

Gennaio-Aprile 2014

gm 53



Rivista Ufficiale dell'Ordine dei Geologi delle Marche



GEOLOGI MARCHE

Risorse per il territorio e la sostenibilità ambientale

SOMMARIO

IN MEMORIA DI GIANCARLO CREMA (1938-2014)

Geol. Piergiacomo Beer - Geol. Andrea Pignocchi 2

IL PUNTO DEL PRESIDENTE

Al Presidente del Consiglio dei Ministri Matteo Renzi.
Proposta dei geologi delle Marche per una politica di
prevenzione e di mitigazione dei rischi idrogeologici

Geol. Andrea Pignocchi 3

DALL'UNIVERSITA'

Maggio, 2014: Siamo alle solite.
E' ora di cambiare la rotta!

Prof. Farabollini P. - Dott. Materazzi M. 4

PROFESSIONE E SOCIETA'

Modellazione sismica tramite gli approcci semplificati (NTC2008),
analitico/speditivi (TC4) e risposta sismica locale 1D (RSL).

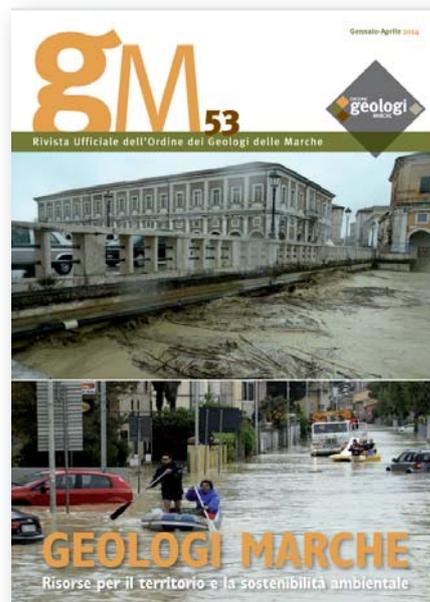
Applicazione ad un caso reale e confronto dei risultati

Geol. Fabio Rossi (libero professionista) 11

RECENSIONI

Dubbi certi (rubrica di recensioni ed osservazioni varie)

Geol. Fabio Lattanzi 45



Periodico quadrimestrale edito
dall'Ordine dei Geologi delle Marche
registrato al Tribunale di Ancona
al n. 11/08 del 09/05/2008

Composizione Consiglio:

| | |
|-------------------------|-----------------|
| Andrea Pignocchi | Presidente |
| Sara Prati | Vice Presidente |
| Cinzia Marucci | Segretario |
| Daniele Mercuri | Tesoriere |
| Cesare Bisiccia | Consigliere |
| Michele Gliaschera | Consigliere |
| Fabio Lattanzi | Consigliere |
| Marco Materazzi | Consigliere |
| Paola Pia Pino D'Astore | Consigliere |
| Filippo Piscaglia | Consigliere |
| Fabio Vita | Consigliere |

Direttore Responsabile:

Andrea Pignocchi

Direttore di Redazione:

Fabio Lattanzi

Comitato di Redazione:

Andrea Pignocchi, Sara Prati, Cinzia Marucci,
Daniele Mercuri, Cesare Bisiccia,
Michele Gliaschera, Fabio Lattanzi,
Marco Materazzi, Paola Pia Pino D'Astore,
Filippo Piscaglia, Fabio Vita

Comitato scientifico:

Piero Farabollini
Gilberto Pambianchi
Mario Tramontana

Pubblicità:

Ordine dei Geologi delle Marche
60121 Ancona - Corso Garibaldi, 28
Tel. 071 2070930

Impaginazione:

Tecnoprint srl Ancona

N° 53 Anno XVIII - 2014

In memoria di Giancarlo Crema (1938-2014)



Ho conosciuto un uomo, un uomo capace, vero, gentile, preparato professionalmente e umanamente ricco, un uomo che ha saputo condurre la sua vita secondo principi di equità e giustizia, leale verso gli altri, generoso verso i suoi studenti cui ha fatto dono con passione del suo sapere e disponibile verso i colleghi per i quali ha rappresentato una risorsa preziosa.

Ho conosciuto un uomo, non solo un professionista ma un uomo da cui ho imparato molto, che ha inciso nella mia vita e che resterà dentro di me.

Ho conosciuto un uomo giusto.

Ho conosciuto Giancarlo.

Piergiacomo Beer

Giancarlo, chi come me ha avuto il privilegio di conoscerti non potrà mai dimenticarti.

Il tuo stile, la tua signorile semplicità la tua affabilità sono doti riconoscibili in ogni tuo gesto, in ogni tua parola.

Ti sei sempre contraddistinto, oltre che per le grandi capacità e conoscenze tecniche, anche per le straordinarie doti umane.

Personalmente ricordo all'inizio della mia attività professionale le volte che ti chiedevo consigli e tu, caro Giancarlo, mi invitavi a casa tua a Fano, eri prodigo di suggerimenti, non lesinavi consigli.

Avevi la straordinaria dote di chiarire tutti i dubbi, trasferendo le tue conoscenze con semplicità e precisione.

Oggi ti vogliamo ricordare noi tutti per il prestigio, che con il tuo operato, hai dato alla nostra categoria. Tu rappresenti e continuerai a rappresentare un esempio per la tua integrità morale e professionale.

Ciao Giancarlo, ci mancherai, ma il ricordo di te rimarrà vivido nei nostri cuori.

Andrea Pignocchi

**CREPE?
FRANE?
IL TUO
PROBLEMA
FINISCE
QUI**

Geostudio Ligi
Fondazioni Speciali s.r.l.

40 ANNI DI ESPERIENZA IN...

CONSOLIDAMENTI:
INIEZIONI:
SONDAGGI GEOGNOSTICI:
FORI DRENANTI
CONSULENZE ED INDAGINI

MICROPALI, BERLINESE, TIRANTI
CEMENTO, RESINE ESPANDENTI
CAROTAGGIO CONTINUO

Urbino (PU) Tel. +39 0722 329050
mobile +39 347 6175710/340 4927905 www.geostudioligi.com

Al Presidente del Consiglio dei Ministri Matteo Renzi. Proposta dei geologi delle Marche per una politica di prevenzione e di mitigazione dei rischi idrogeologici

Il 3 maggio siamo stati per l'ennesima volta testimoni di un evento calamitoso che ha colpito numerose zone delle Marche, in particolare Senigallia e la valle del Misa. Senza dimenticare le vittime; in questi giorni si sta adempiendo alla conta dei danni che sono ingentissimi. Si parla di centinaia di milioni di euro. Questo è il prezzo molto salato che la collettività si trova sempre più frequentemente a pagare per la mancata manutenzione di un territorio reso ancora più fragile per l'incapacità tutta politica di destinare, con una opportuna programmazione, i fondi necessari alla cura dei corsi d'acqua. Il tema del rischio idrogeologico è stato affrontato da molti in questo periodo di campagna elettorale, la stampa e i mass-media locali e nazionali, anche grazie al lavoro del Consiglio Nazionale dei Geologi, trattano il tema sempre più frequentemente, è aumentata moltissimo la sensibilità rispetto all'argomento. Tutto ciò è molto importante ma non basta. Bisogna fare subito quello che i geologi delle Marche sostengono da tempo: investire nella prevenzione. Questo si traduce concretamente in un piano finanziario pluriennale di investimenti, finalizzato alla progettazione e alla realizzazione di opere urgenti e in un programma di interventi di periodica e regolare manutenzione dei principali corpi idrici superficiali e del cosiddetto reticolo idrografico minore. Se chi ha il potere politico non decide di destinare denari a questo scopo ci troveremo purtroppo, presto o tardi, a ripetere gli stessi concetti. A questo punto a fronte di costi enormi per la gestione dell'emergenza non è un motivazione sostenibile la mancanza di risorse. Queste vanno trovate, anche attingendo ai finanziamenti europei. Tra l'altro ciò produrrebbe una ricaduta positiva in termini occupazionali, nell'aumento dei redditi imponibili per professionisti e imprese e, quindi, un ritorno importante in chiave economica. Tali principi che noi riteniamo fondamentali, sono alla base del documento che in occasione della visita a Pesaro del 16/05/2014, l'Ordine dei Geologi delle Marche ha fatto recapitare al Presidente del Consiglio Matteo Renzi, per mano della senatrice On. Camilla Fabbri.

Il perpetrarsi di eventi disastrosi che hanno colpito le Marche, al pari di tutto il paese, con danni rilevantissimi e perdite di vite umane, rende indifferibile l'adozione di misure concrete di prevenzione e di mitigazione dei rischi.

I geologi che per formazione culturale e professionale sono figure competenti, capaci di leggere e comprendere i processi e l'evoluzione del territorio, invitano il governo da Lei presieduto ad avviare urgentemente una precisa missione politica a favore, prima di tutto, della sicurezza del cittadino e poi a salvaguardia dell'ambiente.

Egregio Signor Presidente, le nostre proposte concrete sono:

- **Politica di sviluppo responsabile del territorio:** impiego di tecnici in grado di leggere e capire il territorio e il suo evolversi; i geologi devono poter essere componente manageriale strategica per superare definitivamente la logica della difesa a posteriori a favore di un progetto politico che intervenga sulle cause che hanno generato i recenti disastri.
- **Operare per un territorio sicuro:** prevenire il rischio pianificando gli interventi di prevenzione e mitigazione, supportandoli con un piano di investimenti pluriennali. La salvaguardia del territorio coincide con la sicurezza dei cittadini, sia nella sfera familiare, sia nell'ambito lavorativo.
- **Il dissesto idrogeologico e ripresa dell'economia:** maggiori investimenti da destinare alla previsione e prevenzione dei rischi idrogeologici, con una "spending review virtuosa" che destini risorse a favore di attività realmente produttive ad appannaggio della sicurezza, del territorio, dell'ambiente. A tal fine riteniamo necessarie strategie operative che consentano di spendere le risorse rese disponibili con la certezza di conseguire l'obiettivo nei tempi programmati. La logica che riteniamo debba essere introdotta è quella della "filiera corta": chi fa che cosa; tempi programmati e certi; garanzia del conseguimento dell'obiettivo. I maggiori investimenti potranno anche realizzarsi rivedendo il "patto di stabilità", ciò consentirebbe subito di intervenire con le misure più urgenti e introducendo la figura del "geologo di zona".
- **Cultura geologica:** riteniamo fondamentale altresì rilanciare la cultura geologica del nostro paese, dando nuova spinta alle scienze della terra ed introducendo programmi scolastici mirati che diffondano la cultura del territorio creando una coscienza geologica nei cittadini.

Egregio Signor Presidente,

La missione a cui i geologi vogliono e possono dare un contributo operativo fondamentale è garantire la sicurezza del cittadino rispetto ai rischi idrogeologici, difendendo il territorio e l'ambiente, rilanciando nel contempo un settore economico strategico.

Ancona, 16 maggio 2014

Il Presidente
Andrea Pignocchi



LA SALVAGUARDIA
DEL TERRITORIO E DELLA POPOLAZIONE DAL
RISCHIO SISMICO

CONVEGNO NAZIONALE
11 - 12 SETTEMBRE 2014
SAN BENEDETTO DEL TRONTO (AP)



CONSIGLIO NAZIONALE
DEI GEOLOGI



PER INFORMAZIONI E ISCRIZIONI

maristella.becattini@cngeologi.it
www.cngeologi.it

Maggio, 2014: Siamo alle solite. E' ora di cambiare la rotta!

Prof. Farabollini P. & Dott. Materazzi M. - Università degli Studi di Camerino - Sezione di geologia

INTRODUZIONE

In Italia 6 milioni di persone vivono nei 6631 comuni che presentano almeno una situazione di elevato rischio idrogeologico. Nel nostro Paese vi sono 29.500 Km² ad alta criticità idrogeologica. Dall'inizio del '900 ad oggi abbiamo avuto più di 4000 eventi gravi, di cui 1600 hanno prodotto vittime, gli sfollati sono stati più di 700.000 ed incalcolabili i danni all'economia italiana. In Italia più di 6000 edifici scolastici sono in aree potenzialmente ad elevato rischio idrogeologico. Nelle Marche il 10% delle scuole è in aree potenzialmente ad elevato rischio idrogeologico".

I dati del Rapporto Cresme dell'ottobre 2010, finanziato dal Consiglio Nazionale dei Geologi, Ancora oggi, dopo l'ennesima tragedia che ha visto soccombere una cittadina come Senigallia, parlano chiaro e in questa chiarezza, è oltremodo evidente come non si possa più procrastinare quelle buone norme che prevedono opere di prevenzione piuttosto che rincorrere, come fatto finora, l'emergenza.

Senigallia: una città devastata, 120mm di pioggia in 24ore (circa 3 milioni di metri cubi d'acqua caduta), 250 sfollati, tonnellate di fango e rifiuti e centinaia di volontari che hanno lavorato ininterrottamente per cercare di salvare il salvabile.

LA SCIENZA E LA TECNICA

La causa oramai la conosciamo tutti, dai privati alle autorità, dai Vigili del fuoco ai volontari della Protezione civile. Disprezzo e violazione di ogni norma di pianificazione del territorio; taglio drastico dei fondi per il rischio idrogeologico; incapacità ed incompetenze tecnico-amministrative.

