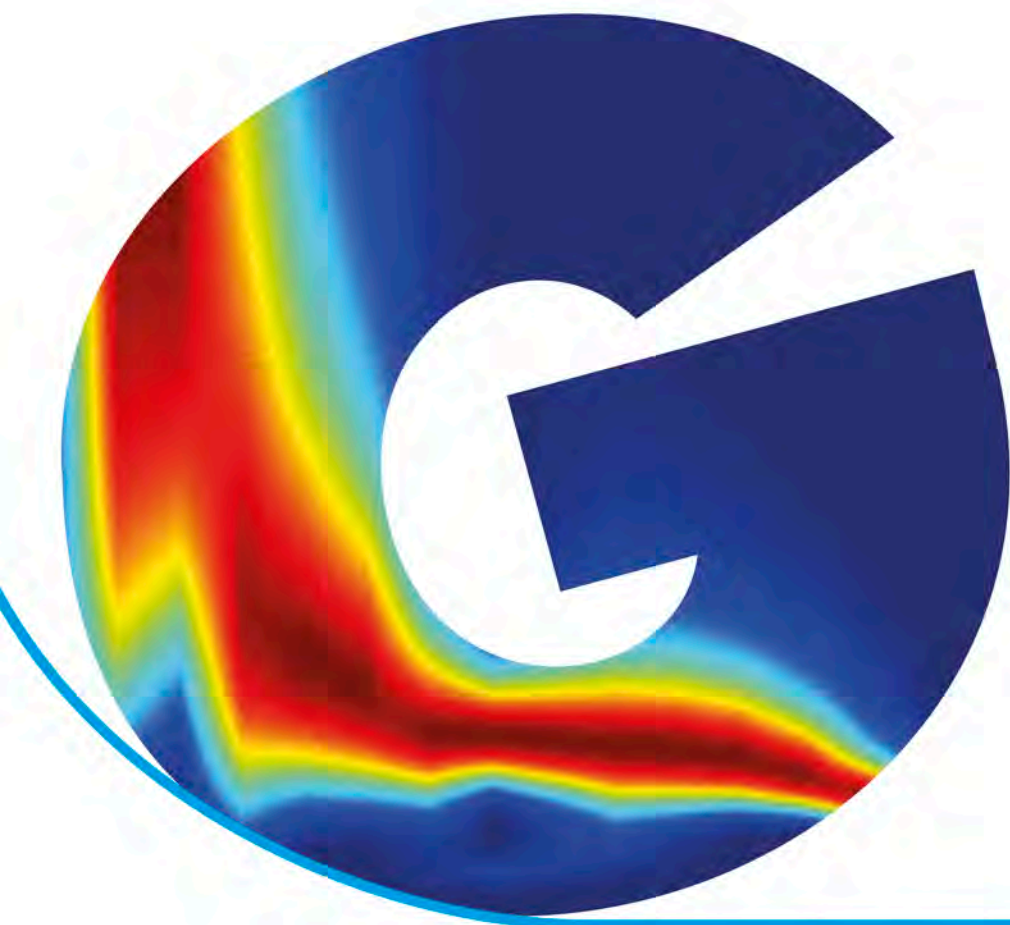


Giancarlo Dal Moro



Dario Flaccovio Editore

ACQUISIZIONE E ANALISI DI
DATI SISMICI E VIBRAZIONALI
PER STUDI DI
CARATTERIZZAZIONE SISMICA E GEOTECNICA



- Le NTC nello scenario italiano ✓
- MASW multi-componente, HoliSurface®, ESAC, MAAM e HVSR ✓
- Analisi FVS e RPM - Analisi congiunta: concetti e pratica ✓
- Analisi vibrazionali di cantiere ✓
- Analisi vibrazionali per la caratterizzazione di edifici (metodo classico e GHM) ✓



Giancarlo Dal Moro

Acquisizione e analisi di dati sismici e vibrazionali per studi di caratterizzazione sismica e geotecnica

La corretta e puntuale definizione delle velocità delle onde di taglio (V_s) è un fatto cruciale in diverse applicazioni di carattere geotecnico come anche nel campo delle micro-zonazioni sismiche.

Rispetto al precedente libro *Onde di superficie in geofisica applicata*, in questo volume ci si preoccupa di puntualizzare e porre l'accento su alcuni fatti pertinenti all'analisi congiunta di dati sismici e di presentare gli avanzamenti dello stato dell'arte relativamente alla corretta definizione del profilo V_s .

Attraverso esempi, approfondimenti e casi studio, vengono illustrati diversi aspetti relativi in particolare alle seguenti tecniche: MASW (velocità di fase) e HoliSurface® (velocità di gruppo) multi-componente con analisi delle curve RVSr e RPM, analisi FVS, ESAC e MAAM, curve di dispersione modale ed effettive, HVSR e segnali di natura industriale.

Sono inoltre fornite nozioni e spunti riguardo all'analisi di dati vibrazionali di cantiere e alla caratterizzazione del comportamento di un edificio in termini di modi flessionali e torsionali (metodo classico basato su dati sincroni e metodo GHM).

Il testo mira a illustrare come, di fatto, non sussista alcuna differenza tra *teoria* e *pratica*. Quella che troppi vivono come una dicotomia è, infatti, un inesistente confine che definisce una sola e unica realtà: la conoscenza e la consapevolezza di quanto si compie e delle responsabilità che ne derivano. Prenderne coscienza è l'unico modo per tentare di contrastare il preoccupante e diffuso scadimento qualitativo dei lavori che riguarda anche importanti opere pubbliche e che appare determinato da un inadeguato sistema educativo, dall'assenza di puntuali controlli e dalla riduzione delle attività professionali a fatto meramente burocratico.



Giancarlo Dal Moro
Institute of Rock Structure and Mechanics
(Academy of Sciences of the Czech Republic) Praga – Repubblica Ceca
& *Eliosoft*, Palmanova (UD)

ACQUISIZIONE E ANALISI DI
DATI SISMICI E VIBRAZIONALI
PER STUDI DI
CARATTERIZZAZIONE SISMICA E GEOTECNICA



Dario Flaccovio Editore

Giancarlo Dal Moro

ACQUISIZIONE E ANALISI DI DATI SISMICI E VIBRAZIONALI
PER STUDI DI CARATTERIZZAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

ISBN 978-88-579-0878-6

© 2018 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it

www.webintesta.it

magazine.darioflaccovio.it

eventi.darioflaccovio.it

Prima edizione: gennaio 2019

Stampa: Priulla Print - Palermo

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

Indice

Premessa	»	9
1. Fare il punto: miscellanea e sottolineature	»	11
1.1. Prolegomeni: la poetica di questo volumetto	»	11
1.2. Prove sismiche e geotecniche: linguaggio e qualità.....	»	17
1.3. L'Italia delle NTC: un fallimento annunciato (peggiocrazia in azione).....	»	21
1.4. Sull'impossibilità di definire "linee guida".....	»	42
1.5. Vangeli, leggende e drammi: un bestiario.....	»	46
1.5.1. Cos'è una pubblicazione e a cosa serve	»	52
1.6. Sismografi?.....	»	54
1.7. Geofoni a componente singola, cavi e connettori	»	57
1.8. Geofoni per MASW e geofoni per rifrazione/riflessione? Note tecniche e leggende commerciali	»	60
1.9. Geofoni triassiali.....	»	63
1.10. Componenti sismiche	»	65
1.11. HVSR: che direzione rappresenta la direzione Nord-Sud?.....	»	67
1.12. Ma il Nord è verso Nord o verso Sud?	»	69
1.13. Lavorare in modo ordinato, razionale e produttivo: componenti e stack verticale.....	»	70
1.14. Breve dizionario geofisico del geologo: piccolo divertissement	»	72
1.15. Paranoia#1: l'asfalto.....	»	74
1.16. Paranoia#2: sorgenti di taglio, chiodi e onde P	»	77
2. Analisi della dispersione secondo l'approccio FVS.....	»	83
2.1. Una breve ma importante premessa	»	83
2.2. Introduzione all'analisi FVS.....	»	85
2.3. Due esempi di analisi FVS a componente singola	»	90
2.4. Esempio di analisi congiunta FVS delle componenti RVF e THF	»	92
2.5. Ulteriore esempio di lavoro congiunto (RVF + THF) su asfalto	»	98

3. HVSR ed ESAC	» 99
3.1. HVSR (puntualizzazioni).....	» 99
3.1.1. Frequenza propria dei geofoni e determinazione della curva HVSR .	» 101
3.1.2. Il rapporto spettrale H/V e le onde di Love: il fattore α	» 103
3.1.3. Popolazioni multi-modali e criteri SESAME.....	» 104
3.1.4. HVSR e segnali di origine industriale	» 107
3.2. ESAC	» 113
3.2.1. ESAC: numero di canali e aliasing spaziale	» 117
4. Due approcci per il III millennio: HoliSurface® e MAAM (ma non solo)	» 121
4.1. Introduzione.....	» 121
4.2. HS e MAAM: come funzionano (a partire da un “antico” caso studio).....	» 126
4.3. Un secondo caso studio: dalla curva RPM all’analisi HS avanzata.....	» 139
4.3.1. I dati e le analisi	» 141
4.4. Dati ed elaborazioni HS di Camerino.....	» 144
4.5. Back to Purgessimo: spettri velocità di gruppo Z ed R + RPM + HVSR....	» 146
4.6. Alcune considerazioni e raccomandazioni.....	» 147
4.6.1. Acquisizioni MAAM: il raggio.....	» 149
4.6.2. Cos’è in pratica la curva RPM? E a cosa serve?.....	» 149
5. Vibrazioni di cantiere e su edifici	» 155
5.1. Vibrazioni indotte da attività di cantiere o mezzi di trasporto	» 155
5.1.1. Analisi dell’attenuazione di dati vibrazionali di cantiere (in breve) .	» 163
5.2. Introduzione alla caratterizzazione di edifici.....	» 165
5.2.1. Il metodo GHM (Gaussian-filtered Horizontal Motion) attraverso un caso studio.....	» 167
5.2.2. Analisi GHM di dati non sincroni per un edificio di 25 piani.....	» 173
5.2.3. Riassumendo	» 180
6. Varie ed eventuali	» 181
6.1. Pour parler	» 181
6.2. Alcune precisazioni tecniche di varia natura.....	» 184
6.3. Torbe e variabilità laterali.....	» 186
6.4. Sabbie e saturazione.....	» 188
6.5. Alcune considerazioni tecniche finali	» 190

