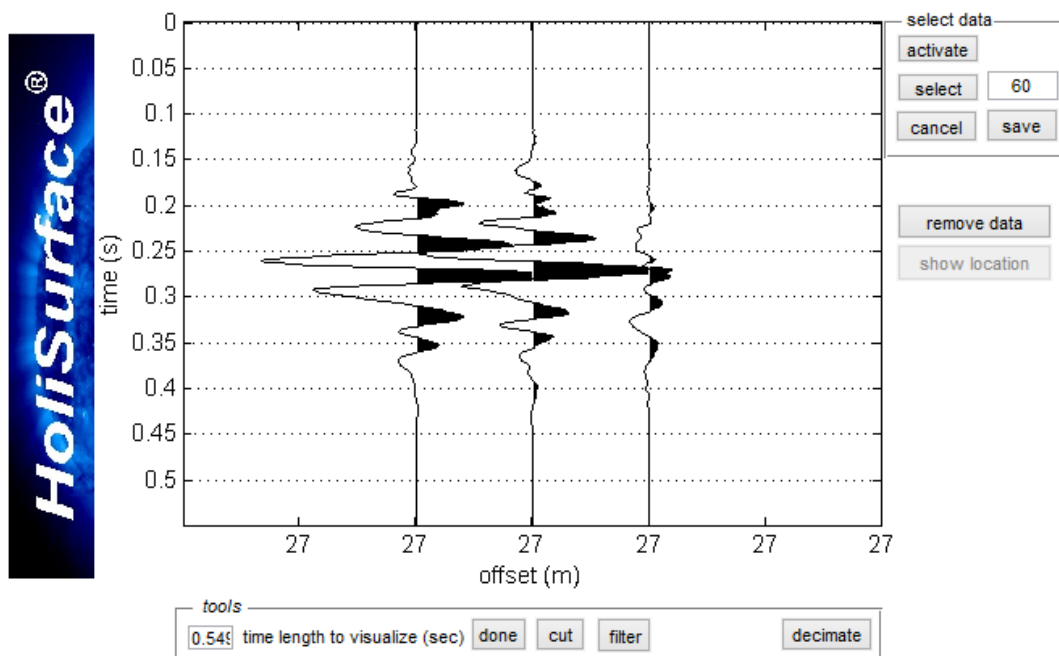


Figura 2. Esempio di dato HoliSurface (stack pari a 5) ripulito in sede di elaborazione allo scopo di mantenere la porzione di dato di nostro interesse per le successive elaborazioni. Da sinistra a destra: componente verticale dell'onda di Rayleigh (Z); componente radiale dell'onda di Rayleigh (R); onda di Love (T);

## Onde di Rayleigh e Love

E naturalmente possibile acquisire sia le onde di Rayleigh che quelle di Love (per il tipo di sorgente vedi il *Capitolo 3* del menzionato libro della Flaccovio o i nostri più recenti articoli). L'acquisizione delle onde di Love è assolutamente raccomandata, anzi diremmo "obbligatoria" (il perché è ampiamente documentato nel citato libro).

Se effettuiamo prima un'acquisizione di dati per le onde di Rayleigh (quindi con martellata verticale o sorgente esplosiva) otterremo quindi un primo file in cui la prima traccia rappresenta la componente verticale delle onde di Rayleigh mentre la seconda la componente radiale (la terza traccia può essere ignorata). Va sottolineato che l'orientazione del geofono non va modificata.