Queste piogge hanno riproposto situazioni e criticità già note per la loro ricorrenza. Il territorio marchigiano ha dovuto subire più volte, e con sempre maggior frequenza, eventi disastrosi legati a precipitazioni meteoriche che vengono considerate anomale (per effetti mediatici vengono definite "bombe d'acqua") ma che di anomalo hanno solamente il fatto che si ripropongono

con tempi di ritorno molto più brevi rispetto al passato, e non certo per la quantità di pioggia caduta.

E l'aggravante? Scarsi o nulli interventi riguardo la pianificazione e programmazione territoriale; fossi ostruiti, alvei dei fiumi completamente pieni, alberi caduti, fossi demaniali in condizioni pietose, fogne otturate da detriti, fossi di banchina inesistenti, tratti di scarpata a rischio frana. E chi più ne ha più ne metta!

Queste piogge hanno riproposto situazioni e criticità già note per la loro ricorrenza, a cui se ne sono aggiunte di nuove come conseguenza della crescente antropizzazione, del sempre più manifesto abbandono dei coltivi, della carenza di interventi manutentori del territorio, dell'inesistente pulizia ordinaria e straordinaria dei fiumi e dei torrenti.

"In Italia dal 2009 al 2012 i fondi per il rischio idrogeologico, sono passati da 551 ad 84 MLN di euro. La naturalità dei fiumi e delle pianure alluvionali dove il fiume stesso scorre, è stata via via modificata se non completamente cambiata attraverso restringimenti di alveo, cementificazione degli argini, impermeabilizzazione delle aree golenali dei fiumi, rettificazioni e modificazioni della sinuosità, interruzioni dei deflussi, realizzazione di canalizzazioni e di opere in cemento armato e/o in muratura. Questi interventi si sommano a quelli che vedono la modificazione dei versanti attraverso l'abbandono dei coltivi, alla carenza di opere di contenimento dall'erosione meteorica e di sistemazione idraulica, alla mancanza di manutenzione dei fossi di scolo di raccordo con il reticolo idrografico minore e di quest'ultimo con il fiume stesso.

Alla fragilità naturale del territorio, si sono sommati l'**urbanizzazione selvaggia che ha ridotto i tempi di corruzione delle acque meteoriche**, scellerato consumo del suolo, disboscamenti senza programmazione, **quartieri costruiti negli alvei**, disprezzo e violazione di ogni norma di pianificazione. L'abusivismo e l'illegalità sono stati tra le cause principali dello scempio del nostro territorio, con i conseguenti conteggi di danni, distruzioni e lutti.

Se dobbiamo anche in questo caso richiamare i tanto conclamati “cambiamenti climatici”, dobbiamo anche ragionare in termini di “ripristino degli spazi di pertinenza fluviale” a scapito degli “spazi di previsione urbanistica”. La manutenzione ordinaria e straordinaria, permette, in prima battuta, di mantenere il corso d’acqua in grado far defluire le piene ordinarie, ma nel caso in cui, come nei giorni passati, gli eventi meteorici siano concentrati in poche ore, la sola manutenzione ordinaria non è più sufficiente, date le caratteristiche morfologiche dei fiumi e degli alvei, notevolmente trasformate rispetto al passato. Il territorio è la più grande infrastruttura, la sua salvaguardia non può più aspettare. Non è più possibile prescindere dall’attuazione di misure rigide e ragionate finalizzate a garantire ad ampio raggio adeguati interventi nell’ottica di un concreto cambio di rotta e solamente quando la cultura della emergenza sarà radicalmente sostituita da quella della prevenzione potremo ritenerci soddisfatti.

LA NORMATIVA

La normativa esiste e parla anche chiaro, ma come molte altre cose, anche le norme tuttavia possono su-

bire modifiche, rettifiche, interpretazioni.

L’alluvione di Senigallia ne è il più fulgido esempio che può essere evidenziato attraverso l’utilizzo di esempi e stralci cartografici, di seguito riportati che riguardano: l’area interessata dall’evento alluvionale (fig.1), il PAI prima adozione (fig.2), le Richieste di riduzione del rischio (fig.3) ed infine il PAI seconda adozione (fig.4).

Senigallia: *“Una città devastata, 13 milioni di metri cubi d’acqua cadute in sei ore, tre morti, 250 sfollati, tonnellate di fango e rifiuti e centinaia di volontari che lavorano ininterrottamente da giorni. Sono queste le cifre del diluvio che ha interessato nei giorni scorsi le Marche, colpendo con particolare durezza Senigallia, lo stesso comune che nel 2010 è stato valutato “Il più sicuro d’Italia” nel Monitoraggio sulle attività delle amministrazioni comunali per la mitigazione del rischio idrogeologico. Lo studio assegnava un voto analizzando sia gli aspetti legati alla prevenzione e alla urbanizzazione, sia quelli legati al piano di emergenza e alla corretta informazione della popolazione. Senigallia con una valutazione di 9,5/10 è risultato il miglior comune di tutto il territorio italiano”* (tratto dalla Rubrica Galileo del Messaggero del 13 maggio 2014 di Francesco Martinelli). (fig.1 - sotto)





Fig.1 - Settori maggiormente colpiti: frazione di Borgo Bicchia (zona più vicina alla rottura degli argini); procedendo verso il mare Borgo Molino (la zona Ipersimply), il campus scolastico, via Capanna, via Marche, viale Anita Garibaldi, via Mercantini, via Venezia, via Trieste, viale Matteotti, Viale IV Novembre, e tutte le vie limitrofe compresa la storica zona della chiesa del Portone. Infine coinvolta anche la strada statale adriatica e parte del lungomare di levante. (<http://www.senigallianotizie.it/1327354730/la-mappa-dellalluvione-a-senigallia-del-3-maggio-2014/20140504-schema-alluvione-misa>).

Nell'immagine sopra, si riporta l'area interessata dall'evento alluvionale.

A seguito degli eventi di novembre, dicembre 2013 e successivamente di febbraio 2014, e prima ancora di quelli del maggio 2014 (http://www.geologimarche.it/wp-content/uploads/2013/12/GEOLOGI_MARCHE_521.pdf), la Regione Marche ha approvato due provvedimenti che, pur con ricadute sulle nostre attività, per le implicazioni metodologiche ed operative che potrebbero interessare i geologi, tuttavia derivano da consultazioni che non vedono il Consiglio Nazionale dei geologi né tantomeno l'Ordine dei Geologi della Marche, tra i partecipanti ai tavoli di lavoro. Tali norme, sulla Riqualificazione fluviale in attuazione della LR 31/12 (http://www.norme.marche.it/Delibere/2014/DGR0035_14.pdf) e sulla Compatibilità idraulica ed Invarianza idraulica in attuazione della LR 22/11 (http://www.norme.marche.it/Delibere/2014/DGR0053_14.pdf),

A seguito dell'emanazione della prima norma, dove si permette la "valorizzazione del materiale lapideo e legnoso" (ma di fatto si permette l'escavazione in alveo),

il Consiglio Nazionale dei Geologi insieme all'Ordine dei Geologi delle Marche, hanno chiesto di incontrare l'assessore Giorgi ed i Presidenti delle Province marchigiane, al fine di collaborare alla stesura delle linee guida che la stessa norma era obbligata a redigere. Tuttavia pochi sono stati gli incontri e nello specifico con il Commissario Prefettizio della Provincia di Ancona (22 gennaio 2014), con il Presidente della Provincia di Ascoli Piceno (05 febbraio 2014) e con l'Assessore all'Ambiente della Provincia di Pesaro e Urbino (18 febbraio 2014).

Tutti gli incontri hanno ribadito la necessità di parlare di prevenzione e di riqualificazione fluviale, evitando di ricorrere all'emergenza e soprattutto di sovraccaricare gli uffici tecnici di incombenze e procedure che renderebbero ancora più difficile e farraginoso la semplice manutenzione ordinaria e straordinaria. Le tre province con le quali è stato possibile incontrarsi hanno lamentato infatti la mancanza di uno snellimento nell'operare in attuazione alla norma, che prevede la progettazione di piani a scala di bacino idrografico composti dalla sommatoria dei singoli interventi sulle aste fluviali. Tali piani,

che andrebbero sottoposti a VAS, vedrebbero poi il singolo intervento sottoposto a VIA, rendendo inefficace lo spirito di urgenza della norma stessa.

Dal punto di vista prettamente tecnico e scientifico invece è necessario invece operare in diverse direzioni dove le modificazioni antropiche ai sistemi fluviali debbono essere distinte tra dirette (nel senso di definite e progettate) e indirette (che sono per lo più involontarie). Le modifiche dirette al letto o alle sponde di un corso d'acqua vengono di solito concepite a scopo di risorsa (per approvvigionamento idrico, produzione di energia elettrica, estrazione di ghiaia...) o di difesa, in caso di progettazione di interventi strutturali per la difesa da fenomeni di esondazione. Tali attività sono state spesso accompagnate da fenomeni di ripulitura della vegetazione ripariale o di materiali legnosi presenti in alveo. Per interventi indiretti si intende invece tutta una serie di attività condotte per lo più in aree limitrofe o anche lontane dall'alveo principale, che possono determinare cambiamenti nella portata o nel carico solido del fiume stesso (cambiamenti dell'uso del suolo sui versanti, drenaggi, prelievi idrici).

Anche se le conseguenze degli interventi indiretti pos-

sono sembrare meno importanti, molto spesso avvengono su più vasta scala e con effetti ritardati: pertanto può risultare molto difficile distinguere le risposte del fiume a scala locale legate ad interventi antropici diretti, da quelle a scala di bacino, verificatesi come conseguenza di quelli indiretti. L'impatto dei processi di antropizzazione (diretti o indiretti) può quindi essere compreso a pieno solo con un monitoraggio a lungo termine e su vasta scala dei processi fluviali, valutando contestualmente anche la possibile evoluzione naturale in assenza di condizionamenti. La stessa Legge 183/89 e la successiva Legge 267/98 stabiliscono che l'unità fisiografica di riferimento in ambito fluviale sia il bacino idrografico, evidenziando appunto che gli studi e gli interventi sui fiumi debbano essere effettuati tenendo in considerazione una scala di riferimento più ampia e completa.

CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

Fermo restando le premesse di cui sopra, occorre innanzitutto concordare sul concetto di "fiume" o di "corso d'acqua".

La definizione di U.O.G. (fornita al punto 4 delle Linee

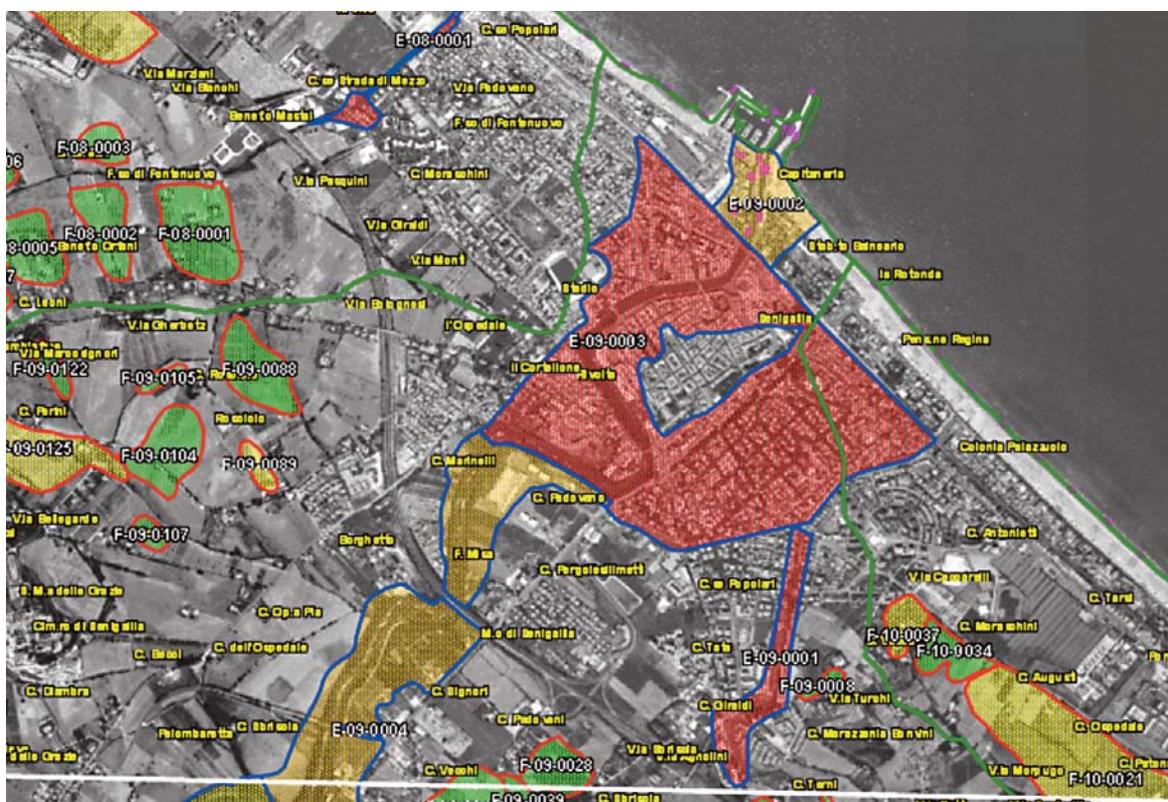


Fig.2 - La Carta PAI Prima adozione tratta da dati già esistenti, evidenzia come tutta l'area del centro abitato sia a rischio idrogeologico per alluvione molto elevato con grado di rischio pari a R4.

http://www.autoritabacino.marche.it/pai/ElabGra/cd2/TAV_RI01-RI27/tav_ri14.pdf.