Appendice 1

Problemi e soluzioni per la corretta definizione del profilo V_s (velocità delle onde di taglio) in studi di geotecnica e microzonazione sismica » 193

Appendice 2

Analisi congiunta $RVF + THF$ in modalità FVS » 213

Appendice 3

Un vecchio lavoro elvetico (MASW multi-componente, HVSR e oltre) » 217

Appendice 4

Bedrock sismico e geologico a Pozzuolo del Friuli (UD) » 223

Appendice 5

Analisi HS e ESAC a confronto » 231

Appendice 6

HS su roccia in sito di difficile accesso » 237

Appendice 7

Sezione V_s 2D in area urbana da analisi olistica delle onde di Rayleigh con dati *multi-offset* e multi-componente: $ZVF + RVF +$ superficie RPM » 241

Appendice 8

Onde di superficie sulla Luna (God bless America) » 245

Appendice 9

Suggerimenti riassuntivi e ragionati per le acquisizioni (e quindi analisi) » 259

Epilogo

..... » 267

Bibliografia

..... » 273

1. FARE IL PUNTO: MISCELLANEA E SOTTOLINEATURE

*Si potrebbe fissare un prezzo per i pensieri. Alcuni costano molto, altri meno.
E con che cosa si pagano i pensieri? Credo con il coraggio.*

Ludwig Wittgenstein, *Diari segreti*

Un convito sì grande, sì piccolo; sì maestrale, sì disciplinale; sì sacrilego, sì religioso; sì allegro, sì collerico; sì aspro, sì giocondo; sì magro fiorentino, sì grasso bolognese, sì sardanapalesco; sì bagattelliero, sì serio; sì grave, sì mattacinesco; sì tragico, sì comico; che certo credo che non vi sarà poca occasione da de venir eroico, dimesso; maestro, discepolo; credente, miscredente; gaio, triste; saturnino, gioviale; leggero, ponderoso; canino, liberale; simico, consulare; sofista con Aristotele, filosofo con Pitagora; ridente con Democrito, piangente con Eraclito.

Giordano Bruno, *La cena de le ceneri*

1.1. Prolegomeni: la poetica di questo volumetto

In questo capitolo ci si prefigge di sottolineare, ribadire, puntualizzare e approfondire una serie di temi e aspetti già in qualche misura trattati nel precedente libro (*Onde di superficie in geofisica applicata*) ma che, per vari motivi, richiedono di essere brevemente (ma puntualmente) ricordati, puntualizzati o approfonditi.

L'obiettivo è anche in parte analogo (non identico) a quello che Umberto Eco pare abbia dichiarato essere il suo proposito durante la stesura del primo capitolo de *Il nome della rosa*: annoiare, quindi allontanare, i lettori più superficiali e meno motivati.

Con lo stesso obiettivo, in particolare in questo primo capitolo, si assumerà un tono a tratti irritante e ferocemente brutale che potrà infastidire le code di paglia ma che può assicurare una selezione dei lettori più motivati e seri.

Una timbrica cinica e auto-ironica (a partire dalla citazione di apertura) è sottesa lungo tutto il capitolo (e più tardi spiegata e motivata).

Si andranno a evidenziare alcuni problemi che, palesi già sul piano terminologico, indicano forti lacune teoriche e radicate cattive abitudini.

Per qualsiasi disciplina umana vale un fatto sperimentalmente noto a molti educatori: correggere un errore è molto più difficile che insegnare un concetto corretto a partire da zero. La sismica in questo non è diversa dal tennis: imparare a giocare da amatori (in modo autarchico) crea cattive abitudini di postura e di impostazione, ad esempio del polso, che, una volta acquisite, sono difficilissime da rimuovere e correggere nel momento in cui si desidera fare un passo avanti nelle proprie capacità affidandosi a un maestro della FIT (Federazione Italiana Tennis).

In effetti, nell'esperienza professionale dello scrivente diventa sempre più incomprensibile la dicotomia (proposta con sempre maggior forza dalla pressoché totalità dei professionisti) tra teoria e pratica.

Piantare una manciata di geofoni orizzontali con una certa orientazione piuttosto che con un'altra è teoria o è pratica?

Comprendere se un certo picco dell'HVSR è reale o industriale è un fatto teorico o pratico? Analizzare una curva di dispersione ricavata da analisi ESAC facendo riferimento alle curve modali o a quella effettiva è teoria o pratica?

Sapere come orientare un geofono triassiale per effettuare un'acquisizione HoliSurface® è teoria o pratica?

Non esiste la teoria e non esiste la pratica. Esiste la sismica o, se vogliamo, la sismologia. Quella che viene detta *teoria* è semplicemente il bagaglio di conoscenze necessarie (lo ribadiamo, necessarie) per potersi muovere con sicurezza e consapevolezza in campagna come poi in studio durante l'analisi dei dati. Ma l'atto di martellare su una piastra non è meno teorico dell'atto di analizzare i dati raccolti avendo speso una certa quantità di calorie in cantiere.

Noi qui tratteremo la sismica di più puntuale pertinenza all'ambito delle NTC (*Norme tecniche per le costruzioni*). Piantare i geofoni senza sapere se, perché e quando dobbiamo acquisire la componente R , T o Z significa non essere titolati a fare sismica.

Quando nel presente volume viene utilizzata l'espressione *precedente libro della Flaccovio* (o analoga dicitura), si intende il volume *Onde di superficie in geofisica applicata – Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR* (Dario Flaccovio Editore, 2012).

I contenuti del presente volume danno per scontata (prerequisito fondamentale) la completa e corretta conoscenza dei contenuti colà presentati. La V_s equivalente (introdotta dalle NTC 2018) è qui abbreviata in V_{SE} .

Se acronimi come HF , VF , THF , ZVF e RVF (ampiamente utilizzati in questo volume) non sono di chiaro, immediato e concreto significato, è necessario andare a rileggersi con cura il vecchio volume della Flaccovio.

Potrebbe essere necessario ri-studiare i contenuti di tale libro in particolare se, dopo averlo letto, si verifica nel proprio lavoro professionale uno o più dei seguenti fatti:

- 1) per fare le MASW sono stati acquistati (senza pensarci molto) geofoni verticali;
- 2) nel fare le ReMi (o l'ESAC) il “segnale” viene interpretato come espressione del modo fondamentale;

- 3) non si hanno ben chiari i problemi dell'HVSR in relazione a non-univocità e segnali di natura industriale;
- 4) si pensa di poter "fare le MASW" tarandone i risultati sulla base di analisi della rifrazione dell'onda P (magari secondo l'approccio GRM – *generalized reciprocal method*);
- 5) non è chiaro il concetto (quindi la pratica) di *stack* verticale (e orizzontale);
- 6) non si conosce il teorema di Nyquist (e le conseguenze pratiche);
- 7) non è chiara la differenza tra spettro di velocità e curve di dispersione;
- 8) non è perfettamente e concretamente chiaro il concetto (quindi la pratica) di analisi congiunta rispetto a quello di integrazione di dati.

Si può pensare di sapere qualcosa di geofisica se:

- 1) si sanno fare i nomi di almeno cinque geofisici studiati durante il proprio percorso formativo (cioè non conosciuti in relazione a questioni di carattere commerciale e che non sono coinvolti in fatti commerciali) e se ne sa illustrare con qualche dettaglio tecnico il lavoro;
- 2) si hanno alle spalle almeno due/tre esami su sismica e analisi del segnale (*tout court*) e alcuni anni di esperienza di campagna;
- 3) conosciamo la teoria e svolgiamo la pratica in accordo con essa.

Non si è nelle condizioni di pensare a se stessi come "geofisici" se:

- 1) la propria preparazione è di fatto legata meramente a corsi APC (per una questione di serietà, i corsi con esame finale andrebbero conteggiati la metà di quelli senza);
- 2) non si conosce (ad esempio) la differenza tra *stack* verticale e *stack* orizzontale;
- 3) non sappiamo argomentare quale sia la frequenza minima analizzabile/considerabile in una curva HVSR.

Quest'ultimo punto merita una qualche spiegazione (culturale e tecnica).

In un recente incontro formativo (uno delle centinaia, forse migliaia, di corsi organizzati in giro per l'Italia in merito alle questioni di sismica – *lato sensu*) posi la domanda. Poiché riguardava l'HVSR (uno degli "oggetti" più diffusi e meno compresi del panorama creatosi a seguito delle NTC – a leggere e sentire ciò che viene detto pare che l'Italia sia una fucina di professori emeriti di HVSR in odore di Nobel) c'era certamente da attendersi un qualche abbozzo di risposta.

Che però non è arrivata da nessuno. Eppure si tratta di un fatto assolutamente basilare riguardante un fatto con cui il 100% dei professionisti riempie pagine e pagine di relazioni geologiche.

Come possiamo discutere (sempre a sproposito) di picchi di su e di giù quando non è noto il modo in cui viene calcolata una curva HVSR?

Ci torneremo brevemente nel capitolo dedicato ad HVSR ed ESAC.

Le citazioni poste ad esergo di questa breve introduzione intendono riprendere uno dei temi centrali di questo volume che, proponendosi di aggiornare e andare oltre quanto già abbozzato nel precedente libro della Flaccovio, intende anche porre l'accento su alcuni problemi sorti a causa di una confusa applicazione delle NTC.