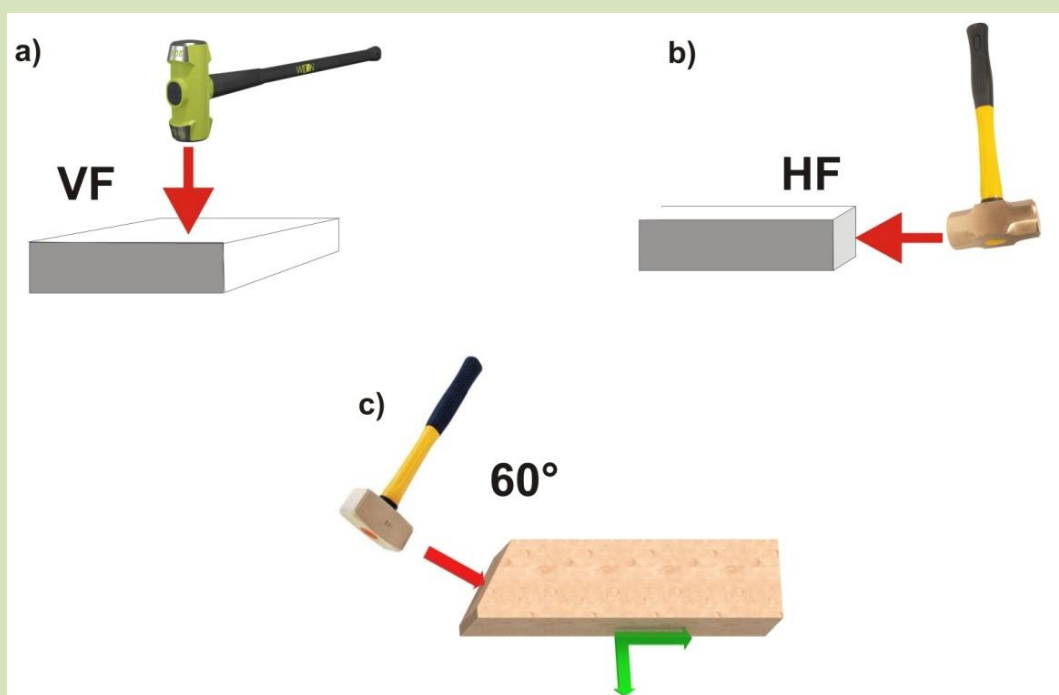
Quando poi effettuiamo una seconda acquisizione per le onde di Love (chiaramente utilizzando una sorgente di taglio) otterremo un secondo file in cui la terza traccia (quella trasversale) conterrà appunto i dati relativi alle onde di Love (in questo caso ignoreremo le prime due tracce).

Con lo strumento "assemble" (accessibile anche dal pannello principale del software *HoliSurface*), potremmo unire i due files ed ottenere così un unico file in cui le prime due tracce rappresentano il moto delle onde di Rayleigh, mentre la terza quello delle onde di Love. Questo consentirà di analizzare congiuntamente la propagazione (dispersione) dei due tipi di onde non solamente dal punto di vista delle rispettive velocità di gruppo ma anche delle curve RVSR e RPM (vedi riferimenti bibliografici e corsi di formazione).

### **Generare Onde di Rayleigh e Love**

Generare onde di Rayleigh è piuttosto semplice e noto (vedi Figura *a* qui di sotto - VF sta per *Vertical Force*). Per generare in modo efficace onde di Love è invece possibile affidarsi alla comune HF (*Horizontal Force*) applicata su una traversina orizzontale (Figura *b*) o, in alternativa, (vedi Figura *c*) utilizzare una traversina con angolo di indicativamente 60°/70°.

Spesso, grazie alla maggiore "ergonomicità" di questa seconda soluzione, l'energia (nella sua componente trasversale legata alle onde di Love) che si riesce in questo modo ad immettere nel terreno è maggiore e, conseguentemente, le onde di Love risultano meglio delineate.







**Un modo alternativo di generare efficacemente le onde di Love in caso si lavori su suolo:**  
si scava una piccola buca e si pone la piastra di battuta quasi verticalmente colpendola poi (chiaramente) di taglio.



## Direzione e verso del geofono triassiale utilizzato

### Acquisizioni utili per l'analisi del moto della particella legata alla propagazione dell'onda di Rayleigh (curva RPM - *Rayleigh-wave Particle Motion*)

#### Corretta Acquisizione dei dati

Per effettuare queste analisi (curva RPM) è fondamentale acquisire i dati in modo assolutamente puntuale e rigoroso. In questo caso non conta infatti unicamente la **direzione** ma anche il **verso**. Non basta cioè orientare il geofono triassiale in modo da avere la direzione NS (radiale) in asse con la sorgente (VF). E' necessario anche puntare verso la sorgente specificatamente il verso "nord". In questo modo sarete sicuri che il "+" della traccia radiale (una traccia sismica è una sequenza numerica di dati che oscillano attorno al valore medio zero assumendo tanto valori positivi che negativi) sia quello corretto.

Per essere sicuri di acquisire i dati in modo corretto, effettuate le acquisizioni con strumentazione da noi esplicitamente approvata. Assicuratevi cioè di utilizzare geofoni triassiali con l'adesivo HS come quello qui sotto riportato e puntate il Nord dello strumento in direzione della sorgente (VF) utilizzata.