In quest'ottica qualsiasi elemento, naturale o di origine antropica (sbarramenti, diversioni, restringimenti della sezione valliva, brusche variazioni del profilo longitudinale... ecc.) che interrompe la continuità idrologica di un corso d'acqua, deve essere considerato (e valutato) all'interno di una U.O. e non necessariamente (anche se a volte potrebbe realmente coincidere) come punto di origine della stessa.

Anche la classificazione dei tratti fluviali sulla base delle forme di fondo appare quantomai riduttiva e in certi casi fuorviante. La classificazione dei tratti montani dei corsi d'acqua come quasi esclusivamente di tipo "Cascade (rapida)" e/o a "Step-pool".... o "Riffle-pool"e i tratti collinari come "misti di Step-pool e Plane-bed..... e forma di fondo a "Dune-ripple", non si applica se non localmente ai fiumi marchigiani dove una grossa percentuale dei materiali costituenti il fondo degli alvei, anche nei tratti medio terminali, sono costituiti dallo stesso materiale (prevalentemente ghiaioso) presente nei tratti montani e dove le caratteristiche geometriche (tratti brevi e con elevato gradiente) e geomorfologiche (tratti prossimali incassati e tratti distali liberi e divaganti) sono fortemente condizionanti il trasporto ed il regime idraulico fluviale.

In quest'ottica, per una corretta comprensione della problematica, ci si deve necessariamente riferire a quanto riportato alla Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE (WFD), che basa la valutazione e il monitoraggio delle condizioni idromorfologiche dei corsi d'acqua sulla valutazione dello scostamento delle condizioni attuali rispetto ad un cosiddetto "stato di riferimento". Tale stato di riferimento, d'accordo con la maggior parte degli studi a livello internazionale, non può coincidere con una situazione "primitiva" completamente indisturbata; al contrario si rimarca sempre di più la necessità di fare riferimento ai processi piuttosto che alle forme e considerare aspetti connessi con l'evoluzione morfologica. Per meglio comprendere l'importanza di quest'ultima ai fini della gestione attuale e futura dei corsi d'acqua, forse sarebbe utile applicare il concetto di "traiettoria" recentemente sempre più utilizzato in letteratura internazionale (Brierley & Fryirs, 2005 e 2008; Dufour & Piégay, 2009): tale concetto evidenzia il fatto che il corso d'acqua, nelle sue attuali condizioni, è il risultato di una "traiettoria" più o meno complessa di variazioni morfologiche in risposta a modificazioni di alcune variabili di controllo. La comprensione di tale traiettoria e dei legami causali tra variabili guida e morfologia del corso d'acqua è fondamentale, non per tendere ad un recupero di una condizione passata (non più realizzabile in

quanto nella maggior parte dei casi sono cambiate le variabili di controllo), quanto piuttosto per capire quali possano essere i trend futuri. In sintesi, sulla base di quanto detto, lo stato di riferimento di un corso d'acqua deve essere identificabile in prima approssimazione con quelle condizioni idromorfologiche che esisterebbero, nelle attuali condizioni del bacino, in assenza di influenza antropica in alveo, nelle zone riparie e nella pianura adiacente.

Per tutti questi motivi si ritiene che la suddivisione di queste UU.OO. non possa prescindere dall'effettuazione di studi di dettaglio a carattere idrogeomorfologico e idrologico-idraulico. Tali studi dovrebbero evidenziare tra gli altri i caratteri geomorfologici (la continuità longitudinale e laterale; la configurazione morfologica o pattern; la configurazione della sezione; la struttura e il substrato dell'alveo; le condizioni di confinamento, ovvero la percentuale di lunghezza del corso d'acqua con sponde non a contatto con la pianura, bensì con versanti o terrazzi antichi; il contatto diretto con elementi che impediscono la mobilità laterale) ed i caratteri idrologico-idraulici (quali velocità e altezza del tirante idrico in regime ordinario e di piena; portate liquide e solide).

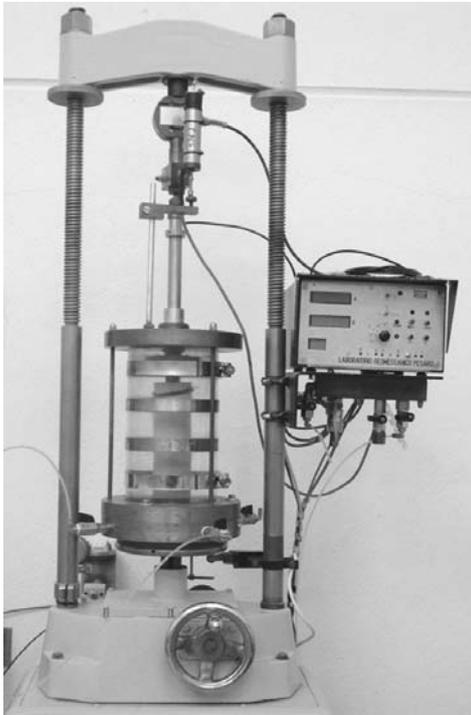
Tutte le indagini e le operazioni descritte, devono tuttavia necessariamente passare per una conoscenza integrata del sistema fiume, che include ovviamente la componente botanico-vegetazionale per lo studio degli ambienti ripari, quella ecologica relativamente agli ecosistemi delle acque dolci (alghe, macroinvertebrati, pesci.....), ma soprattutto quella, come già evidenziato, idrogeomorfologica e idrologico-idraulica, di sicura quando non esclusiva competenza del geologo. Progetti di tale natura e di tale complessità dovrebbero quindi essere condotti, di concerto con le Autorità idrauliche competenti (Province) e ognuno per le proprie specifiche competenze, da Enti e strutture vocate allo studio e al controllo del territorio (Ordini professionali e Università) nella fase progettuale e da liberi professionisti (geologi, botanici, ingegneri....), opportunamente coordinati, nella fase esecutiva.

In definitiva, fermo restando la necessità di dover porre rimedio ad oggettive condizioni di criticità degli alvei marchigiani, si auspica che le osservazioni suddette possano persuadere tecnici e politici sulla necessità di rivedere la struttura e soprattutto l'impostazione delle Linee Guida, permettendo altresì la partecipazione dei suddetti soggetti (Ordini professionali e Università) ad un eventuale (e quantomai auspicabile) revisione delle stesse.



LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI *dal 1979*

Via Cairo, snc
61024 Mombaroccio (PU)
Tel. 0721 470043 - Fax 0721 920260
e-mail info@laborazi.it
www.laborazi.it



Settori di prova:

- terre
- rocce
- aggregati
- terre stabilizzate
- conglomerati bituminosi
- geosintetici
- tarature
- strutture



2014: 35° anno di attività



Accreditamenti ministeriali:

- autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti secondo l'articolo N. 59 del DPR n. 380/01
- iscrizione all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del Ministero dell'Università e della Ricerca

Altri accreditamenti:

- qualifica gruppo ENI
- qualifica SPEA
- sistema di gestione ISO 9001

MODELLAZIONE SISMICA TRAMITE GLI APPROCCI SEMPLIFICATI (NTC2008), ANALITICO/SPEDITIVI (TC4) E RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D (RSL). APPLICAZIONE AD UN CASO REALE E CONFRONTO DEI RISULTATI.

Geol. Fabio Rossi - *Libero professionista*

RIASSUNTO

La Modellazione sismica di un'area serve a determinare lo Spettro di risposta elastico, lo Spettro di progetto è l'accelerazione orizzontale massima (A_{gmax}) su suolo rigido di categoria "A", corretta dalle amplificazioni locali. Tali parametri sono utilizzati dallo strutturista, assieme ad altri fattori, nell'analisi quantitativa di verifica.

Il presente articolo illustra, per un caso reale a fini applicati, passo passo, le tre diverse metodologie che possono essere applicate per tale compito, con relativo confronto dei risultati ottenuti. Le metodologie sono:

- 1) Approccio semplificato tramite le Categorie di suolo NTC2008.
- 2) Approccio analitico/speditivo (microzonazione di 2 livello) tramite metodologie definite anche nel Manuale Internazionale TC4.
- 3) Approccio rigoroso (microzonazione di 3 livello) tramite la valutazione della Risposta sismica locale (RSL), attraverso l'uso di accelerogrammi naturali normalizzati al sito di riferimento. Tale approccio è ritenuto la via ufficiale dalle Norme tecniche per le costruzioni NTC2008 (Cap. 3.2.2 e Prg. 7.11.3).

1. INTRODUZIONE

Con il presente articolo vengono mostrate le tre differenti metodologie che possono essere adottate per la Modellazione sismica di un sito di progetto.

Nel seguito verrà discusso un caso reale, rappresentato dal progetto di realizzazione di numero tre ville in Provincia di Macerata, in area di versante alluvionale terrazzata.

Condizioni vincolante per la Redazione di una Modellazione sismica corretta, a prescindere dalla Metodologia adottata, è sempre data da una buona Modellazione geologica.

Per il progetto in oggetto sono stati eseguiti:

- n. 2 sondaggi a carotaggio
- n. 3 prove penetrometriche pesanti DPH
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH
- n. 3 prove geofisiche di tipo HVSR
- n. 1 prova geofisica di tipo MASW

La stratigrafia sismica del sito è costituita, in modo semplificato, dall'alto verso il basso da:

- coltre eluviale argillosa limosa dello spessore di circa 2 metri a bassa impedenza sismica (con $V_s \cong 150\div 180$ m/sec)
- coltre alluvionale a granulometria medio-fine limosa argillosa sabbiosa con inclusioni ghiaiose minute, di spessore variabile da 2 a 6 mt a bassa impedenza sismica (con $V_s \cong 80\div 190$ m/sec)
- substrato argilloso siltoso marnoso a media impedenza sismica (con $V_s \cong 360$ m/sec) di spessore pari a circa 13 metri

- substrato argilloso marnoso ad alta impedenza sismica (con $V_s \cong 650$ m/sec) di spessore pari a circa 65 metri
- substrato sismico di fondo ad alta impedenza sismica (con $V_s \cong 750$ m/sec) di spessore circa 100 metri
- bedrock sismico ad altissima impedenza sismica (con $V_s \cong 1200$ m/sec) rilevato a circa 180 metri di profondità sul piano di campagna.

L'area ricade in zona sismica 2, con valori d'accelerazione e probabilità di superamento al 10% in 50 anni pari a: $A(g) = 0.15 \div 0.25$, mentre la Categoria di suolo, desunta dall'interpretazione delle prove geosismiche, è secondo normativa: **"C"** (V_{s30} mediata = **358** m/sec).

2. SCELTA DELL'INPUT SISMICO DI BASE

La prima informazione necessaria per la definizione dell'input sismico è l'accelerazione di base del sito di progetto $A(g)$. Per la definizione di tale parametro sono necessarie al modellista alcune informazioni relative al progetto ed alla sua localizzazione spaziale.

In sintesi i parametri necessari sono i seguenti:

- Coordinate del sito;
- Vita di riferimento (V_r) definita come moltiplicazione della Vita nominale (V_n) e del Coefficiente d'uso (C_u) derivanti dalla scelta progettuale;
- Stati limite a cui equivarranno differenti $A(g)$ in funzione dei differenti periodi di ritorno T_r .

Questa operazione può essere eseguita usufruendo di software gratuiti offerti dalle rete, come il foglio di calcolo Spettri-NTC versione 1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la stima dell'azione sismica di progetto, piuttosto che il software gratuito on-line gestito dalla GEOSTRU e scaricabile al link: <http://www.geostru.com/geoapp/parametrisismici.aspx>

Si rappresenta che le coordinate di progetto devono essere espresse in gradi sessadecimali e nel sistema di riferimento ED50.