Per questo motivo, i fatti tecnici saranno esaminati anche alla luce del contesto all'interno del quale si svolgono. Infatti, parlando qui di tecniche, di fatto, applicate in relazione a questioni normative, è evidente che i fatti tecnici vengano a interagire con i fatti della gestione amministrativa (quindi politica) che ne regola lo svolgimento.

Non si può, cioè, scindere il fatto tecnico da quello politico/amministrativo.

L'emanazione di una qualsiasi norma tecnica richiede l'esistenza di almeno due condizioni: una conoscenza sufficientemente diffusa e profonda della materia da parte di chi quella norma è tenuto a porla in atto e una conoscenza almeno pari (se non maggiore) da parte di chi dovrebbe invece porre in essere un'adeguata serie di controlli e verifiche sulla corretta applicazione di tale norma.

Dieci anni di lavoro in questo settore hanno posto in evidenza palesi ed enormi lacune su entrambi i fronti, di cui purtroppo nessuno si è occupato.

Di più: qualsiasi tentativo di denunciare una situazione di fatto insostenibile è costantemente vissuto con fastidio e ignorato.

Non vi è possibilità al di là delle parole che possediamo. È possibile pensare limitatamente alle parole possedute.

Umberto Galimberti, citando Tullio De Mauro, ci ricorda come nel 1976 un ginnasiale conosceva 1500 parole, vent'anni dopo 640 e ora, probabilmente, non più di 200.

La necessità di sviluppare un adeguato e puntuale vocabolario tecnico corrisponde all'appropriarsi dei concetti a cui di fatto ci si deve riferire nel momento in cui si compiono analisi di dati.

Il non essere in grado di stabilire la corrispondenza tra concetti e parola è il dramma del fare geofisica italiano.

Se spesso mancano le parole (perché mancano i concetti), altre volte si hanno utilizzi del tutto superficiali, inappropriati ed errati di termini ed espressioni di cui conosciamo la parola ma a cui non sappiamo far corrispondere il fatto tecnico.

Si verificano così ossimori o ridondanze che pongono in luce un vuoto abbagliante. E il fatto che talune tecniche, o meglio taluni acronimi, siano oramai piuttosto diffusi non significa in nessun modo che vi sia una effettiva, diffusa e profonda comprensione degli svariati aspetti insiti nell'acquisizione e analisi dei dati.

Lo scopo sembra quasi quello del gioco dello scarabeo: spiattellare parole e acronimi nuovi senza preoccuparsi minimamente di studiarne i contenuti.

Sono due le evidenze che qualcosa di profondo e strutturale non funziona. Da una parte, la prima prova del fallimento sono le relazioni geologiche che, passate al vaglio degli organi teoricamente deputati a validarne la generale congruenza, sono drammaticamente e irreversibilmente errate.

Dall'altra, un indice altrettanto chiaro è fornito dall'atteggiamento dei professionisti in relazione ai corsi formativi e ai contenuti veicolati in tali (spesso discutibili) corsi.

La frase che si sente perennemente pronunciare nel momento in cui a qualcuno pare di intravedere una contraddizione tra quanto affermato dal docente A rispetto a quanto

affermato dal docente B è, in sintesi, la seguente: «*lui dice questo mentre l'altro afferma quello*».

Qual è il problema? Che il *focus* non è sul contenuto ma sul presunto autore dell'affermazione (che, in effetti, spesso ha magari detto ben altro).

Lo spostamento del punto dal concetto (snodo tecnico) al soggetto è la conseguenza del fatto che non vi è alcuna capacità di seguire il concetto tecnico e ci si affida quindi alla simpatia o antipatia del docente.

Si dovrebbe sempre ricordare che un autore è responsabile per quello che dice, non per quello che le persone comprendono.

I crediti APC sono purtroppo divenuti un mero strumento formale di controllo dello *status quo* e un modo da parte degli ordini regionali di racimolare qualche soldo. Questa cosa fu esplicitamente detta allo scrivente quando, in una certa occasione, avevo chiesto che il corso che intendevo svolgere fosse gratuito – perché gratuito era il mio intervento e gratuita era la sala che avevo personalmente trovato.

Il corso fu infine (su mia pressione) gratuito ma stabilendo un numero massimo di iscritti molto contenuto (cosa mai accaduta e mai più verificatasi – quando gli iscritti sono paganti va favorito un afflusso da curva sud) e non avendo nessun rappresentante del consiglio dell'ordine a presenziare: chi non ci porta soldi va “punito”.

Ha tutto questo a che fare con la crescita professionale, con la decenza e con la correttezza e deontologia?

Il problema del dilagante analfabetismo di ritorno è evidente da un piccolo ma sintomatico episodio che, qui, è utile raccontare brevemente.

In relazione a un lavoro di *routine* che prevedeva anche la determinazione del profilo V_s , la competente (termine quanto mai inappropriato) amministrazione regionale contestò al professionista non la validità del profilo proposto (che è di fatto il vero e unico problema) ma la categoria stessa (cioè la letterina) da attribuire al profilo identificato. Il funzionario pubblico e il professionista, cioè questionavano per la categoria da associare a quel profilo.

Il dramma non era legato a situazioni “particolari” che, in effetti, la vecchia normativa lasciava un po' in una zona grigia non chiaramente definita, ma a un profilo assolutamente chiarissimo anche alla luce delle vecchie NTC, cioè ben definito dalla lingua italiana con cui la normativa è delineata. La semplice lettura delle poche righe con cui sono definite le categorie rendeva assolutamente chiaro che la categoria corretta non fosse, di fatto, nessuna delle due che i “contendenti” avevano tirato in ballo, bensì una terza.

Il problema era dunque l'italiano, ma non in quanto *italiano*, ma in quanto *ragionare* (cfr. Sciascia).

La geofisica viene dopo. Molto dopo (in effetti dovrebbe venire prima – si veda la corretta definizione del profilo V_s che, in effetti, in quanto fatto tecnico-scientifico è completamente tralasciato).

Personalmente, in caso di contestazioni, consiglio sempre di mettere tutto (o farsi mettere tutto) nero su bianco in modo formale e non cascare nelle trappole di una faccenda verbale da affrontare in modo informale.

Questo volume andrebbe letto – non senza un’adeguata dose di ironia/autoironia e nobile cinismo – due volte. La prima per crearsi una mappa cognitiva del problema e del volume stesso, la seconda per capirne (aspetto che richiede tempo e motivazioni) i contenuti tecnici. Nel precedente volume della Flaccovio si era introdotta una possibile nomenclatura dei file/dati utile a chiarire il significato fisico e la geometria di acquisizione.

Gli acronimi utilizzati (*ZVF*, *RVF* e *THF*) sono probabilmente quanto di più puntuale e preciso si possa porre in atto.

Un *dataset* (attivo) relativo alla componente *RVF* conterrà, ad esempio, almeno tre informazioni: la componente radiale delle onde di Rayleigh e la componente radiale dell’onda P rifratta e riflessa (tralasciamo come sempre onde troppo “esotiche” per rientrare in questo volume).

Analogamente, in un *dataset* riguardante la componente *THF* saranno presenti tanto le onde di Love che la rifrazione e riflessione delle onde SH.

Non esistono *dataset* relativi alla rifrazione P separati da *dataset* relativi alla riflessione P e alla dispersione dell’onda di Rayleigh.

Noi registriamo le vibrazioni lungo un asse.

Punto.

Dare un senso ai segnali è compito di chi analizza i dati.

Su questi fatti di fondo si consuma il problema italiano. Una percentuale altissima di professionisti (certamente una quota maggioritaria) cerca il modo (strumento magico e software di semplice utilizzo) attraverso il quale estrapolare un qualche numeretto con cui infarcire la propria relazione geologica.

Purtroppo tale ottica è completamente priva di senso: un software di analisi (cioè una tipologia di acquisizione/analisi) deve essere tale da consentire di comprendere a fondo e puntualmente la complessità dei dati.

Tralasciando le situazioni banali, non possiamo trascurare il fatto che la realtà è complessa (non complicata) per sua natura. I dati ne esprimono, appunto, la complessità. Pensare di cogliere la realtà attraverso semplificazioni è un controsenso molto diffuso. Analoga insensatezza completamente priva di senso (il senso è il vero ed eterno assente) è quella che si verifica nel momento in cui viene espresso e praticato il seguente “concetto”: considerato che il tipo di intervento (edilizio) in oggetto è di limitata importanza, allora per determinare le V_s decido di affidarmi a un approccio semplificato che so benissimo avere i suoi limiti ma che, poiché il lavoro non deve servire per un’opera importante, decido di farmi bastare.

Dove sta l’inghippo concettuale (cioè reale e pratico)?

Molto semplicemente nel fatto che la complessità di un certo sito (o meglio dei dati raccolti in un certo sito) non ha nessun (nessunissimo) legame con l’importanza o meno dell’intervento edilizio che su tale sito deve essere svolto.

Si deve quindi andare alla radice del problema: devo o non devo determinare puntualmente il profilo V_S ? Possiamo certamente decidere di no e identificare la letterina magica (“suolo di tipo C”) lanciando la monetina.

Ma, se si decide (e qui siamo nell’ambito della responsabilità della politica e delle amministrazioni) che serve il profilo V_S (cioè la letterina magica identificata dall’analisi di dati reali), non è possibile pensare che per un intervento poco importante (il solito ampliamento del porticato) si possa usare un metodo semplificato di determinazione del profilo V_S .

Il profilo V_S è giusto o sbagliato, e questo fatto è verificabile solo con adeguate analisi. Se la politica decide che per interventi minori non serve definire il profilo V_S è un conto, ma se la politica stabilisce che serve il profilo V_S è da “immaginare” che si intenda il profilo V_S giusto e corretto. E definire il profilo V_S può essere complicato anche se l’intervento edilizio è minore.

Ancora: la complessità dei dati è del tutto scollegata dall’importanza dell’intervento edilizio, quindi l’idea “è un lavoro poco importante quindi posso utilizzare metodologie semplificate dei cui limiti sono consapevole” non ha nessun senso.