Non ci si assume la responsabilità per l'utilizzo improprio di strumentazione non esplicitamente consigliata/approvata da noi (il *perché* lo mostriamo durante i nostri incontri).

Le metodologie di analisi implementate in *HoliSurface*® mirano a due fatti molto precisi e documentati:

1. ottimizzare gli sforzi in campagna e sfruttare sino in fondo la snella (ma puntuale) strumentazione utilizzata;
2. fornire analisi molto più precise rispetto altre approcci (MASW eccetera).

Per farlo ci si deve affidare ad un sistema di acquisizione adeguato (studiato avendo bene a mente tutte le possibili analisi) e venire ai nostri incontri formativi ("obbligatori").



## Alcune ulteriori raccomandazioni

### 1. Nominare i *files* di campagna

**Si raccomanda di adottare scrupolosamente la seguente nomenclatura**, basata sul tipo di sorgente e sulla "convenzione" ampiamente illustrata nei citati libri della Flaccovio e della Elsevier:

Sorgente	Esempio nome files (importante inserire il VF o HF e l'offset)
Forza Verticale (per onde di Rayleigh)	<i>VF_off40_direct.SAF</i> (per una martellata data con offset 40 in direzione "diretta")
	<i>VF_off40_reverse.SAF</i> (per una martellata data con offset 40 in direzione "invertita")
Sorgente esplosiva (per onde di Rayleigh)	<i>EX_off40_direct.SAF</i> (sorgente esplosiva con offset 40 in direzione "diretta")
	<i>EX_off40_reverse.SAF</i> (sorgente esplosiva con offset 40 in direzione "invertita")
Forza Orizzontale (per onde di Love)	<i>HF_off40_direct.SAF</i> (per una martellata trasversale con offset 40 in direzione "diretta")
	<i>HF_off40_reverse.SAF</i> (per una martellata trasversale con offset 40 in direzione "invertita")

In generale, l'acquisizione "reverse" (fatta ribaltando la posizione di Sorgente e Ricevitore) non è in alcun modo obbligatoria (vedi poco oltre le situazioni nelle quali può essere utile).

Indicare chiaramente il tipo di sorgente nel nome del file (VF, HF, EX) è assolutamente cruciale per una lunga serie di "automatismi" del software di analisi (utili a semplificare le procedure e quindi la vita).

**Non inserire mai un tempo di pre-trigger!** (cosa da evitare in qualsiasi tipo di sismica attiva, a meno di non essere perfettamente consapevoli di quello che ne consegue).

### 2. Variazioni laterali e situazioni *disperate*

Il metodo *HoliSurface* offre buone possibilità di comprendere se esistono significative variazioni laterali (nei prossimi mesi saranno messe a disposizione alcune relazioni tecniche in merito). Nel caso si lavori in aree in cui questo pericolo è reale e concreto, è buona cosa effettuare 2 acquisizioni: una in direzione "diretta" (il termine è del tutto relativo) e l'altro "invertita", intendendo con questo termine il fatto che si vanno ad invertire le posizioni della sorgente e del geofono 3C (poiché si ha a che fare con 1 solo geofono la cosa si svolge nel giro di un paio di minuti).



**Una situazione "disperata":** *offset* molto ridotto (per evidenti questioni logistiche) e massiccia presenza di edifici e possibili sottoservizi che possono creare un'infinita serie di complicazioni dal punto di vista della propagazione delle onde sismiche (*scattering*, riflessioni e rifrazioni) che possono sporcare significativamente i dati.

In questo caso è fortemente raccomandata l'acquisizione di dati "diretti" e "inversi" (invertire la posizione di sorgente e ricevitore).