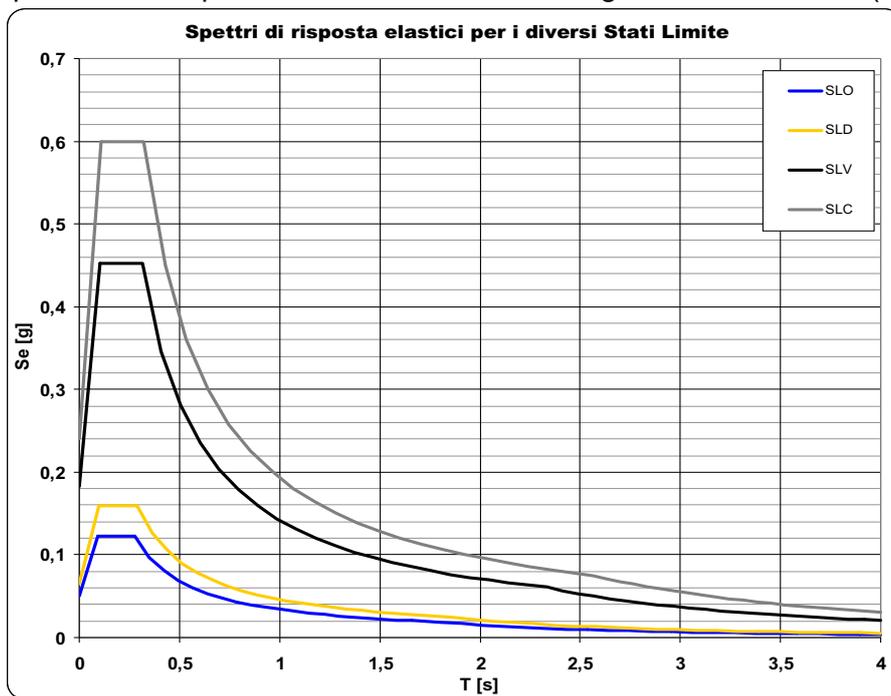
Per il caso in studio i valori di base del quadro sismico sono espressi di seguito (Tabb. 1, 2 e 3):

| PROGETTO: "Realizzazione n. 3 ville" | |
|--|----------------|
| PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA "VR" | 50 ANNI |
| CLASSE D'USO "CU": (NORMALI AFFOLLAMENTI) | 1,0 |
| ZONA SISMICA: | 2 |
| CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: | C |

| manufatti | Coordinate | Longitudine | Latitudine |
|-----------|------------|-------------|------------|
| Ville | WGS84 | 13.58.... | 13.58.... |
| Ville | ED50 | 13.58.... | 43.28.... |

| Valori dei parametri sismici associati a ciascuno Stato Limite | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|----------------|--|
| STATO LIMITE | A_g [g] | F_o [-] | C_c [-] | T_c^* [s] | $A_g \text{ max}$ [m/sec ²] |
| SLO | 0.051 | 2,410 | 1,60 | 0,278 | 0,500 |
| SLD | 0.064 | 2,461 | 1,58 | 0,289 | 0,628 |
| SLV | 0.183 | 2,470 | 1,50 | 0,313 | 1,795 |
| SLC | 0.240 | 2.497 | 1,53 | 0,321 | 2,354 |

Lo spettro di risposta elastico per i diversi Stati Limite è di seguito schematizzato (Grafico 1).



3. APPROCCIO SEMPLIFICATO

Nell'approccio semplificato tramite le Categorie di sottosuolo NTC2008, la valutazione della accelerazione sismica di picco al suolo è espressa dalla relazione:

$$Ag_{STA} = Ag \times S = Ag \times (S_s \times S_T)$$

Con:

“S” coefficiente che comprende l'effetto d'amplificazione stratigrafica

(S_s) e d'amplificazione topografica (S_t),

Ag è l'accelerazione attesa su sito rigido.

Senza entrare nel merito della determinazione e/o calcolo dei valori dei parametri "S_s" e "S_t", nota a tutti i professionisti, per l'area di progetto abbiamo:

St = 1,00 (categoria topografica T1, essendo l'area a mezza costa e debole pendenza 5° circa)

Ss = variabile in funzione della Stato Limite

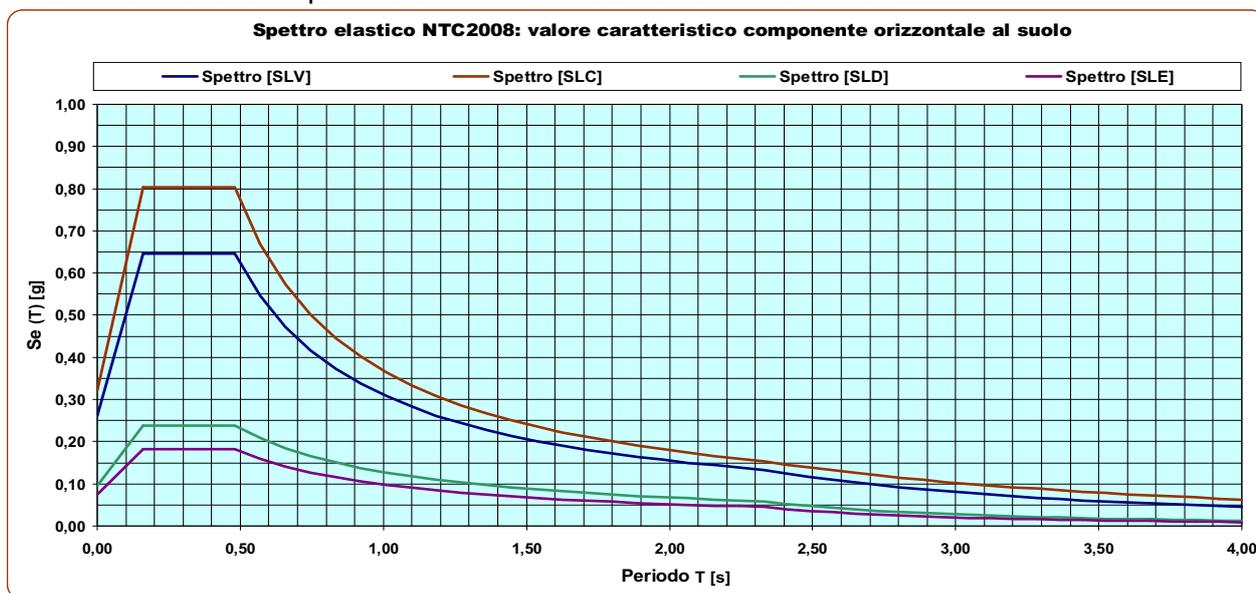
Tenendo conto degli effetti di sito “S_s” e “S_t,” otteniamo (Tab. 4):

| Valori di progetto parametri sismici associati a ciascuno Stato Limite | | | | | | | |
|--|-----------------------|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|
| STATO LIMITE | A _g | St | Ss | A _g | θ | Kh | Kv |
| | [m/sec ²] | [-] | [-] | [m/sec ²] | [-] | [-] | [-] |
| SLO | 0,500 | 1,00 | 1,50 | 0,750 | 0,200 | 0,015 | 0,009 |
| SLD | 0,628 | 1,00 | 1,50 | 0,942 | 0,200 | 0,019 | 0,010 |
| SLV | 1,795 | 1,00 | 1,43 | 2,567 | 0,240 | 0,063 | 0,031 |
| SLC | 2,354 | 1,00 | 1,34 | 3,155 | 0,280 | 0,031 | 0,043 |

3.1 Deduzioni all'Approccio semplificato NTC2008. Tramite l'approccio semplificato previsto dalle NTC2008 il lavoro del geologo potrebbe terminare qua.

Nel caso siano noti (o stimati tramite diverse metodologie) taluni parametri strutturali come il fattore di "q", definito dalla relazione: $[q = q_0 \times K_R]$, è possibile anche la rappresentazione dello Spettro di progetto, sia in forma analitica che grafica, sempre tramite il software gratuito SPETTRI-NTC versione 1.3.0 dell'INGV o un semplice foglio elettronico compilato.

Di seguito è comunque restituito graficamente lo Spettro elastico del sito di progetto (Grafico 2), sebbene la sua ricostruzione utilizzando l'approccio semplificato ha solo un significato accessorio in quanto NON fornisce all'ingegnere nulla di più né nulla di meno di quanto il suo software strutturale riesce a computare autonomamente ed automaticamente.



Tramite l'impiego dei due approcci seguenti, denominati "analitico/speditivo" e "rigoroso" la figura del geologo applicato assume un significato differente.

4. APPROCCIO ANALITICO-SPEDITIVO

Nell'approccio "analitico-speditivo", l'accelerazione orizzontale massima ($A_{g_{max}}$) su suolo rigido di categoria "A", viene determinata tramite differenti metodologie basate sulle caratteristiche topografiche, litostratigrafiche, idrogeologiche del sito e sulla stima in continuo della velocità delle onde di taglio "S" nei livelli di copertura.

Fattori geomorfologici e stratigrafici locali possono infatti modificare le caratteristiche del moto sismico, filtrando le onde nel passaggio dal *bedrock* alla superficie. L'effetto di filtraggio conduce ad una progressiva e/o discontinua redistribuzione dell'energia, con amplificazione del moto vibratorio associato ad alcune frequenze.

Appare evidente a tutti, e numerosi testi di letteratura stanno a dimostrarlo, che la definizione delle sole Categorie di suolo come discriminare di classe sismica non appare sufficiente (anzi alcuni autori la trovano una sciocchezza, ritenendo molto più significative la frequenza di risonanza "f", l'ampiezza "A", la profondità del *Bedrock* sismico, la sua impedenza ecc.), così come l'introduzione del limitativo fattore di amplificazione "S" previsto dalle NTC2008.

Se vale il concetto delle V_{s30} , almeno così dice la norma, allora un suolo con una $V_{s30} = 361$ m/s non può essere considerato alla stregua di un suolo con una $V_{s30} = 799$ m/s (anche se la Categoria di suolo prevista dalle NTC2008, a parità di altri fattori, è per entrambi "B"), così come non possono essere considerate identiche un'area sub-pianeggiata con $F_T = 0^\circ$ ed un'area di versante con angolo di pendenza media $F_T = 14^\circ$ (anche se la normativa prevede che per $F_T \leq 15^\circ$ la categoria topografica, sempre a parità di altri fattori, è T1).

Si tratta, in pratica, di metodi di analisi di livello 2, secondo la definizione data nel Manuale Internazionale TC4, sperimentati in letteratura, che consentono di definire in maniera più razionale gli effetti di sito, ovvero il parametro "S" di amplificazione derivante dalla relazione : $S = S_s \times S_t$ delle NTC2008.

La norma, specie per quanto concerne la definizione del parametro "S", è infatti dal mio punto di vista ambigua, finanche quando riporta la dicitura: "...per situazioni complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale", laddove non si puntualizza quali sono queste situazioni complesse, lasciando (forse giustamente) al tecnico competente (geologo e/o ingegnere) definire la complessità della situazione.

Tramite queste metodologie si determina il FAD (fattore di amplificazione dinamico), che corregge e sostituisce a tutti gli effetti il fattore "S" delle NTC2008.

L'accelerazione sismica di picco al suolo sarà pertanto espressa dalla relazione:

$$Ag_A = Ag \times FAD$$

Trattasi in definitiva di un livello di Microzonazione che introduce l'elemento quantitativo mediante metodologie di analisi numeriche di tipo semplificato.

Nel quadro di tale livello rientra anche la valutazione della frequenza (f) di risonanza tramite strumentazione HVSR, valutazione che si sta attuando nella mappatura del territorio marchigiano nell'ambito del programma regionale di mitigazione del rischio sismico, a seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 del 13.11.2010.

Nel seguito verranno illustrate le principali formulazioni.

4.1 Metodo di Fujimoto-Midorikawa. Nel metodo di Fujimoto- Midorikawa (1997), consigliato nel Manuale TC4 per microzonazioni di 2° livello, l'accelerazione di picco in superficie (A_{max}) è data dal prodotto dell'accelerazione di progetto $A(g)$ per il fattore d'amplificazione sismica FAD al sito. Convenzionalmente in questo metodo viene assunto come bedrock uno strato in cui la velocità delle onde di taglio è > di 600 m/sec.

Il fattore di amplificazione dinamica FAD si esprime con la seguente equazione:

$$FAD = \frac{g^{FDV_s} | F_g \times DV_s^{FV} |^{\pm}}{g}$$

Applicato al caso di progetto, con una $V_{s30} = 358$ m/s, otteniamo:

$$FAD = 1,67$$

4.2 Metodo D.M. 14.01.2008 modificato (2008). Il procedimento indicato non è altro che il metodo su cui si è basato il fattore di amplificazione topografica "ST" previsto dalle NTC2008.

Nella definizione del parametro ST di condizionamento topografico non sono state affatto previste tutte le categorie intermedie di pendenza tra 0° e 30° , ma soltanto categorie fisse: T1, T2, T3 e T4.

Tramite questa metodologia si reintroduce un valore "corretto" di amplificazione, correlato alla effettiva pendenza media del sito di progetto.

La formula che esprime il parametro $S_t(FAD)$ si ottiene interpolando i valori di F_T indicati nelle NTC2008 (con "α" inclinazione MEDIA del pendio) secondo le procedure previste da Borchardt et altri (2001) e da Riga G. (2008):

$$S_t = e^{(tFst \times \alpha)}$$

Pertanto abbiamo:

$$FAD = S_s \times S_t (FAD)$$

Applicato al caso di progetto, con una pendenza media $\alpha = 5^\circ$, otteniamo:

| Stato limite | St NTC | St (FAD) | Ss | S (NTC) | FAD |
|--------------|--------|----------|------|---------|------|
| SLO | 1,00 | 1,06 | 1,50 | 1,50 | 1,59 |
| SLD | 1,00 | 1,06 | 1,50 | 1,50 | 1,59 |
| SLV | 1,00 | 1,06 | 1,43 | 1,43 | 1,49 |
| SLC | 1,00 | 1,06 | 1,34 | 1,33 | 1,42 |

4.3 - Metodo di Joyner & Fumal (1984). Nel metodo di Joyner & Fumal (1984), anch'esso indicato nel Manuale TC4 per microzonazioni di 2° livello, l'accelerazione di picco in superficie (A_{max}) è data dal prodotto dell'accelerazione di progetto $A(g)$ per il fattore d'amplificazione dinamico (FAD) al sito. Convenzionalmente in questo metodo viene assunto come *bedrock* uno strato in cui la velocità delle onde di taglio è $>$ di 600÷700 m/sec.