Per evitare dubbi o interpretazioni o fraintendimenti: se i dati di un sito sono di difficile comprensione (analisi), il fatto che l’intervento che deve essere svolto sul sito sia minore non ne semplifica in nessun modo la complessità. Se vengono quindi malamente analizzati (portando a un’errata ricostruzione del profilo V_S) si dovrebbe tendere a escludere che argomentando nel seguente modo “sì, il profilo V_S è sbagliato ma l’intervento non era importante” si possa far breccia in un ipotetico giudice che debba valutare il caso, in quanto corrisponderebbe all’improbabile affermazione che “in caso di intervento di importanza limitata il profilo V_S può essere fornito errato” (proposizione semanticamente poco sostenibile).

1.2. Prove sismiche e geotecniche: linguaggio e qualità

L’italiano non è l’italiano: è il ragionare.

Leonardo Sciascia, *Una storia semplice*

Non vorrei, con questo mio scritto, risparmiare ad altri la fatica di pensare.

Ma, se fosse possibile, stimolare qualcuno a pensare da sé.

Ludwig Wittgenstein, Prefazione 1945 alle *Ricerche filosofiche*

Come vedremo in questo volume e come noto dalla letteratura (e quindi dalla teoria e dalla pratica) vi è, tra le molte imprecisioni del linguaggio (cioè storture del pensiero), un’espressione che oramai ha completamente perso di valore: *sismica attiva* e, va da sé, *sismica passiva* (spesso utilizzate in contrapposizione e quasi mai a proposito).

Qual è il primo (non unico) problema di queste espressioni? Che, macroscopicamente, non hanno alcun senso.

Esistono, infatti, moltissime tecniche di acquisizione attive e passive (e diversi modi di analizzare i dati raccolti con ciascuno di questi svariati metodi) e continuare a utilizzare tali espressioni significa dichiarare di fatto la propria vaghezza.

Il fatto che la vastità di persone che utilizzano tali espressioni, fondamentalmente, intendano dire MASW e HVSR rispecchia da una parte il vano tentativo di fare i raffinati (ottenendo l'effetto opposto), dall'altra il fatto che non vi è un'adeguata preparazione che consenta di comprendere che, proprio a causa della mole di tecniche disponibili, dire *sismica attiva* o *sismica passiva* non significhi assolutamente nulla.

Sarebbe un po' come se si dicesse «*suono uno strumento a corde*». D'accordo, ma di che si tratta? Chitarra? Violino? Violoncello? Arpa? Sitar? Balalaika? Cetra? Bouzouki? Viola da gamba? La lista potrebbe continuare a lungo.

Evitare espressioni generiche e indicare con precisione e chiarezza ciò che si fa è sempre più necessario e conseguentemente apprezzabile.

Cosa significa acquisire un dato sismico?

Significa raccogliere informazioni riguardo a cosa accade lungo un certo asse. Se piantiamo un geofono verticale andremo a verificare come oscilla la particella lungo l'asse verticale, piantando un geofono orizzontale vedremo come si muove la particella lungo tale asse (il significato sarà diverso a seconda che si stia parlando di asse radiale, trasversale o altro).

Ora dobbiamo chiarire in modo estremamente rigoroso un fatto: l'obiettivo del professionista non è fare una MASW, un HV, un ESAC, un HS, una rifrazione o quant'altro. L'obiettivo è comprendere le proprietà dei materiali che costituiscono il sottosuolo.

La suprema confusione che regna nasce (anche e soprattutto) da questo punto: la completa incapacità di separare obiettivo e metodo.

Da cosa nasce tale confusione tra obiettivo e metodo? Certamente da una generale carenza delle basi della geofisica ma, per andare più in profondità, da un fatto ben specifico: il credere (magari addirittura in modo inconsapevole) che i metodi della geofisica siano assimilabili alle prove geotecniche.

Nella sismica non esiste il concetto di "prova" così come viene inteso in geotecnica. La prova geotecnica consiste in una serie di procedure completamente standardizzate grazie alle quali i numeri che si ottengono sono tra loro confrontabili in modo semplice e univoco. Le prove geotecniche possono, quindi, essere eseguite da tecnici seguendo dei protocolli standardizzati – cioè uguali per tutti – grazie ai quali i valori ottenuti risultano alla fine confrontabili.

Questo in geofisica non è possibile per almeno due motivi:

1) nulla in campagna è di fatto standardizzabile;

2) i dati raccolti richiedono sempre e comunque il lavoro di comprensione di un professionista esperto in quella specifica metodologia.

Come non si può parlare di “prove di sismica a riflessione” (mai sentito e sarebbe un’assurdità), non si può quindi in nessun modo parlare di “prove MASW” (ReMi, ESAC, SPAC, MAAM, ecc.), come purtroppo si sente spesso dire. Una prova fornisce un dato oggettivo, mentre l’analisi di un qualsiasi dato sismico è invece un qualcosa in cui la persona, professionista o ricercatore, dovrebbe far confluire tutte le sue specifiche competenze.

Chiamare *prova* un’indagine sismica significa attribuire ai risultati un valore che prescinde dalle capacità di chi ha acquisito i dati e svolto le analisi.

Poiché i fenomeni fisici sono di per sé esatti (la natura non segue leggi diverse a seconda di un capriccio momentaneo), se il profilo V_s ricavato da, ad esempio, un’indagine MASW è impreciso o errato, lo è perché chi ha analizzato quei dati ha sbagliato il suo lavoro e non perché le onde di superficie “hanno sbagliato a propagarsi in quel modo”.

Di fatto, come vedremo in questo volume, tutti gli acronimi utilizzati in questo ambito (MASW, ReMi, SPAC, ESAC, ecc.) sono oramai del tutto privi di un significato stringente in quanto non descrivono in nessun modo le specifiche modalità di acquisizione e analisi del dato.

Ciò che si acquisisce non è in nessun modo l’onda P, l’onda S, l’onda di Rayleigh o Love, ecc. Ciò che si acquisisce è il moto della particella lungo un certo asse (Z , R e/o T).

Espressioni come “acquisire le onde P” o “acquisire le onde SH” sono del tutto prive di significato e ben rappresentano l’errata impostazione mentale che inquina il panorama della geofisica in Italia.

I dati sismici che si raccolgono contengono tutto quello che si verifica lungo quello specifico asse. Attribuire a quel certo segnale la natura di onda P rifratta o onda SH riflessa è un fatto pertinente al lavoro professionale di chi poi analizza il dato.

Un software (e tutto l’equipaggiamento hardware finalizzato a fornire al software stesso i dati più “corretti” e puntuali) è uno strumento concettuale.

Il suo scopo è consentire di comprendere una realtà che è (per fortuna!) complessa e articolata. Un software non deve essere “semplice”. Deve permettere di comprendere la realtà dei dati (della natura) per quello che effettivamente è.

Vuoi acquisire e analizzare dati sismici per determinare le proprietà dei materiali del sottosuolo? Studia e applica gli strumenti necessari a farlo nel modo corretto, evitando di andare dal primo rivenditore a chiedere “devo fare le MASW, a quanto mi fai un sismografo?”, poiché chi parte in questo modo difficilmente potrà fare molta strada.

Uno dei problemi del nostro tempo è notoriamente quello di un dilagante analfabetismo funzionale (le cui cause sono svariate e complesse). In pratica vengono comprese le parole ma non si è in grado di giungere al senso del discorso. Pronunciare “MASW”,

“picco HV” o “tomografi a rifrazione” è facile. Capire cosa siano dal punto di vista tecnico è tutt’altro discorso. Le relazioni geologiche sono quindi troppo spesso infarcite di “parole chiave” che servono a dare rassicurazioni tanto all’autore che al committente, ma non vi è alcun senso tecnico-scientifico nelle analisi.

Problema attinente è quello della lingua madre e delle false sicurezze che il suo utilizzo dà. Che differenza vi è tra dire o leggere “curva di dispersione effettiva” o, nella comune terminologia inglese, *effective dispersion curve*?

La differenza è profondissima. Nel primo caso avremo l’illusione di sapere ciò di cui stiamo parlando, nel secondo caso no. Il fatto di sapere concretamente, nei suoi profondi risvolti tecnici (quindi pratici), cosa sia una curva effettiva è del tutto e assolutamente secondario. Il non sapere cosa sia, ma avere la possibilità di utilizzare la lingua madre (nel nostro caso l’italiano) darà l’illusione (la mera illusione) di “possedere” l’oggetto di cui si favella mentre, a parità di ignoranza del significato effettivo del termine, il fatto di dover utilizzare una lingua diversa (tipicamente l’inglese) ci rende più insicuri.

Ecco dunque emergere l’ormai strutturale problema dell’analfabetismo funzionale: utilizzare parole ed espressioni in modo anche corretto ma senza comprenderne minimamente il significato, il senso, il contenuto.

In un’indagine dell’OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), l’Italia è il Paese europeo in cui questo problema è più grave e profondo (primi europei per tasso di analfabetismo funzionale).

Risulta, poi, poco sorprendente anche il dilagare dell’espressione *sismica passiva* senza alcuna ulteriore specificazione. Di quale sismica passiva stiamo parlando? ESAC? HVSR? MAAM? Correlazioni dei microtremiti? E, oltre alle sigle-acronimi, conosciamo veramente i contenuti?

L’assoluta mancanza delle conoscenze che fanno sì che tale espressione non significhi nulla fornisce l’evidenza della triste e pericolosa situazione italiana.

Il problema è di fatto semplice. Nel nostro lavoro professionale siamo come di fronte a un bivio. Da una parte una strada che, attraverso una visione semplificata delle cose, conduce alla soluzione sbagliata; dall’altra parte, una seconda via lungo la quale, grazie a una più completa e puntuale lettura dei dati della realtà, giungiamo alla soluzione corretta.

Purtroppo, poiché richiede maggiore sforzo utile però ad acquisire competenze puntuali, questa seconda via è poco frequentata, mentre lungo la prima strada ci si accalca come inconsapevoli polli d’allevamento.