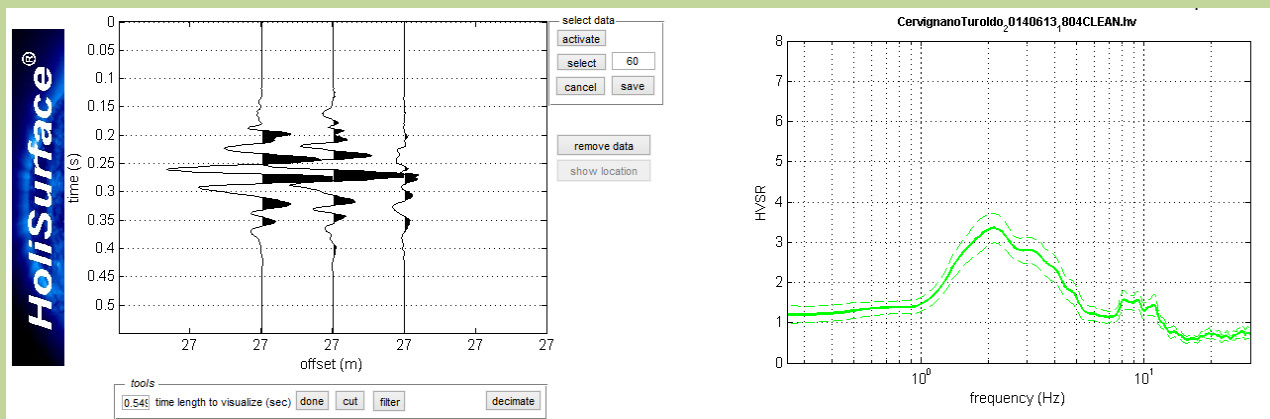
In questi frangenti va anche comunque ricordata la possibilità offerta dalla tecnica MAAM (vedi materiale informativo riguardante il software *HoliSurface*®).

Un altro modo per verificare se sussistono significative variazioni laterali è effettuare due HVSR in posizioni diverse dello stendimento (il secondo può essere di durata inferiore rispetto il "principale" - ad esempio un HVSR da 20 minuti ed un secondo - in posizione diametralmente opposta - da 10 minuti).

## Invio di dati per analisi HoliSurface da parte di Eliosoft

Se decidete di inviarci i vostri dati *HoliSurface* per l'analisi (sconsigliamo di cimentarsi in analisi secondo metodologie di cui non si padroneggiano profondamente i principi e le modalità) ricordate di inviarci (in un unico mail) **tutti** i seguenti dati (utilizzando la nomenclatura ricordata nella precedente pagina):

1. Dataset *HoliSurface* per onde di Rayleigh
2. Dataset *HoliSurface* per onde di Love
3. Dataset di sismica passiva per analisi HVSR: consigliamo di effettuare tale misure a metà dello stendimento *HoliSurface* - cioè a metà tra la sorgente e il punto in cui è stato posto il geofono per l'acquisizione *HoliSurface*. Inoltre ricordiamo che è *sempre* buona norma effettuare una seconda acquisizione (anche più breve) avendo spostato il geofono di alcuni metri rispetto la prima acquisizione. In questo modo si potrà verificare la bontà del dato acquisito.
4. Foto dello stendimento
5. Ogni eventuale informazione disponibile riguardo la stratigrafia



Sulla sinistra le tracce *HoliSurface*® (sismica attiva) e sulla destra la curva HVSR poi analizzate congiuntamente. In questo modo si possono analizzare congiuntamente sino a 6 "oggetti": spettri di velocità delle onde di Rayleigh (verticale e radiale) e Love, curve RVSr, RPM e HVSR.

Se si sospettano variazioni laterali o, similmente, non si conosce molto del sito, è anche buona norma fare un'acquisizione *diretta* ed una *inversa* (semplicemente invertendo geofono e sorgente). In questo caso al nome del file aggiungeremo appunto la dizione "*direct*" e "*reverse*" (esempio: HF\_off60\_direct.SAF; HF\_off60\_reverse.SAF).

Questo può non avere molta importanza se stiamo lavorando in piena pianura alluvionale (con sedimenti soffici e variazioni laterali di limitata portata), ma se ci troviamo a lavorare in zone con presenza di lenti ghiaiose o in collina/montagna, allora la cosa è fortemente consigliata.

L'obiettivo è quello di determinare in modo stringente il modello delle velocità di taglio nel sottosuolo fornendo altresì la stima del periodo di risonanza del sito e, in definitiva, poter al fine offrire al vostro committente un prodotto di qualità.

Si ricordi che, rispetto le operazioni di campagna, la differenza tra una buona acquisizione (vedi i primi quattro punti sopra elencati) ed una inadeguata è di fatto pari a una manciata di minuti.

Qui un esempio di cartella in cui sono presenti le due acquisizioni (VF e HF). E' molto importante, allo scopo di poter verificare la bontà dell'operazione di *stack* effettuata in automatico dal sistema di acquisizione, avere a disposizione tutti gli *shots* e non unicamente lo *stack* (media) finale (6 shots sono proprio un numero minimo - ne consigliamo almeno una decina).