Il fattore di amplificazione dinamica FAD si esprime con la seguente equazione:

$$Fa = D \times Vs^{-tFa}$$

Applicato al caso di progetto, con una $Vs_{30} = 358$ m/s, otteniamo:

$$FAD = 1,63$$

4.4 - Metodo di Midorikawa modificato (1984). Nel metodo di Midorikawa (1984), anch'esso espressione del Manuale TC4 per microzonazioni di 2° livello, l'accelerazione di picco in superficie (A_{max}) è data dal prodotto dell'accelerazione di progetto $A(g)$ per il fattore d'amplificazione sismica FAD al sito. La relazione è valida per $Vs < 1100$ m/sec..

Il fattore di amplificazione dinamica FAD si esprime con la seguente equazione:

$$FAD = Ve \times Vs_{Dt}^{-tFVt}$$

Applicato al caso di progetto, con una $Vs_{30} = 358$ m/s, otteniamo:

$$FAD = 2,00$$

Tale metodo tende a sovrastimare il fattore di amplificazione sismica FAD, specie per valori di Vs_{30} inferiori a 600 m/sec. All'uopo è stato introdotto nella formula un fattore correttivo e riduttivo dell'amplificazione dinamica.

Tale fattore, ancora in fase di sperimentazione, è pari a "Sr" = 0.85, ed è correlato alla suddetta sovrastima dell'azione sismica poiché è stato appurato che per suoli con Vs < 600 m/sec prevalgono fenomeni amplificativi rispetto a quelli dissipativi.

Il fattore di amplificazione dinamica corretto si esprime con la formula:

$$FAD = Sr \times Ve \times Vs_{Dt}^{-tFVt} = tFea \times Ve \times Vs_{Dt}^{-tFVt}$$

Applicato al caso di progetto otteniamo:

$$FAD = 0,85 \times 2,00 = 1,70$$

4.5 - Metodo di MEDNEDEV (1965). Trattasi di uno dei primi metodi di Microzonazione sismica proposti. La formula di Mednedev (1965) lega l'incremento di intensità sismica (n) al rapporto tra la rigidità del bedrock (R0) e la rigidità dei terreni di copertura (Rn) espresse come prodotto della velocità delle onde di taglio (Vs) e la densità del bedrock (γ) e si esprime nella forma:

$$n = ZF V_s \times r \left(R_n / R_t \right) = ZF V_s \times r \frac{V_t \times t}{V_n \times n}$$

Per il calcolo dell'incremento della intensità sismica, il metodo di Mednedev considera significativo uno spessore di "soli" 10 metri di terreno dal piano di campagna.

In presenza di falda freatica alla profondità "Z", Mednedev ha proposto un ulteriore incremento calcolato secondo la relazione:

$$n_w = e^{-tFt \times Z}$$

L'incremento totale dell'intensità sismica è dato da:

$$n_{tot} = n + n_w$$

Per tener conto della morfologia del sito e del bedrock si sono introdotti due ulteriori fattori correttivi dell'amplificazione FAD il:

| | |
|--|--|
| fattore topografico: | fattore bedrock: |
| $n_z = Z + \left[rnR_{zt} \left(Z + sen \right) \right]$ | $n = Z + \left[rnR_{zt} \left(Z + sen \right) \right]$ |

Il fattore di amplificazione dinamica FAD si esprime con la seguente equazione:

$$Fa = FAD = \left[Z + rnR_{zt} \left(n + n_w \right) \right] \times \left(n_z + n \right)$$

Applicato al caso di progetto otteniamo:

$$FAD = 1,50$$

NB. Nel caso in cui si abbiano più sismostrati, con il *Metodo di Mednedev* si devono assumere come parametri di riferimento (Vs, densità del suolo γ, profondità falda ecc.) quelli del sismostrato più cautelativo e non quelli medi.

4.6 - Metodo dell'impedenza sismica (Nakamura ed altri 1994). Tale metodologia deriva direttamente dalle misure del rumore sismico HVSR di tipo passivo (Nakamura), sistema che misura le frequenze di risonanza del sottosuolo attraverso il rapporto spettrale H/V.

Esso, in sostanza, valuta l'amplificazione di una stratigrafia in corrispondenza della sua frequenza fondamentale che risulta pari a:

$$f = \frac{V_s}{H \times H}$$

Con:

"Vs" = velocità media delle onde di taglio nella stratigrafia al di sopra dello strato rigido;

"H" = spessore della stratigrafia al di sopra dello strato di bedrock

Tale metodologia semplifica il concetto di trasmissione dell'onda sismica nel terreno, non tenendo conto della curva di decadimento (G-G0) e di smorzamento (D/D0). Nella realtà infatti il comportamento del terreno è non lineare, ma varia al variare della deformazione indotta dal sisma per ogni specifica tipologia di terreno attraversato.

La funzione di amplificazione in corrispondenza della frequenza fondamentale assume il valore di:

$$Ss_{FAD} = \frac{1}{\frac{1}{I} + \frac{\pi \times D}{V_s}}$$

Con:

$$I = \frac{V_{s_B} \times \gamma_B}{V_{s_C} \times \gamma_C}$$

dove:

D = fattore di smorzamento, assunto nello spettro elastico pari sempre al 5%

Vs_B e γ_B = rispettivamente velocità delle onde sismiche di taglio e densità del bedrock

Vs_C e γ_C = rispettivamente velocità delle onde di taglio e densità media degli strati di terreno di copertura al di sopra del bedrock, valutati come media pesata sullo spessore degli strati stessi.

Applicando il metodo al caso di progetto, attraverso una semplice interpolazione dei dati, otteniamo:

$$Ss = 1,62$$

Tale metodo computa tuttavia la sola amplificazione stratigrafica, pertanto per la determinazione del FAD è necessario introdurre il coefficiente di amplificazione topografico "St", già calcolato con il metodo delle NTC2008 modificato (Cfr. Prg. 4.2).

Riapplicando lo stesso criterio otteniamo:

$$FAD = Ss_{FAD} \times St_{FAD}$$

$$FAD = 1,62 \times 1,06 = 1,72$$

4.7 - APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA. Il geologo può scegliere la metodologia che ritiene più corretta piuttosto che prendere il valore mediato tra tutte le metodologie proposte.

Ipotizzando di assumere come valore di amplificazione sismica dinamica (FAD) il valore mediato, otteniamo per le condizioni di salvaguardia (SLV) allo Stato Limite Ultimo:

| FAD (metodi analitico/speditivi) | | | | | | FAD _{medio} |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|
| FUJIMOTO | BORCHERDT | JOYNER | MIDORIKAWA | MEDNEVED | IMPEDEZA | (-) |
| 1,67 | 1,49 | 1,63 | 1,70 | 1,50 | 1,72 | 1.62 |
| S = St x Ss (NT2008) SLV | | | | | | 1.43 |

Dall'analisi del dato tabellato appaiono immediatamente evidenti due aspetti:

- Il FAD ricavato tramite le metodologie proposte fornisce risultati pressoché correlativi;
- Il valore di amplificazione sismica dinamica FAD_{medio} calcolato è superiore al valore di "S" ricavato tramite normativa, quindi l'amplificazione sismica nel sito è, in questo caso, superiore a quella computata tramite le NTC2008.

Considerando per semplicità e diffusione le condizioni di Salvaguarda (SLV) otteniamo la seguente Tabella 5 riepilogativa, riprendendo i dati di base INGV del sito di progetto della Tab. 4:

| Valori di progetto parametri sismici orizzontali associati allo stato limite SLV | | | | | | | |
|--|---|-------------|-------------|---|----------|--------------|--------------|
| STATO LIMITE | A _g [m/sec ²] | St [-] | Ss [-] | A _g [m/sec ²] | θ [-] | Kh [-] | Kv [-] |
| NTC (SLV) | 1,795 | 1,00 | 1,43 | 2,567 | 0,240 | 0,063 | 0,031 |
| STATO LIMITE | A _g [m/sec ²] | FAD [-] | | A _g [m/sec ²] | θ [-] | Kh [-] | Kv [-] |
| FAD (SLV) | 1,795 | 1,62 | | 2,908 | 0,240 | 0,071 | 0,036 |

4.8 Deduzioni all'Approccio analitico/speditivo. Tramite questo approccio è stata quantificata analiticamente per il sito di progetto l'accelerazione di picco A_{gmax} ed i relativi parametri sottesi applicativi (Kh, Kv ecc.), tenendo conti degli effetti di sito.

Alla luce dei risultati è rappresentabile graficamente e numericamente sia lo spettro elastico sia lo spettro di progetto, in quest'ultimo caso solo se sono noti (o stimati tramite diversi metodologie) taluni parametri strutturali come il fattore di "q", definito sempre dalla relazione: $[q = q_0 \times K_R]$.

Come anticipato all'inizio del capitolo, queste metodologie, applicate da sole o come valore mediato, consentono di determinare il fattore di amplificazione dinamica (FAD), che supplisce al parametro "S" delle NTC2008, rimanendo invariati gli altri parametri elastici fondamentali (Tc*, F₀, Cc ecc.).

Rimarco ancora che la norma, per quanto concerne la definizione del parametro "S" è ambigua, lasciando a mio modesto avviso al tecnico competente (geologo e/o ingegnere) definire la complessità della situazione topografica, geologica, geotecnica, sismica ecc., dunque la possibilità di quantificare numericamente ed in maniera più propria l'amplificazione sismica.

In assenza di Abachi regionalizzati, ICMS ecc., tali tecniche rappresentano pertanto un valido strumento per il geologo per cogliere al meglio gli aspetti sismici di un'area di progetto, caratterizzando in maniera "speditiva" in quali zone di un territorio l'amplificazione sismica a

seguito degli effetti locali sarà minore o maggiore (es. Carte per di Varianti parziali al P.R.G., Carte per Piani particolareggiati, Carte per Lottizzazione ecc.), sia un dato puntuale in più da fornire al progettista delle strutture per definire un quadro sismico maggiormente esaustivo del sito di progetto.

5. APPROCCIO RIGOROSO

Nell'approccio rigoroso, la valutazione della Risposta sismica locale (RSL) si realizza attraverso l'uso di accelerogrammi naturali normalizzati al sito di riferimento. Tale approccio è ritenuto la via ufficiale dalle Norme tecniche per le costruzioni NTC2008 (Cap. 3.2.2 e Prg. 7.11.3).

Tale metodologia è finora poco utilizzato dal mondo professionale, per la quasi totalità degli studi a corredo della progettazione si impiega infatti l'approccio semplificato tramite le Categorie di suolo. Esistono due diverse metodiche rigorose per la stima dell'amplificazione sismica in superficie tramite Risposta Sismica Locale (RSL):

- Analisi 1D
- Analisi 2D

Le analisi 1D sono basate su modelli numerici di media complessità (es. SHAKE, REXEL, STRATA, DEEPSOIL ecc.). Trattandosi di indagini monodimensionali si ipotizza che gli strati siano piano-paralleli o debolmente inclinati, infinitamente estesi e che la propagazione del sisma si realizzi in modo pressoché verticale.

Qualora queste condizioni non fossero corrispondenti ai risultati dell'indagine geologica, si dovrà ricorrere ad analisi bidimensionali 2D. Queste ultime sono basate sull'uso di modelli numerici più sofisticati, che hanno portato allo sviluppo di programmi di calcolo complessi utilizzabili per valutare gli effetti di bidimensionali (es. FLUSH, QUAD4 ecc).

Basandoci sulla Modellazione Geologica dell'area in studio, il sito del presente articolo è senz'altro classificabile in un contesto monodimensionale 1D.

La modellazione 1D permette di definire una realistica risposta sismico/stratigrafica di terreni non affetti da problematiche bidimensionali (sia sepolte sia topografiche), consentendo in specifici contesti sismologici, topografici e litostratigrafici, mediante il confronto con la relativa categoria di suolo (Cap. 3.2.2 delle NTC2008), un'analisi più rigorosa e certa rispetto all'approccio semplificato di normativa, poiché identifica amplificazioni per intervalli di periodi più puntuali e specifici rispetto a quelli basati sulle categorie di suolo.

L'azione sismica tramite RSL è stata determinata mediante l'utilizzo di due recentissimi ed appropriati codici di calcolo (reperibili gratuitamente in rete):

- **REXEL versione 3.5 (Iervolino et alii, 2013)**
- **STRATA versione alpha 399 (Kottke & Rathje, 2012)**

rimandando ai rispettivi Manuali per la letteratura e le specifiche tecniche.

Le NTC2008 vietano per l'analisi di risposta sismica locale l'utilizzo di accelerogrammi artificiali, come del resto specificato nella Circolare applicativa delle NTC2008 al capitolo C7.11.3.1.2.2.