A spingerci verso la soluzione “difficile-ma-corretta” dovrebbero essere gli enti di controllo ma, purtroppo, le incompetenze (le vedremo) che albergano anche in quei luoghi rendono la via “facile-ma-errata” sempre più frequentata.

1.3. L'Italia delle NTC: un fallimento annunciato (peggiocrazia in azione)

*Tutto quello che è interessante accade nell'ombra, davvero.
Non si sa nulla della vera storia degli uomini.*

Louis-Ferdinand Céline, *Viaggio al termine della notte*

Chi perdona ai cattivi fa torto ai buoni.

Girolamo Mattiolo, *Della sapienza dell'Oriente*

Il fatto che tutte le relazioni geologiche qui di seguito citate siano state accettate dall'organo che avrebbe il compito di validarne la congruità è evidenza fattuale dell'assenza di controlli che, quando vi sono, sono svolti da tecnici del tutto (termine assoluto) incompetenti in materia.

Cosa serve per autodefinirsi *geofisico* nell'Italia delle NTC? Sono necessarie due uniche condizioni: l'acquisto di un "sismografo" (si veda il paragrafo 1.6) e l'apposizione di una firma sul registro delle presenze di un corso APC (aggiornamento professionale continuo) di una manciata di ore.

Riguardo a questi corsi vi sarebbe moltissimo da discutere. L'unica condizione per essere invitati a tenere corsi APC è rappresentata dal trovarsi in buoni rapporti personali con chi è nella posizione di decidere quali corsi fare e, *ça va sans dire*, i contenuti del corso non devono "interferire" con le abitudini tecniche della regione in cui tali corsi vengono svolti.

Sì, perché il delirio legislativo italiano (antico e ben radicato) è tale per cui, seppure la norma nazionale sia unica e piuttosto chiara (si vedano le *Norme tecniche per le costruzioni* – NTC), a seconda degli interessi locali delle varie piccole *lobby* indigene, le regioni hanno emanato "linee guida" diverse o, nei casi più vergognosi, non le hanno emanate affatto lasciando così, *de facto*, completa carta bianca ai professionisti che sono così liberi di muoversi e fare ciò che vogliono e come lo vogliono con la certezza che il proprio lavoro, anche nel caso in cui non dovesse ottemperare alla lettera alle NTC, non sarà mai "contestato" o censurato.

Inoltre, sono la natura stessa dei corsi APC e il modo in cui in questi anni tali corsi si sono venuti a strutturare a essere estremamente discutibili (un Paese che aspiri a essere minimamente serio dovrebbe decidersi a metterci le mani): se il professionista A segue un corso di cui non comprende i contenuti, perché dovrebbe ricevere questi (purtroppo ridicoli) crediti formativi (che gli sono necessari per continuare a svolgere la professione)? I docenti di tali corsi sono tutti effettivamente preparati e seri? Gli interessi privati di molti di questi docenti sono sufficientemente chiari e trasparenti? L'interesse dell'ordine (regionale) che organizza questi corsi è quello di contribuire alla cultura professionale o – come lo scrivente si è sentito esplicitamente dire – quello di racimolare un po' di soldi dai partecipanti?

Una ridicola vergogna, che andrebbe certamente eliminata, è quella dei corsi con esame finale grazie al quale, come nelle più becere forme di *marketing*, si raddoppia il numero di crediti formativi ricevuti (spesso tali corsi sono associati a quote di iscrizione maggiorate – “paghi due, prendi due”). Il motivo è semplice: gli “esamini” finali sono comiche espressioni di idiozia a risposta multipla di fatto svolte in modo “comunitario” dall’assemblea dei partecipanti. Come fai a fare il vigile rigoroso e ligio rispetto ad alcune decine di cinquantenni che hanno pagato proprio per avere gli APC promessi? Il sottotesto resta quello dell’accademia del terzo millennio: hai pagato (hai cioè ottemperato all’unico obbligo che ti viene di fatto richiesto) e quindi hai diritto ai tuoi crediti.

Attenzione. Quest’ultimo punto è divenuto, di fatto, il punto di vista che determina le strategie di marketing dell’intero sistema educativo italiano (dalle superiori all’università) in quanto, in relazione a pessime politiche che hanno malamente inteso una altrimenti sacrosanta autonomia degli istituti, ha determinato una trasformazione antropologica di quello che un tempo era lo studente in quello che ora è un “cliente” rispetto a cui si applicano le politiche di *customer satisfaction* (il cliente va soddisfatto e ha sempre ragione). Per motivi differenti, ma in una sostanziale convergenza di linea, tanto per la scuola superiore che per l’università l’obiettivo è oramai solo e unicamente uno: la promozione senza grossi problemi di tutti i candidati/allievi/clienti evitando che vengano a patire eccessivi fastidi legati a bocciature o ripetizioni di esami.

Il voto minimo in un esame universitario è di fatto divenuto il 25. Scendere sotto tale livello di guardia significherebbe scontentare il cliente (ex studente) che, nel caso le sue aspettative di voto non siano gratificate, può con estrema semplicità cambiare ateneo, creando così un duplice danno all’ateneo che non ne esaudiva le aspettative:

- 1) perdita della sua retta annuale;
- 2) diminuzione del numero di iscritti (tale numero va a incidere sul “punteggio” che l’ateneo ha in sede ministeriale).

Come si ottiene questa “semplicità d’uso” da parte del cliente (ex studente)? Tanto abbassando il livello dei corsi (sempre più spesso tenuti da personale del tutto privo di documentata esperienza di ricerca) che scalando verso l’alto i voti in sede di esame finale. Questi fatti sono noti da tempo (tra i molti esempi editoriali si veda, ad esempio, il recente libro *La conoscenza e i suoi nemici*, di Tom Nichols) e, unitamente a un solipsismo favorito da internet, alle profonde incompetenze degli organi di controllo e alla sempre più profonda e dilagante corruzione delle istituzioni, sono la causa del completo dissolvimento dei concetti di autorevolezza e competenza. Per un malinteso principio di uguaglianza e di diritti fondamentali dell’uomo, il post di una qualche pagina internet inserito da un passante (senza titoli ma sedicente esperto) è parificato alle motivazioni di un onesto uomo di scienza che si occupa della materia in modo approfondito e documentato. Anzi: più semplicistico è il “pensiero” del sedicente esperto di turno, più impari diventa la lotta con l’esperto che, per motivare le sue posizioni, ha naturalmente bisogno di argomenti complessi che aderiscano alla complessità dei problemi.

Attenzione. Seguendo ritriti schemi di pensiero si potrebbe pensare che esista una differenza tra i comportamenti messi in atto da regioni del Sud e del Nord Italia. Questo è assolutamente falso, sussistendo una sostanziale omogeneità di peggioranza e ignavia. Anzi, sono spesso proprio le regioni del Nord quelle in cui la situazione è più preoccupante (la maggior parte degli esempi qui riportati proviene proprio dal Nord Italia). Il benemerito ricorso posto in essere contro le NTC 2018 è stato promosso dall'ordine dei geologi della Calabria e non da altri (che al massimo si sono accordati).

Ma non è possibile (non starebbe in piedi e, nel medio-lungo termine, sarebbe un pesantissimo autogoal) rivendicare le proprie prerogative e competenze professionali nel momento in cui non si fa un reale sforzo di studio delle tematiche sismiche (che non sono per nulla banali) e non si punisce, in modo chiaro e sostanziale, chi (la maggioranza silenziosa) lavora male fornendo caratterizzazioni di sito errate e assurde che vanno a gettare pesante discredito sulla credibilità della figura del geologo.

Il mondo della geologia non può richiedere il riconoscimento (sociale ed economico) della propria figura professionale nel momento in cui dimostra di non essere professionalmente capace. Il rischio (finale) è quello che, nel momento in cui il mondo dell'ingegneria continuasse a verificare il fatto che troppi geologi continuano a fornire relazioni sismiche fantasiose e bislacche, si riesca a incardinare un'azione politica che porti a cambiamenti legislativi tali per cui l'intera componente sismica (e geotecnica) venga sottratta al mondo professionale della geologia.

La litania che si sente salmodiare quotidianamente tra i geologi è quella delle tariffe al ribasso a cui il sistema in essere obbligherebbe. Il discorso svolto in questo volume si riferisce unicamente alla parte geofisica e, rispetto a quella, il punto è estremamente semplice. Quali "tariffe" (prezziario) potrebbe rivendicare un lavoro per il quale la necessaria professionalità è raggiunta attraverso una risibile manciata di ore di corsi APC? «*We'll never get rich by hard work. But, we'll never get rich without it*», ammonisce l'ascetico Robert Fripp, e l'ambiente italiano avrebbe bisogno di significative iniezioni di rigore calvinista anglosassone. Se il mondo della geologia desiderasse migliorare le proprie sorti economiche e il proprio "profilo sociale" ha un unico e solo mezzo: fare in modo che quanto vedremo in seguito, illustrando alcune relazioni geologiche, non avvenga sia per procedure interne all'ordine che per attività di controllo da parte degli organi esterni all'ordine (responsabilità della politica e delle amministrazioni regionali). La società è un organismo poroso e quanto avviene in un punto si riflette su quanto si verifica in un altro punto. La peggioranza è un fatto culturale prima che tecnico (l'aspetto tecnico fattuale è solo una conseguenza pratica di un fatto morale a monte) e la domanda retorica che un geologo dovrebbe farsi e proporre con forza al proprio ordine di autogoverno, come anche agli enti teoricamente preposti alla verifica della qualità dei lavori, è: "starei tranquillo se il medico che mi visita sapesse di medicina quanto io (cioè anche tutti gli enti e individui teoricamente preposti all'educazione e al controllo) so di geofisica?".