Name	Date modified	Type	Size
HF_of50_stack6.seg2	15/02/2017 12:42	SEG2 File	25 KB
HF_of50_stack6_shot1.seg2	15/02/2017 12:42	SEG2 File	25 KB
HF_of50_stack6_shot2.seg2	15/02/2017 12:42	SEG2 File	25 KB
HF_of50_stack6_shot3.seg2	15/02/2017 12:42	SEG2 File	25 KB
HF_of50_stack6_shot4.seg2	15/02/2017 12:42	SEG2 File	25 KB
HF_of50_stack6_shot5.seg2	15/02/2017 12:42	SEG2 File	25 KB
HF_of50_stack6_shot6.seg2	15/02/2017 12:42	SEG2 File	25 KB
VF_off50_stack6.seg2	15/02/2017 12:37	SEG2 File	25 KB
VF_off50_stack6_shot1.seg2	15/02/2017 12:37	SEG2 File	25 KB
VF_off50_stack6_shot2.seg2	15/02/2017 12:37	SEG2 File	25 KB
VF_off50_stack6_shot3.seg2	15/02/2017 12:37	SEG2 File	25 KB
VF_off50_stack6_shot4.seg2	15/02/2017 12:37	SEG2 File	25 KB
VF_off50_stack6_shot5.seg2	15/02/2017 12:37	SEG2 File	25 KB
VF_off50_stack6_shot6.seg2	15/02/2017 12:37	SEG2 File	25 KB

Riguardo l'HVSR è bene che il file riporti chiaramente nel nome stesso del file la convenzione adottata per la sequenza delle tracce. Ricordiamo che il formato internazionale comune prevede che la sequenza delle tracce sia: UD (verticale), NS e EW.

In questo caso quindi il nome del file sarà ad esempio Bolzano\_UD\_NS\_EW.seg2 o Venezia\_Z\_N\_E.saf (in ogni caso il significato è evidente).

In assenza di tali dati e del rispetto dei formati indicati, non sarà possibile dare seguito a richieste di analisi.





## Analisi Dati Sismici Conto Terzi

Hai l'esigenza di elaborare dati secondo le tecniche *MASW*, *ReMi*, *ESAC*, *MAAM*, *HVSR* o *HoliSurface*® ma non hai il software e vuoi valutare con calma se acquistarlo?

Puoi inviarc i tuoi dati (acquisiti secondo modalità indicate nel dettaglio) e noi ci occuperemo dell'elaborazione con ricostruzione del profilo verticale  $V_s$  (quindi anche della  $V_{s30}$ ).

### Listino (IVA esclusa)

Pacchetto di 2 elaborazioni *HoliSurface*® (Rayleigh + Love) + HVSR : 130€

Pacchetto di 4 elaborazioni *HoliSurface*® (Rayleigh + Love) + HVSR : 250€

### Considerate alcune poco edificanti esperienze, è necessario il pagamento anticipato

Le elaborazioni non comprendono una relazione tecnica *ad hoc* ma un commento generale sui dati, le elaborazioni e i risultati ottenuti (che vengono chiaramente forniti). Un modello di relazione viene comunque fornito e sarà in caso compito vostro utilizzare le elaborazioni inviate per compilare la relazione tecnica di dettaglio [nella maggior parte delle situazioni sarà comunque sufficiente utilizzare i nostri elaborati come allegati da commentare/sintetizzare nella relazione geologica secondo il commento generale che appunto comunque forniamo].

Tempi di consegna: indicativamente 3-4 giorni (da verificare prima dell'invio dei dati).



***be smart, be Holi***

email: [holisurface@winmasw.com](mailto:holisurface@winmasw.com)



## ***HoliSurface*® from the Alps to the Moon...**

Il software *HoliSurface*® è stato impiegato per l'elaborazione di dati raccolti in diversi ambienti e contesti geologici: dalla caratterizzazione di alcuni siti delle Alpi svizzere svolta per *NAGRA* (*Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle*) sino all'elaborazione dei dati sismici raccolti dalla *NASA* durante le missioni *Apollo* sulla Luna.