Per il progetto in oggetto si è pertanto fatto riferimento all'utilizzo di accelerogrammi naturali come input per l'esecuzione di analisi di RSL.

Per il loro utilizzo gli accelerogrammi registrati naturali devono avere le seguenti caratteristiche specifiche tecniche:

- essere rappresentativi della sismicità del sito di progetto (proprietà sismogenetiche della sorgente, condizioni del sito di registrazione, Magnitudo, distanza dalla sorgente accelerazione orizzontale di picco attesa al sito ecc.);
- gli accelerogrammi registrati devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare gli spettri di risposta nel campo dei periodi di interesse per il problema in esame;
- devono utilizzare le condizioni di compatibilità spettrale media definite sia per i segnali artificiali sia per quelli naturali, avendo cura in ogni caso di rispettare le condizioni geologiche di sito e di scegliere accelerogrammi il cui spettro è, per quanto possibile, generalmente simile (o equiparabile) a quello di riferimento;
- gli accelerogrammi devono (se necessario) essere scalati linearmente in ampiezza limitando il fattore di scala nel caso di segnali provenienti da eventi di piccola Magnitudo;
- gli effetti sulla struttura sono rappresentati dai valori medi degli effetti più sfavorevoli ottenuti dalle analisi;
- devono essere utilizzati almeno 7 diversi gruppi di accelerogrammi (dai valori più sfavorevoli degli effetti, nel caso si abbiano meno di 7 gruppi);
- in nessun caso si possono adottare meno di 3 gruppi di accelerogrammi.

Valutare l'azione sismica mediante analisi di risposta sismica locale (RSL) in campo monodimensionale 1D, significa definire la Funzione di trasferimento rappresentativa della situazione geologico/strutturale al di sotto del sito in esame, dedotta da una adeguata campagna multidisciplinare di esplorazione del sottosuolo derivante dall'indagine geologica.

La forma della funzione di Trasferimento si presume, quindi, sia legata alle modalità di trasmissione delle onde sismiche all'interno degli strati superficiali ed in particolare alle interferenze che si generano fra questi e le onde sismiche.

5.1 - Scelta dell'input sismico di base. La prima informazione necessaria per la definizione dell'input sismico (con la definizione dei 7 gruppi di accelerogrammi) è l'accelerazione di base del sito di progetto $A[g]$, al valore della quale bisognerà scalare ognuno dei 7 gruppi di accelerogrammi costituenti l'input sismico.

Le computazioni sismiche di base del sito di progetto sono già state definite al Capitolo 2 del presente articolo, dati che valgono per tutti e tre gli approcci: semplificato, intermedio e rigoroso.

Ricapitolando abbiamo:

- Categoria di suolo: "C"
- Categoria topografica: T1
- Periodo di riferimento azione sismica " V_R " = 50 anni
- Classe d'uso " C_u " = II

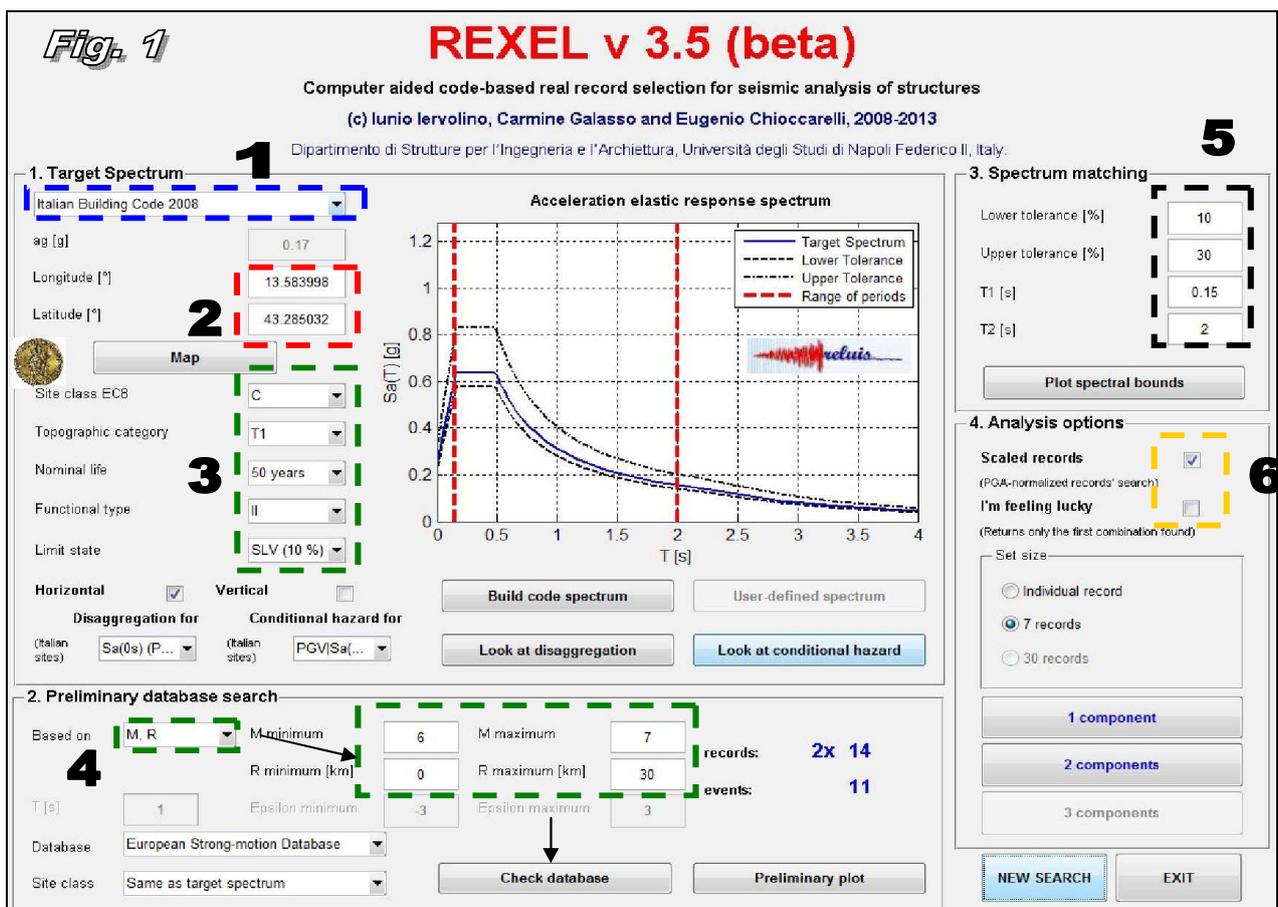
- Coordinate ED50 (longitudine e latitudine).
- Stato limite (o stati limite) del progetto. *Nel nostro caso abbiamo utilizzato lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), che in genere è quello progettuale più diffuso.*

5.2 - RSL: Estrazione degli accelerogrammi di input. L'estrazione degli accelerogrammi di input, come anticipato, è stata effettuata tramite il software REXEL versione 3.5, scaricabile gratuitamente, dopo registrazione, al seguente link:

http://www.reluis.it/index.php?option=com_content&view=article&id=268%3Arexel-35-beta-e-rexel-disp-12-beta&catid=34%3Anews-reluis&lang=it

Il software consente l'estrazione di accelerogrammi di input naturali per applicazioni di tipo ingegneristico da più banche dati, quali ad esempio la banca dati europea ESD (Ambraseys et al., 2004), la banca dati italiana ITACA (Working Group ITACA 2010), la banca dati Simbad (Smerzini e Paolucci, 2011) ecc., mediante un'interfaccia semplice ed elaborata in ambiente matematico *Mathlab® runtime*.

Dopo la procedura di installazione ed avvio del programma compare l'interfaccia di REXEL 3.5 che è illustrata di seguito (Fig. 1).



La procedura di inserimento dei parametri può essere sintetizzata per gradini (o step).

STEP 1 (colore azzurro). Selezionare "Italian building code" nella finestra **Target Spectrum**

STEP2 (colore rosso). Inserire le coordinate del sito di progetto nel sistema di riferimento ED50 e poi cliccare il sottostante tasto **Map**

STEP3 (colore verde). Inserire nella caselle incolonnate i parametri progettuali noti e richiamati al Prg. 5.1 precedente, ovvero in ordine (per il nostro caso):

- Categoria di suolo: "C"
- Categoria topografica: T1
- Periodo di riferimento azione sismica "VR" = 50 anni
- Classe d'uso "Cu" = II
- Stato limite di progetto = SLV

A questo punto spuntare la voce **horizontal** e cliccare su **Build code spectrum**.

STEP4 (colore viola). Inserire i dati derivanti dall'analisi di disaggregazione. Il programma permetta differenti parametri di scelta, è sufficiente infatti cliccare sulla freccia del menù a cascata ed appaiono le varie opzioni. Nel caso di progetto abbiamo utilizzato la coppia magnitudo-distanza (M and R) per **Spectral acceleration** a periodo 0 (SaT=0s).

Si è scelta tale coppia in quanto il dato finale medio di Magnitudo (M) e distanza dall'Epicentro (D), può essere utilizzato ad esempio per le verifiche alla Liquefazione tramite le metodologie di **Seed & Idriss** piuttosto che **Tokimatsu & Yoshimi - GNDT**, laddove per la definizione dello sforzo dinamico di taglio (T) si necessita proprio della Magnitudo di progetto e della distanza dall'epicentro del sisma.

Si rappresenta che è comunque possibile utilizzare altre coppie del database preliminare (es. PGA [g], IA [m/s] ecc.), specie nel caso in cui per la coppia *M and R* per la Magnitudo di progetto impostata (es. M = 6 nel nostro caso) non si siano ottenuti un numero di valori significativi.

Effettuata questa operazione cliccare su **Check database** per il numero di base dei dati.

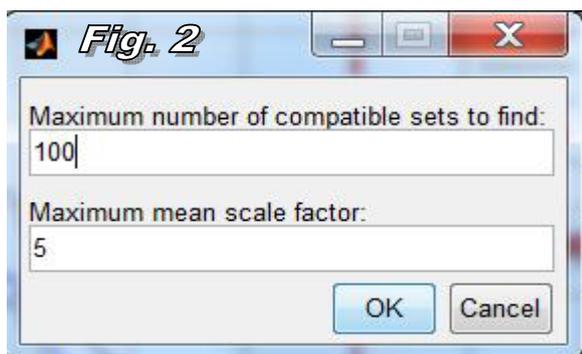
STEP5 (colore nero). In questo passaggio del codice di calcolo si richiede la massima tolleranza relativamente allo scarto esistente tra lo spettro di riferimento del sito di progetto e lo spettro di risposta medio dei sette input accelerometrici da estrarre. Va indicata la tolleranza in difetto (**Lower tolerance**), in eccesso (**Upper tolerance**) nonché i valori di periodo **T1[s]** e **T2[s]** per cui verificare la corrispondenza.

Ritegno che sia utile lasciare i valori di default in quanto non sappiamo a quale passo è stato effettuato il campionamento delle tracce (dovremmo guardarla una ad una... e non mi pare il caso).

A questo punto cliccare su **Plot spectral bounds** per passare alla finestra seguente.

STEP6 (colore oro). Per lo step 6 consiglio in prima approssimazione di deselezionare sia la casella **Scaled records** sia **I'm feeling lucky** e cliccare sulla finestra di output richiesta, così da ottenere, se esistenti, gli accelerogrammi maggiormente compatibili con il sito di progetto in termini di Magnitudo, PGA ecc.

Nel caso in cui il programma non sia riuscito ad estrarre alcun dato, è necessario scalare i dati di base, selezionando la casella **Scaled records** e limitando il più possibile il fattore di scala.