Vediamo un po' di esempi a testimonianza del disastro NTC, non prima di aver ribadito con forza che, trattandosi di lavori di carattere professionale, gli "eventuali" problemi non sono mai imputabili ai produttori di hardware o software. Questi sono, infatti, meri strumenti che il professionista dovrebbe utilizzare in modo consapevole. L'esempio che spesso faccio è quello della penna: ci possiamo scrivere una poesia immortale o possiamo utilizzarla per riempire dei nostri nobili pensieri i bagni di un autogrill. Un software o un sismografo non prendono iniziative: fanno quello che l'utente gli dice di fare.

L'obiettivo è multiplo: comprendere qualcosa dagli errori ed evidenziare che i problemi (che, sottolineiamo in modo chiaro, mettono a rischio la progettazione delle opere) risiedono nelle scarse competenze di molti professionisti e degli organi di controllo (che non controllano o, se lo fanno, affidano tali verifiche a personale di comprovata "accondiscendenza" – l'impiegato e il ricercatore sono selezionati in modo tale da essere sicuri che non creino fastidi).

A insorgere è il professionista che affronta con passione e competenza il proprio lavoro, come anche il cittadino (*taxpayer*) che vede i sudatissimi soldi delle proprie tasse dilapidati da un'amministrazione del tutto incompetente e che, anzi, fa dei competenti che denunciano gli scempi i propri primi nemici da tenere lontano e combattere. Potremmo considerare che gli Stati Uniti nascono come nazione indipendente dalla rivolta contro gli inglesi a partire da questioni fiscali e al motto di *no taxation without representation* (cioè a dire: se pago le tasse devo avere voce in capitolo sulle questioni che mi riguardano e per cui sono spesi i soldi delle mie tasse).

Vediamo ora un po' di esempi, segnalati da vari professionisti, che lo scrivente ha avuto modo di esaminare non prima di aver raccomandato l'inoltro dei vari documenti senza che fosse indicato l'autore della relazione. Fa eccezione l'ultimo lavoro brevemente presentato e commentato che, riferendosi a un'opera di imponenti dimensioni che ha provocato enormi reazioni da parte della popolazione della regione implicata, è di fatto di dominio pubblico rispetto a tutta la relativa documentazione (ministeriale e di facile accesso pubblico).

Una nota generale: si consideri con la dovuta gravità che per incarichi con importi inferiori a 40 mila euro, le pubbliche amministrazioni procedono con chiamata diretta, cioè l'impiegato addetto incarica un professionista "di fiducia" senza alcuna gara.

Sempre in termini generali questo è (non dovrebbe essere necessario dirlo, ma è meglio far emergere con chiarezza i problemi "strutturali") un ottimo modo per velocizzare un certo affidamento di incarico a un amico (tanto – ci si consenta una malizia derivante dalla buona conoscenza del "paesello" Italia – l'amico verrebbe incaricato anche in caso di selezione/gara, quindi tanto vale semplificare e velocizzare la cosa).

Potenzialmente, le NTC costituiscono uno strumento sia rispetto al rischio sismico che rispetto alle professionalità associate a questo settore. Quello che manca completamente sono i processi attuativi, cioè linee guida uniche per l'intera penisola, controlli sistematici e organi di controllo che siano competenti e terzi. Esempio molto poco vir-

tuoso è proprio il Friuli Venezia Giulia, in cui il controllo dei pochi lavori estratti a sorte è effettuato da commissioni i cui membri (oltre a qualche funzionario/impiegato regionale con funzioni essenzialmente di segreteria) sono fondamentalmente professionisti (geologi e ingegneri) che, da una parte non possiedono specifiche competenze in materia di acquisizione e analisi dei dati sismici, dall'altra si trovano nell'ambigua (imbarazzante, pericolosa e delicata) posizione di valutare il lavoro dei propri colleghi (che sono chiaramente anche *competitor*) venendo anche a conoscerne i committenti. In qualsiasi stato democraticamente evoluto questo fatto sarebbe chiaramente inconcepibile: manca la terzietà e manca la specifica competenza.

Per circa un decennio ho provato a capire (interrogando alcuni professionisti della regione) se tali commissioni potessero entrare o meno nel merito dei lavori (rimandando indietro una relazione perché questa o quella indagine non fossero presenti, non fossero adeguatamente illustrate o sussistessero forti e motivati dubbi sulla validità di fondo delle stesse). Non l'ho mai capito, e le opinioni cambiavano da geologo a geologo e di anno in anno.

Resta il fatto (da porre all'attenzione della politica e delle amministrazioni competenti) che, anche per opere molto importanti, si vedono lavori come quelli che sono brevemente illustrati nelle prossime pagine (salvo diversamente indicato, gli esempi presentati e commentati si riferiscono a lavori svolti in regime di NTC 2008).

Un invito preliminare prima di iniziare la visita a questa piccola vetrinetta degli orrori NTC: non si irriti il lettore per il fatto che vengono stigmatizzati lavori privi di qualità. Nel caso crolli un ponte dovremmo prendercela con chi ha progettato/realizzato l'opera (non facendo bene il suo lavoro) o con la forza di gravità (che ha semplicemente fatto il suo)? Tutti coloro che hanno studiato seriamente allo scopo di poter lavorare in modo responsabile ne dovrebbero essere felici. Se ne potrebbe preoccupare solo chi lavora male e quindi potrebbe avere la coda facilmente infiammabile. L'autore di questo volume, semplicemente, afferma pubblicamente quello che viene spesso discusso in privato da tutti coloro che conoscono la materia, ed è purtroppo una mediocre abitudine italiana quella di parlare alle spalle mentre si tace o sorride *de visu*.

Cominciamo in modo leggero con un bel bando di un importante ente nazionale italiano (figura 1.1). Servono commenti?

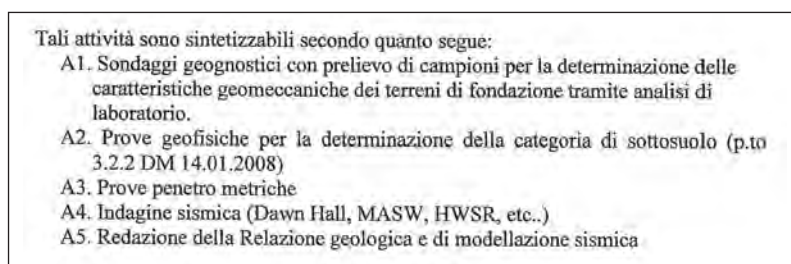


Figura 1.1. Esempio di bando per l'affidamento di un lavoro da parte di un importante ente nazionale italiano

Il primo esempio si riferisce a un sito che, per ragioni lavorative, l'autore di questo volume conosce piuttosto bene. Un lavoro di caratterizzazione sismica per una non irrilevante opera fu svolto (committente la locale Provincia) con il risultato di classificare il sito in categoria A (NTC 2008). Per quanto nella zona sia nota la presenza di conglomerati, localmente anche abbastanza massicci, la cosa parve piuttosto strana a chi mi ha poi segnalato la relazione geologica del lavoro svolto. La curiosità di verificare la cosa si è concretizzata con un'acquisizione multi-componente svolta secondo i criteri delineati in questo come nel precedente volume della Flaccovio.

Nel lavoro del professionista veniva considerata e analizzata la sola componente *ZVF* (cosa purtroppo ancora troppo comune).

Lo spettro di velocità della componente *ZVF* della relazione ufficiale è mostrato in figura 1.2 (in alto). Si nota un grosso segnale tra circa 20 Hz (velocità di fase pari a 1.200 m/s) e 38 Hz (velocità di fase pari a 500 m/s). Se confrontiamo questo spettro di velo-

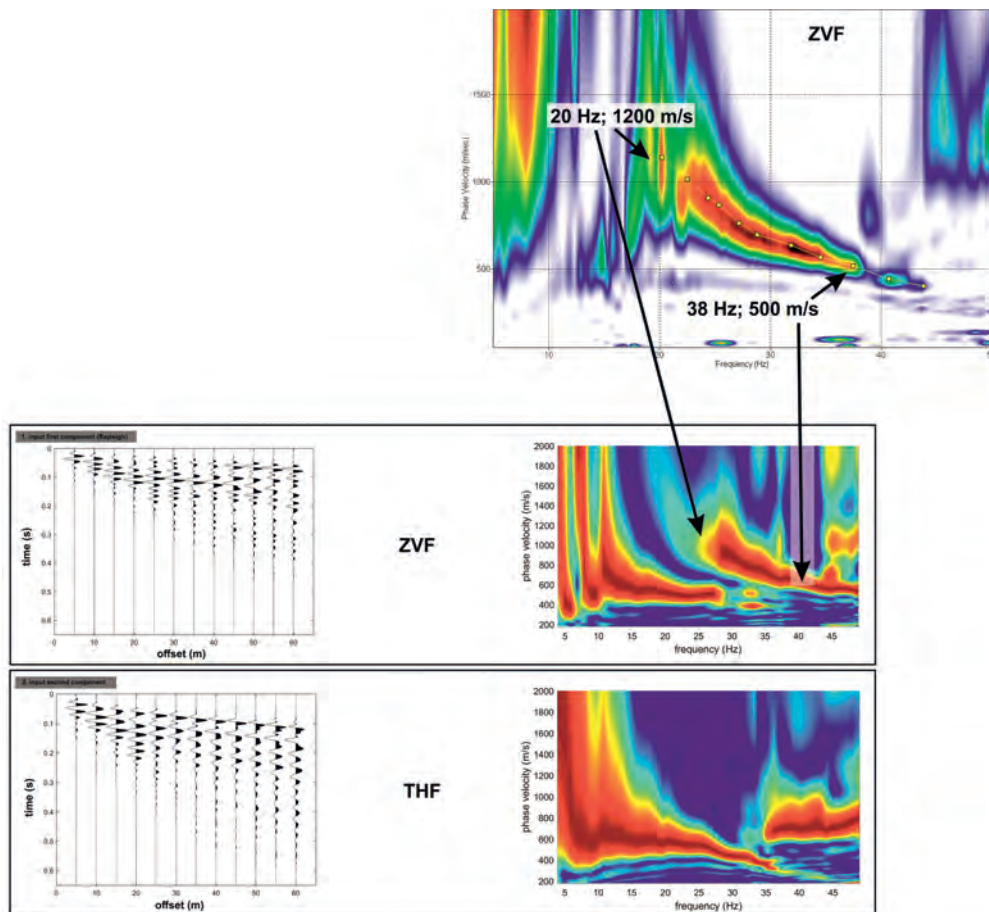


Figura 1.2. Esempio di lavoro del Nord Est: in alto lo spettro di velocità di fase della componente *ZVF* (dati del professionista), in basso gli spettri di velocità delle componenti *ZVF* e *THF* dell'autore di questo volume. Per i commenti si rimanda al testo

cià di fase con quelli ottenuti dallo scrivente (in basso in figura 1.2), notiamo però che quel segnale (che domina le alte frequenze) non è in alcun modo ascrivibile al modo fondamentale perché, nei dati dello scrivente, è molto ben chiaro altro segnale a frequenze (e velocità) inferiori.