## Alcuni utili riferimenti bibliografici

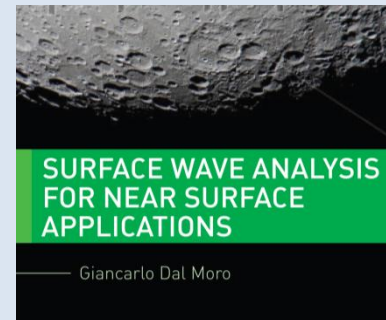
**Dal Moro G., 2014**

***Surface Wave Analysis for Near Surface Applications***

**Editore: Elsevier**

**circa 252 pp. [in lingua inglese]**

**Copia fornita assieme al software *winMASW Academy, Professional o HoliSurface.***



- Arai H., Tokimatsu K., 2004, *S-wave velocity profiling by inversion of microtremor H/V spectrum*. Bull. Seism. Soc. Am, 94, 53-63
- Bonnefoy-Claudet S., Köhler A., Cornou C., Wathelet M., Bard P.-Y., 2008, *Effects of Love Waves on Microtremor H/V Ratio*. Bulletin of the Seismological Society of America, 98, 288–300
- Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2017. *Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and Radial-Component Velocity Spectra*. Pure and Applied Geophysics, disponibile online - [qui](#)
- Dal Moro G. e Puzzilli L.M., 2017. *Single- and multi-component inversion of Rayleigh waves acquired by a single 3-component geophone: an illustrative case study*. Acta Geodyn. Geomater., Vol. 14, No. 4 (188), 431–444, DOI: 10.13168/AGG.2017.0024 (disponibile anche online - [qui](#))
- Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017. *Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics*. Bulletin of the Seismological Society of America, 107, 51-62
- Dal Moro G., Keller L., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2016. *Shear-wave velocity profiling according to three alternative approaches: a comparative case study*. Journal of Applied Geophysics, 134, 112–124
- Dal Moro, G., Ponta, R. and Mauro, R., 2015. *Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area*. J. Appl. Geophysics, 114, 158-167.
- Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015. *A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data*. First Break, 33, 45-53
- Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015. *Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves*. Atti del convegno Near-Surface EAGE 2015 congress (Torino) [segnalato tra i migliori del convegno e invitato per la pubblicazione della versione completa]
- Dal Moro G., 2015, *Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites*. ICARUS (la rivista internazionale di scienze planetarie della Elsevier), volume 254, 338-349
- Dal Moro G., Coviello V., Del Carlo G., 2014, *Shear-Wave Velocity Reconstruction via Unconventional Joint Analysis of Seismic Data: a Case Study in the light of Some Theoretical Aspects*, IAEG XII CONGRESS - Turin, September 15-19, 2014 [in "Engineering Geology for Society and Territory - Volume 5" - Springer International Publishing]
- Dal Moro G., 2013. *Joint Analysis of Lunar Surface Waves: the Apollo 16 dataset*. EAGE Near Surface 2013, Atti del 19<sup>th</sup> European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Bochum, Germany, 9-11 September 2013
- Dal Moro G. and Keller L., 2013, *Unambiguous determination of the Vs profile via joint analysis of multi-component active and passive seismic data*. Atti del 19<sup>th</sup> European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Bochum, Germany, 9-11 September 2013 [al pari del precedente lavoro, anche questo è stato segnalato tra i migliori del convegno]
- Fäh D., Kind F., Giardini D., 2001, *A theoretical investigation of average H/V ratios*. Geophys. J. Int., 145, 535-549

Considerate le caratteristiche *hardware* e *software* necessarie per acquisire in modo snello ed efficace dati utili per analisi *HS*, si raccomanda di utilizzare *sistemi di acquisizione* esplicitamente approvati.

Inutile dire che il sistema di acquisizione da noi proposto è studiato per ottimizzare tutte le procedure di acquisizione (incluse anche quelle tradizionali multi-canale, multi-offset quali MASW, ESAC eccetera).



### I nostri *social media*

Consigliamo in particolare il nostro profilo *facebook* in quanto sulle nostre pagine postiamo regolarmente piccoli casi studio, video, novità, offerte e suggerimenti vari.



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



<https://twitter.com/winmasw>



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



[https://www.researchgate.net/profile/Giancarlo\\_Dal\\_Moro](https://www.researchgate.net/profile/Giancarlo_Dal_Moro)

## ELIOSOFT - geophysical software & services

website: [www.holisurface.com](http://www.holisurface.com)

email: [holisurface@winmasw.com](mailto:holisurface@winmasw.com)