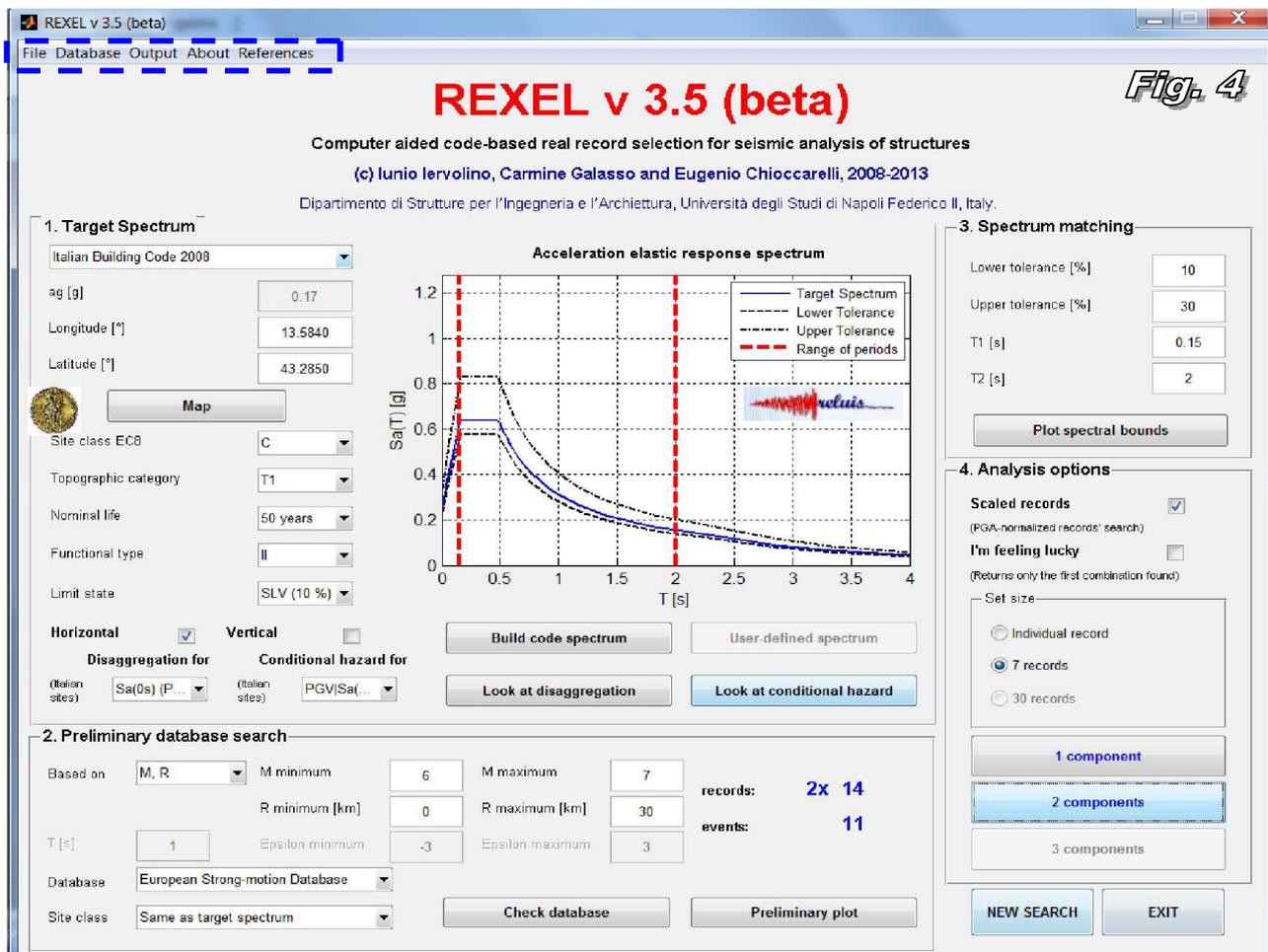
Compare infatti una finestra come pop-up (Fig. 2 in cui viene richiesto di immettere il numero massimo di combinazioni compatibili da ricercare nonché il massimo fattore di scala.

Il manuale, la letteratura e lo scrivente vi consigliano vivamente di limitare sia il fattore di scala (inserendo se possibile valori inferiore a 5) sia il numero di combinazioni (massimo 100 o 200 iterazioni), questo per ridurre i tempi di calcolo nonché i tempi di lettura



e scelta delle combinazioni ottimali.

Al termine del calcolo automatico si viene avvisati dell'avvenuta computazione (Fig. 3) con indicazione del numero di set compatibili trovati per il sito di progetto (nel nostro caso 114).



STEP7 (colore blu). A questo punto dal menu a tendina selezionare **OUTPUT** ed in ordine le seguenti voci (Fig. 4):

- **Output** → **Target spectrum** → **orizzontal** (questa voce ci consente di avere lo spettro elastico di base di normativa. Salvare il file in una cartella specifica creata).

- **Output** → **Deviations** → **orizzontal** (verrà generato un file dal nome **scarto_out**, salvare anche questo nelle medesima cartella precedente). Questa voce è molto importante in quanto ci consente di scegliere il set di accelerogrammi maggiormente compatibili con il nostro sito. La scelta deve ricadere sulla combinazione che presenza il minore scarto tra i dati, sia medio sia nei singoli accelerogrammi, rispetto allo spettro di riferimento. In pratica, devono essere utilizzate combinazioni con PGA maggiormente vicine a quelle della nostra A_{gmax} ed allo stesso tempo quella con minore differenza di valori nella scala.

Per il nostro caso, la maggiore compatibilità si è avuto con la combinazione n. 5 (segnarsi la combinazione e proseguire).

- **Output** → **Plot & get set** → **orizzontal**. Selezionando questa voce apparirà dapprima una schermata che ci chiede quale combinazione di dati abbiamo scelto (nel nostro caso la n. 5), ed inseriamo il numero (Fig. 5), dopodiché cliccando su "OK" comparirà la schermata in formato ZIP dell'intero spettro delle combinazioni scelta (Fig. 6).

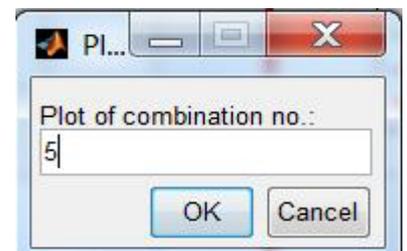


Fig. 5

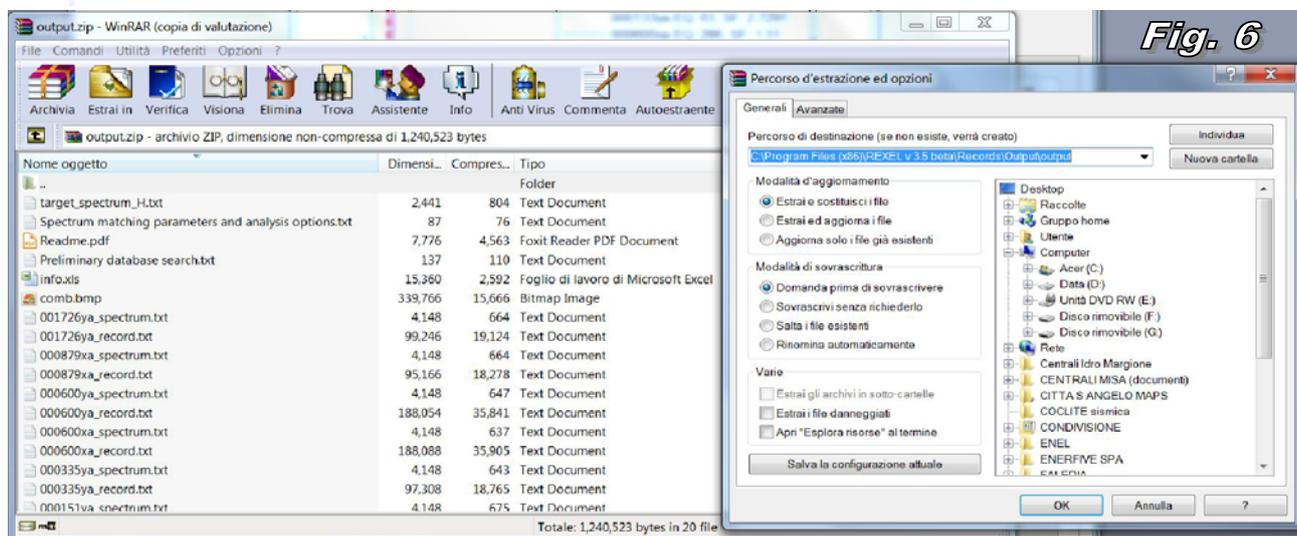
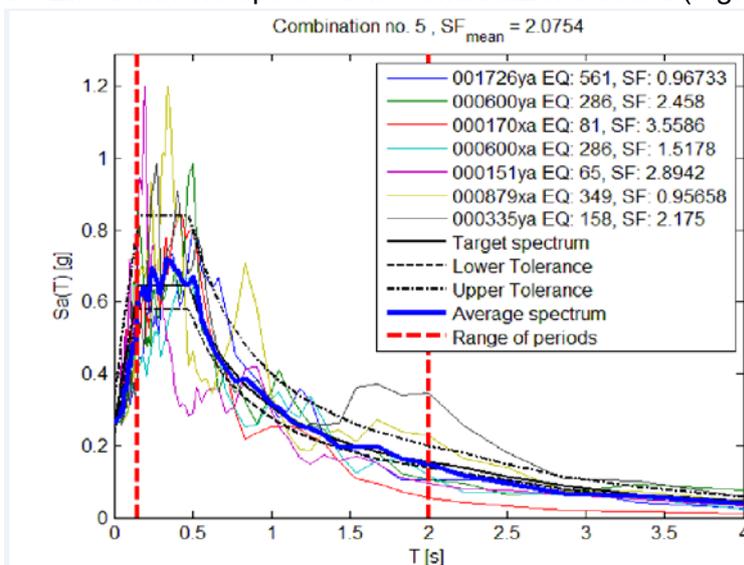


Fig. 6

Estrarre e salvare i file sempre nella medesima cartella specifica creata.

All'interno della cartella ci sono tutti i file necessari per l'elaborazione successiva, tra cui:

- **info.xls** (Cfr. Tabelle 5) che riporta i dati associati ai 7 accelerogrammi relativi alla combinazione scelta (nel nostro caso la: *combination no. 5*)

- **"..."_record.txt** (es. 001726ya_record.txt) che riporta le serie temporali (time-histories) dei 7 input sismici per la combinazione scelta (nel nostro caso sempre la: *combination no. 5*).

Nel seguito riportiamo il file **info.xls** per il sito di progetto (Tab. 5), con le caratteristiche del set dei 7 accelerogrammi estratti.

| TAB. 5 | | | | | | | |
|--------------|------------|---------|---------------------|------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| Waveform | Earthquake | Station | Earthquake Name | Date | Mw | Fault Mechanism | Epicentral Dist. [km] |
| AZ | 561 | ST549 | Adana | 27/06/1998 | 6.3 | strike slip | 30 |
| 600 | 286 | ST223 | Umbria Marche | 26/09/1997 | 6 | normal | 22 |
| 170 | 81 | ST46 | Basso Tirreno | 15/04/1978 | 6 | oblique | 18 |
| 600 | 286 | ST223 | Umbria Marche | 26/09/1997 | 6 | normal | 22 |
| 151 | 65 | ST33 | Friuli (aftershock) | 15/09/1976 | 6 | thrust | 11 |
| 879 | 349 | ST271 | Dinar | 01/10/1995 | 6.4 | normal | 8 |
| 335 | 158 | ST121 | Alkion | 25/02/1981 | 6.3 | normal | 25 |
| mean: | | | | | 6.14 | | 19.4 |

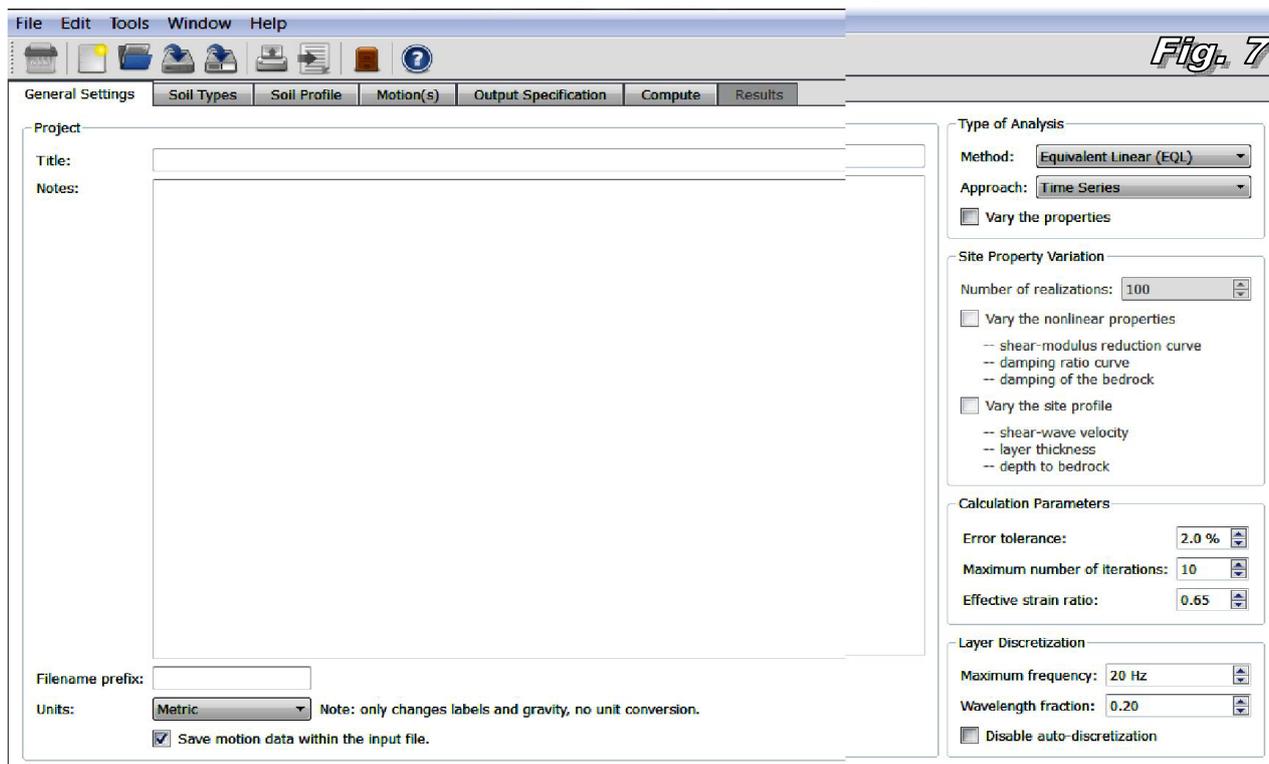
| TAB. 5 | | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| PGA_X [m/s^2] | PGA_Y [m/s^2] | PGV_X [m/s] | PGV_Y [m/s] | ID_X | ID_Y | Np_X | Np_Y | EC8 site class |
| 2.158 | 2.644 | 0.278 | 0.203 | 9.338 | 11.699 | 0.989 | 0.696 | C |
| 1.685 | 1.041 | 0.145 | 0.118 | 8.752 | 11.121 | 0.641 | 0.460 | C |
| 0.719 | 1.585 | 0.062 | 0.154 | 10.793 | 4.745 | 0.524 | 1.058 | C |
| 1.685 | 1.041 | 0.145 | 0.118 | 8.752 | 11.121 | 0.641 | 0.460 | C |
| 0.810 | 0.884 | 0.079 | 0.063 | 8.175 | 10.836 | 1.021 | 1.170 | C |
| 2.674 | 3.131 | 0.294 | 0.406 | 12.559 | 9.550 | 0.958 | 0.814 | C |
| 1.144 | 1.176 | 0.109 | 0.149 | 9.115 | 7.977 | 0.656 | 0.699 | C |
| 1.55351 | 1.64291 | 0.15884 | 0.17291 | 9.64021 | 9.57847 | 0.77562 | 0.76539 | C |

Il lavoro con il software REXEL 3.5 è terminato con l'estrazione degli accelerogrammi richiesti dalle NTC2008.