Come mai lo spettro di velocità del professionista non mostra quasi nulla a frequenze inferiori a 20 Hz? Il motivo è probabilmente dato dalla combinazione di diversi fattori (per definirlo in modo rigoroso si dovrebbero conoscere elementi tecnici molto puntuali usualmente non presenti nelle relazioni geologiche): utilizzo di una sorgente non in grado di generare abbastanza basse frequenze unitamente alla determinazione dello spettro di velocità con una procedura che, non normalizzando le ampiezze, pone in luce solamente i segnali di ampiezza maggiore; sfortunata scelta degli *offset* (diversi *offset* possono porre in evidenza specifiche porzioni di segnale); possibili elevati valori del modulo di Poisson (primi metri di terreno saturi) a causa di recente significativa pioggia, eccetera (alti valori delle V_p e bassi valori dei fattori di qualità accentuano i modi superiori).

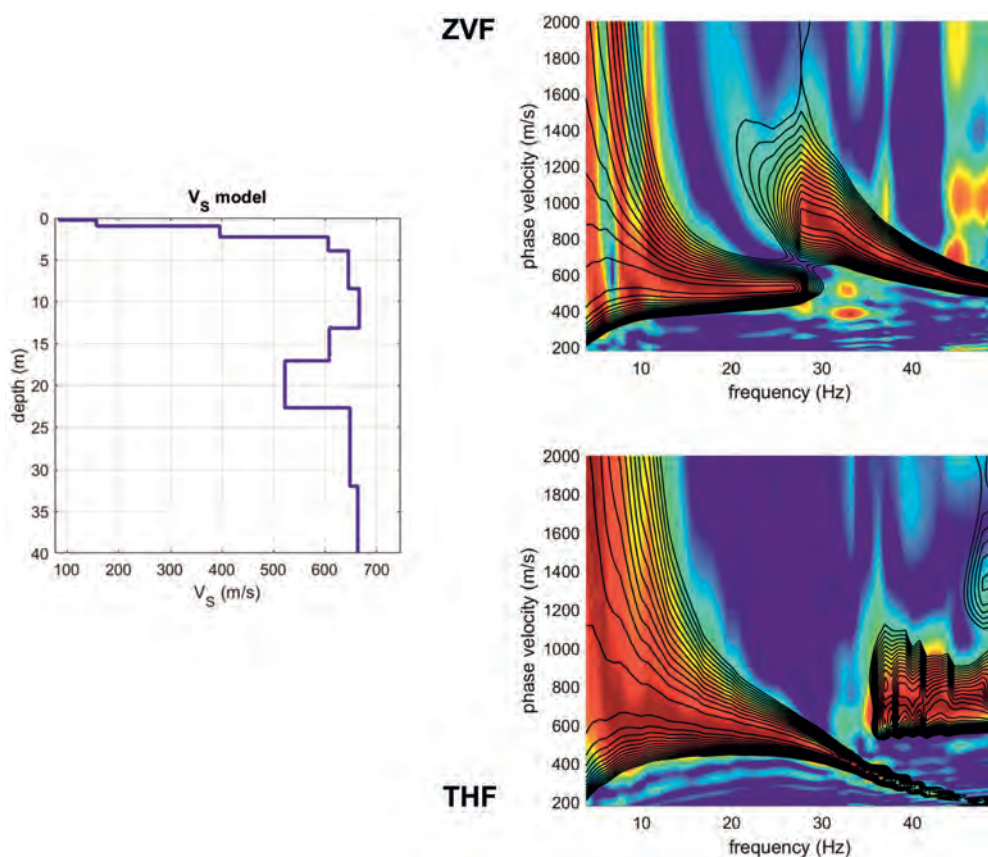


Figura 1.3. Corretto lavoro di acquisizione e analisi congiunta FVS dei dati relativi allo stesso sito di cui alla figura 1.2 (si veda il testo)

Se, poi, diamo anche un occhio allo spettro di velocità della componente *THF* (onde di Love), le cose ci si chiariscono ulteriormente: tutto quello che nelle onde di Rayleigh è presente a frequenze superiori a 20 Hz non è in nessun modo associabile al modo fondamentale (come purtroppo fatto nel lavoro professionale in questione e alla base dell'errata classificazione del sito in categoria A). Dallo spettro di velocità delle onde di Love (in basso in figura 1.2), è immediatamente chiaro come le V_L (velocità delle onde di Love) siano attorno ai 600 m/s e quindi le V_S saranno poco superiori. L'analisi congiunta delle componenti *ZVF* e *THF* svolta secondo l'approccio FVS (*full velocity spectrum* – si veda il prossimo capitolo) è riportata in figura 1.3. L'accordo tra dati di campagna (colori in sottofondo) e sintetici (riferiti al modello V_S riportato in figura) è evidente. Siamo, non sorprendentemente, in categoria B (per chi è dotato di buon senso).

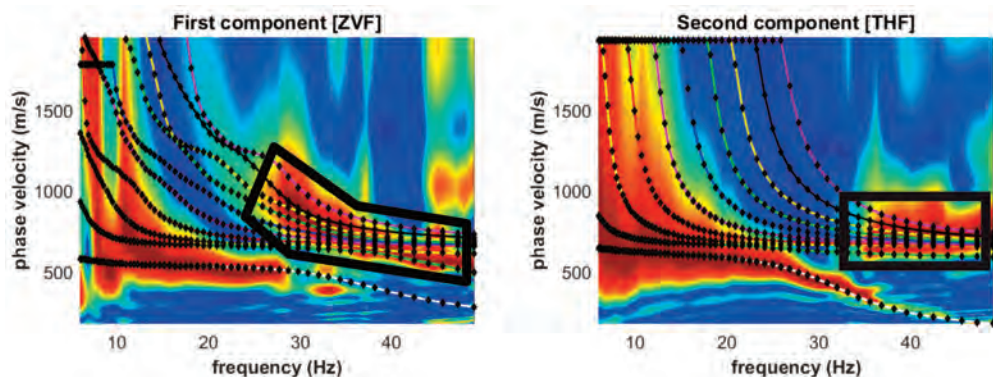


Figura 1.4. Spettri di velocità di fase delle componenti *ZVF* e *THF* con, in sovrapposizione, le curve di dispersione modale dei primi 10 modi. Componente *ZVF*: il segnale a frequenze maggiori di circa 26 Hz (si veda il box) è rappresentato da una complessa coalescenza di diversi modi (non separabili). Analoga considerazione per il segnale che nella componente *THF* domina le frequenze superiori a 34 Hz (con quinto modo superiore come dominante)

Un lettore ingegnoso, che non avesse avuto modo di leggere con cura il precedente libro della Flaccovio, potrebbe pensare che il segnale a frequenze maggiori di 20 Hz sia riferibile al primo modo superiore. Riposta semplice, secca e monolitica: no. Il caso è del tutto analogo a quello presentato nel lavoro riportato per comodità in appendice 1 (figure A1.7 e A1.8 e relativi commenti): in questo caso quel segnale a frequenze superiori a 20 Hz rappresenta la coalescenza di una moltitudine di modi “saldati” tra loro e quindi inseparabili, cioè non affrontabili riferendosi alle curve modali ma solo a formulazioni più complete (curve effettive e FVS).

Il profilo V_S riportato in figura 1.3 offre comunque un ottimo spunto per qualche commento rispetto alla così temuta “inversione di velocità” (strati con velocità inferiori agli strati sovrastanti).

Il punto è semplice: quando è rilevante un'inversione di velocità? E in che modo, ammesso che lo sia, agisce sulle eventuali accelerazioni di superficie?

Sempre premesso che non è mai possibile generalizzare in termini assoluti e che ogni caso va trattato in modo puntuale e consapevole, possiamo comunque sottolineare alcune cose:

- 1) un decremento di poche decine di m/s non è certo “rilevante” (ma può essere utile per ottenere un perfetto accordo tra dati acquisiti e modello del sottosuolo). Classificare come S2 il profilo mostrato in figura 1.3 sarebbe da burocrati folli – ricordiamo che la categoria S2 richiederebbe l’effettuazione della RSL;
- 2) per definire un’inversione vale lo stesso punto cruciale (ancora quasi del tutto assente nella pratica professionale): solo un’analisi congiunta può darci certezze in merito.

Per moltissimi anni dunque, si è evitato di fornire ai committenti categorie “sgradite” (se al cliente viene fornita una categoria S2 si dovrebbe poi andare a effettuare una RSL che andrebbe pagata) andando a classificare quasi tutto in C o B (quando non addirittura A). Si è sempre fatto di tutto per stare lontani da profili che potessero creare imbarazzo: l’abitudine di classificare (in modo compiacente) i siti in categoria B anche se non lo sono è in effetti una pratica piuttosto comune e conosciuta nell’ambiente e molti altri esempi potrebbero essere riportati (quelli presenti in questa sezione del volume sono solamente un piccolo campionario esemplificativo di quanto è possibile verificare quotidianamente). Negli ultimissimi mesi però si sono svolti alcuni corsi (sempre e necessariamente della durata di poche ore) in cui si sono dati gli elementi base per la RSL (in modalità PSHA – *probabilistic seismic hazard analysis*) e, di conseguenza, pare che siano diventati tutti docenti di RSL. Abbiamo quindi un rifiorire di RSL in cui si usano profili V_s assolutamente fantasiosi o, comunque, non supportati da adeguati dati e analisi, e in cui si applicano in modo del tutto inconsapevole e acritico i dettami della PSHA.

Tornando brevemente al caso studio appena discusso (figure 1.2 e 1.3): come comune in queste zone, l’HVSr era pressoché piatto e con diversi segnali di natura industriale. Per comprendere il “contesto culturale”, possiamo ricordare come la prima volta che lo scrivente ha illustrato questo caso studio (con l’obiettivo di sottolineare quanto sia fondamentale il lavoro di acquisizione e analisi congiunta, superando anche l’approccio a curve modali) ci si trovava nella regione in cui ora è presente l’opera progettata sulla base dell’errata categorizzazione di terreno, e, all’incontro formativo, era presente l’intero consiglio del locale ordine regionale che si è ben guardato dall’approfondire la questione (per quanto se ne sa, i compiti di un ordine sarebbero anche quelli di tutela della professionalità dei lavori svolti).

Di fatto in Italia (grazie alla dilagante peggioranza e incompetenza) abbiamo moltissime opere pubbliche (anche molto importanti) progettate sulla base di relazioni geologiche/geofisiche fuori norma o, entrando nel merito tecnico, errate (ne vedremo un’altra come ultimo caso di questo breve *excursus*).

Prendiamo ora un altro esempio di lavoro professionale relativo alle NTC. In una recente relazione geologica per una non irrilevante opera pubblica è possibile leggere quanto riportato qui di seguito. Non spenderemo una singola goccia d’inchiostro in puntuali commenti tecnici. È letteralmente impossibile.

La dicitura *infinito* indica che è stata raggiunta la profondità massima di indagine, mentre con il programma Deepsoil v.3.5 dell'Università dell'Illinois è stato calcolato il *bedrock* o meglio il *bedrock-like* (700 m/s).

[...]

Fattori di frequenza

L'andamento della funzione di amplificazione di un sito è periodico e assume sempre valori maggiori o uguali all'unità, cioè l'ampiezza dello spostamento alla superficie dello strato è sempre almeno pari a quella in corrispondenza della formazione rocciosa (secondo normativa vigente $V_s > 800$ m/s).

La frequenza naturale (F_n) di vibrazione dello strato di terreno corrisponde ai massimi della funzione di amplificazione:

$$F_n = \omega_n / 2\pi = (V_s / 4H) \cdot (2n - 1)$$

La situazione più pericolosa in termini di fenomeni di amplificazione si verifica quando la frequenza dell'eccitazione armonica (ω) è pari a una delle frequenze fondamentali dello strato (ω_n). Quando si verifica tale condizione ($\omega = \omega_n$) si ha la risonanza dello strato, e il fattore di amplificazione è teoricamente infinito.

[...]

La teoria assume un livello di riferimento "sismico" pari alla velocità V_s misurata nel substrato roccioso (800 m/s) o in alternativa a un livello (come nel nostro sito) in cui la V_s dello strato superficiale vada in risonanza con uno strato sismico profondo da cui è stato calcolato quanto segue:

[...]

È tutto estremamente chiaro. Si tratta di un assemblaggio di parole che, svincolato da qualsiasi contenuto e concreta pratica professionale, pare assumere un'intenzione e un andamento che oseremmo definire *orfico-misterico*. Nella stessa relazione, a proposito della "MASW" possiamo tra le tante (ma proprio tante) altre cose leggere anche che «*la lunghezza dei profili è stata di 33 m, con l'utilizzo di 24 geofoni con distanza intergeofonica di 2,0 m*». Quasi superfluo dire che le analisi "MASW" presentate (su cui si sono poi basate le considerazioni sulla risonanza sopra riportate) sono di fatto semplicemente (tecnicamente) irricevibili.

In un'altra relazione per dei lavori relativi a un importante istituto statale (della Capitale), possiamo leggere quanto segue:

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi, ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

P – longitudinale: onda profonda di compressione;

S – trasversale: onda profonda di taglio;

L – Love: onda di superficie, composta da onde P e S;

R – Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – R

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P, S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette *armoniche* del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche.

Anche qui non è in alcun modo possibile commentare/valutare in modo completo e puntuale quanto sopra scritto perché si tratterebbe di partire da zero, avendo posto sul tavolo tanto il dizionario della lingua italiana quanto una serie di volumi di geofisica/sismologia. C'è poco che stia veramente in piedi e la forma e la sostanza sono di fatto la stessa cosa in molte questioni umane, ma sicuramente in tutte quelle tecniche. Non esistono le “onde profonde” (immaginiamo che l'espressione sia stata ideata in contrapposizione alla necessità di indicare anche le onde di superficie). Esistono le onde di volume (a volte dette anche, non del tutto appropriatamente, *di corpo* a causa del rispettivo inglese, *body waves*). L'onda di Love non è composta da onde P e S. Le onde di Rayleigh non sono necessariamente retrograde. Le onde sismiche non si diffondono (al più si propagano). Non è possibile definire *recenti* degli studi svolti, indicativamente, a partire da un secolo fa (in questo caso la teoria della relatività sarebbe parimenti una recentissima proposta culturale). Le onde di superficie sono da sempre (da prima che i lettori di questo volume nascessero) sfruttate a fini diagnostici (si veda ad esempio Gutenberg, 1924; Evison et al., 1959; Prodehl et al., 2013). Infine, riguardo a Fourier, il concetto di “ipotesi fondamentale della fisica lineare” è, anche a voler essere estremamente indulgenti, a dir poco grottesco.

Successivamente, in accordo con le premesse, nel lavoro si può apprezzare come da uno stendimento di 24 geofoni (e guai di meno!) a distanza intergeofonica di 1 m (quindi lunghezza complessiva dello stendimento pari a 23 m con spettro di velocità di fase “leggibile” sino a circa 10 Hz) viene ricavato un modello delle V_s sino a 44 m di profondità. Veramente straordinario. A un valore di N_{SPT} di 87 viene associata una V_s di 150 m/s mentre nella riga successiva a un N_{SPT} di 15 è associata una V_s di 194 m/s.

In questioni professionali, sbagliare un termine significa non conoscerne il contenuto. Purtroppo, il sistema educativo italiano (e gli APC ne sono un prolungamento in ambito professionale) è da molto tempo in profonda crisi e queste ne sono le conseguenze. Non si imparano i concetti (circoscritti da termini ed espressioni puntuali) ma le parole (scollegate da qualsiasi contenuto tecnico) vengono accostate l'una all'altra in modo confuso e in-

senso. È quanto già nel precedente volume della Flaccovio si identificava e indicava come *geofisica verbale*: una pratica professionale fatta di parole (troppe) ma priva di contenuti.

Attenzione: il vero problema di un lavoro professionale è che al suo interno vi sono e si concatenano molteplici aspetti e il cervello umano ha un problema: ha difficoltà a considerare più di quattro concetti/aspetti contemporaneamente (René Daumal, *Il monte analogo*). Come Daumal mostrava, questo succede perché prendiamo costantemente l'effetto per la causa.

Non è infrequente che qualche solerte impiegato chieda spiegazioni a un professionista su un singolo numeretto senza riuscire a valutare il lavoro nel suo complesso, cioè la relazione tra quanto illustrato in una pagina e quanto affermato nell'altra.

Questo è un problema psicologico relativo al fatto che, quando non sappiamo bene di cosa stiamo parlando abbiamo bisogno di "linee guida" che regolamentino dettagli relativi a singoli aspetti. Pur tuttavia le linee guida sono del tutto inapplicabili nel momento in cui dobbiamo comprendere un lavoro che, se svolto bene, è di per sé un oggetto complesso non valutabile in modo parcellizzato.

Una nota generale riguardo alla stragrande maggioranza delle relazioni geologiche: quelle qui presentate – di cui lo scrivente non ha voluto sapere gli autori tranne che, evidentemente, nel caso presentato nelle prossime pagine come ultimo grave esempio in cui responsabilità professionali, politiche e amministrative si mescolano – non rappresentano un campione rappresentativo del peggio, ma della media. Quello che, sinceramente, è poco tollerabile è che siano scritte quasi come un libro di testo in cui il professionista di turno intende spiegare al mondo cos'è la geofisica e la sismologia, andando inevitabilmente incontro a svarioni, ingenuità e sciocchezze che danno immediatamente una pessima impressione. Il colpo finale arriva quando, dopo aver fatto una risibile sintesi dello scibile umano in fatto di sismologia, le analisi presentate risultano spessissimo inconsistenti e bislacche.

Consiglio: manteniamo un profilo basso senza fare il passo più lungo della gamba. Un po' di umiltà e sincerità possono compensare, in termini umani, le manchevolezze tecniche, ma il contrasto che si nota spesso tra grandi proclamazioni di competenza e inconsistenza delle analisi svolte è una cosa estremamente irritante anche e soprattutto per il committente che, prima o poi, rischia di scoprire il gioco.

Voltiamo ora pagina e andiamo avanti. Nella relazione sismica per la ristrutturazione di un importante ponte (oltretutto con notevolissime implicazioni di carattere storico) si legge (riferendosi a una curva HVSR): *«tale picco di 17,2 Hz è probabilmente imputabile alla risonanza di circa 50 m di coperture sovrastanti un riflettore stratigrafico semi-rigido che funge da strato assimilabile a bedrock sismico»*.

17,2 Hz associati a una profondità di 50 m? Siamo sulla Terra o su Plutone?

Nella relazione, il *bedrock* sismico – ricavato a quanto pare di capire da HVSR e cosiddette "MASW" (figura 1.5) è posto a 6,7 m di profondità (viene infatti presentato un



Acquistalo