5.3 - RSL: conversione dati e risultati. Per ottenere i dati di Risposta Sismica Locale è necessario importare il set di accelerogrammi creati con Rexel 3.5 nel software di elaborazione (nel nostro caso STRATA).

Come anticipato, trattasi anche in questo caso di codice gratuito scaricabile al seguente link: <https://nees.org/resources/strata>

La schermata di apertura di STRATA è di seguito rappresentata (Fig. 7):



Senza entrare nel merito dello sviluppo e del codice del software per i quali si rimanda direttamente al manuale d'uso, in breve il software:

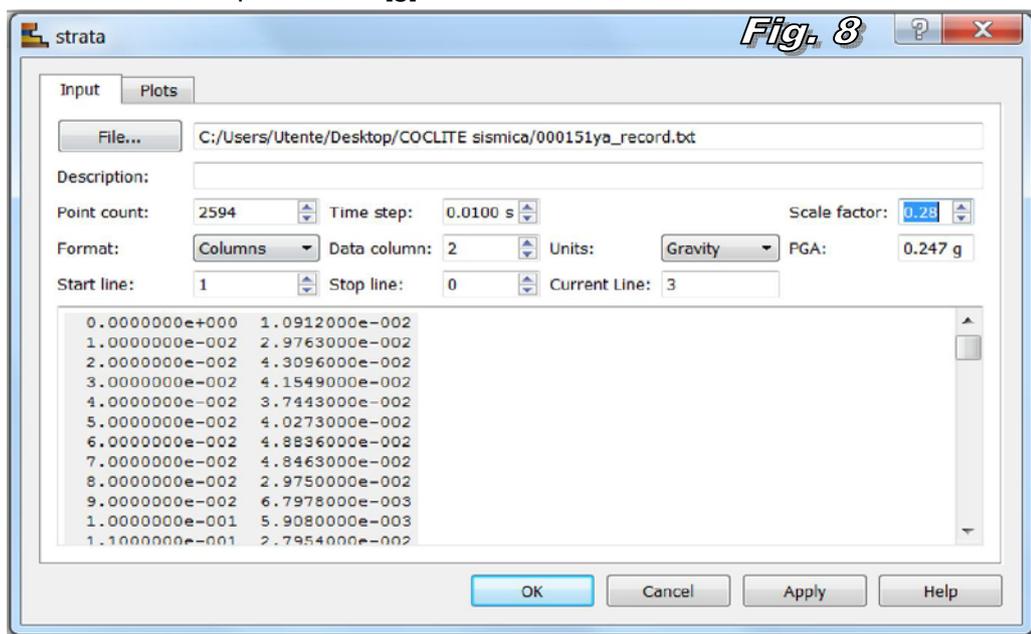
- Legge il sismogramma al bedrock→suolo proveniente da REXEL 3.5 (o da qualsiasi altro database in formato testo *.TXT);
- Con una Trasformata di Fourier (FFT) calcola lo Spettro di Fourier ($FAS_{bedrock}$) al bedrock;
- Calcola la Funzione di Trasferimento (TF) nel sito. (La funzione di trasferimento è pari al rapporto tra l'ampiezza dell'onda incidente sullo strato in direzione semi-verticale verso l'alto "upward" e la sua riflessa in direzione semi-verticale verso il basso "downward". La Funzione di trasferimento fornisce all'istante informazioni importanti sui modi di vibrazione del sottosuolo).
- Calcola lo Spettro di Fourier (FAS_{suolo}) in superficie, moltiplicando lo Spettro di Fourier al bedrock per la Funzione di Trasferimento secondo la formula:

$$FAS_{suolo} = FAS_{bedrock} \times TF$$

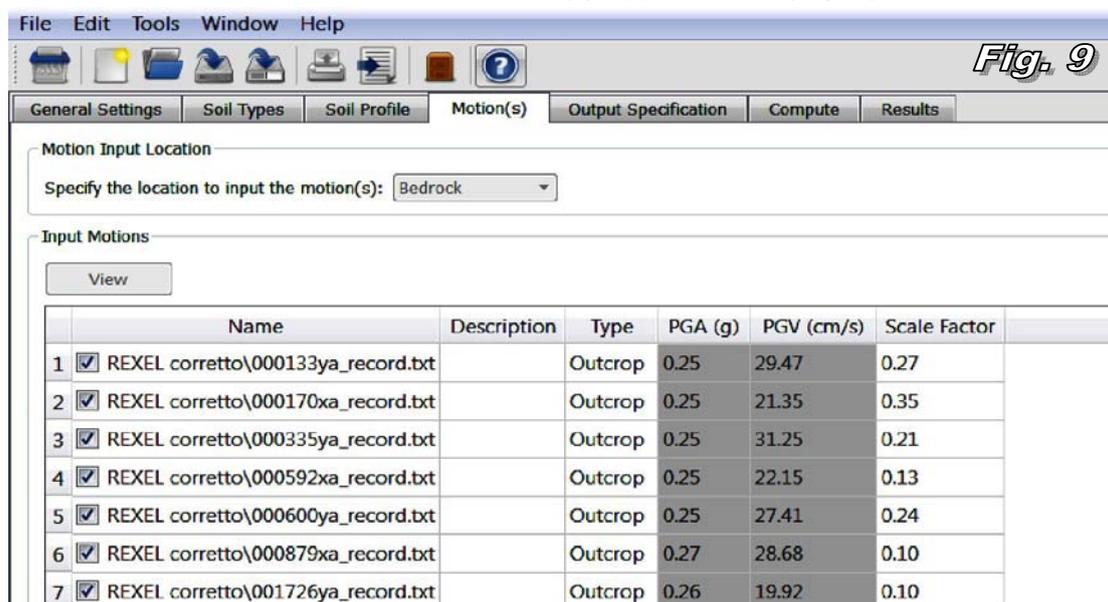
- Tramite una Trasformata inversa di Fourier (IFFT), calcola l'accelerazione al suolo. (Questo dato è alla base di tutto il lavoro in quanto la sua lettura fornisce il dato da applicare nelle problematiche ingegneristiche).

La prima operazione da fare è entrare nella schermata **Motion(S)** e caricare il set dei 7 accelerogrammi che abbiamo definito tramite REXEL 3.5, avendo assolutamente cura di effettuare tre importanti operazioni (Cfr. Fig. 8):

- selezionare il passo di campionamento giusto (es. 0.0100 sec);
- contare, con un foglio elettronico, il numero dei punti ed inserirli numericamente alla specifica voce: **Point Count** (nel nostro caso, per questa traccia, sono 2594 punti);
- normalizzare il valore del PGA della traccia al valore massimo del sito di progetto attraverso le frecce su è giù della voce: **Scale factor**. Nel nostro caso, dato che ci troviamo in zona 2, il valore massimo di PGA è pari a 0,25 [g].



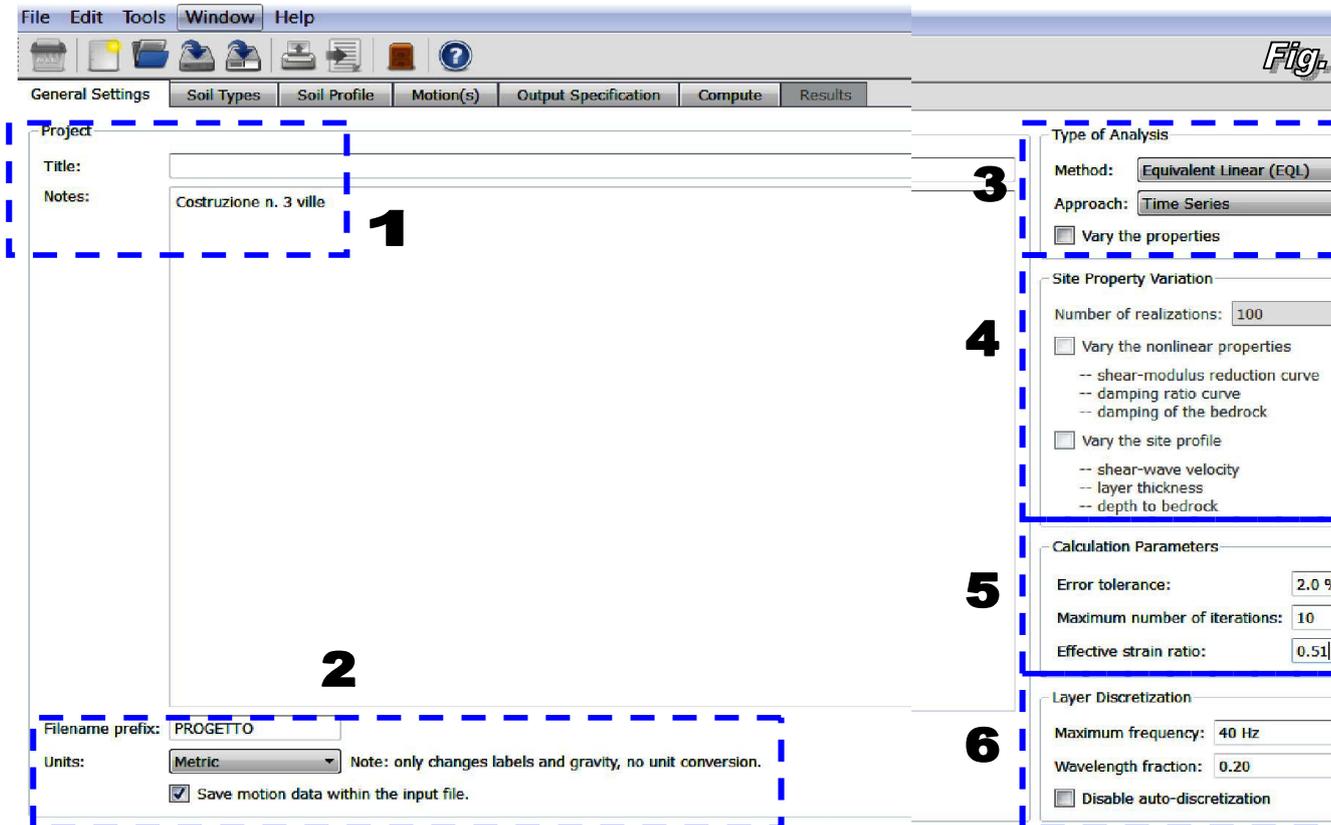
L'operazione deve essere ripetuta per tutti e sette gli accelerogrammi della combinazione scelta. Una volta caricati tutti e sette la schermata *Motion(s)* apparirà così (Fig. 9):



A questo punto si procede compilando le voci degli altri Menù presenti:

- **General setting**
- **Soil Types**
- **Soil profile**

Nella schermata "General setting" (Fig. 10) inserire:



1) Project: titolo del progetto e le note

2) Units: sistema di riferimento (ovviamente metrico decimale) e lasciare spuntata di default la casella *Save motion* (per la motivazione leggere il manuale d'uso di STRATA *alpha*).

3) Type of analysis: inserire il tipo di analisi da effettuare, ovvero Lineare Elastica (LE) oppure equivalente lineare (EQL). Nel primo caso si semplifica il concetto di trasmissione dell'onda sismica nel terreno, non tenendo conto della curva di decadimento (G-G0) e di smorzamento (D/D0), nel secondo caso si considerano questi fattori. Dato che siamo in analisi di RSL modello 1D è opportuno scegliere l'opzione EQL (come in figura 10), in quanto nella realtà il comportamento del terreno è non lineare ma varia al variare della deformazione indotta dal sisma per ogni specifica tipologia di terreno attraversato.

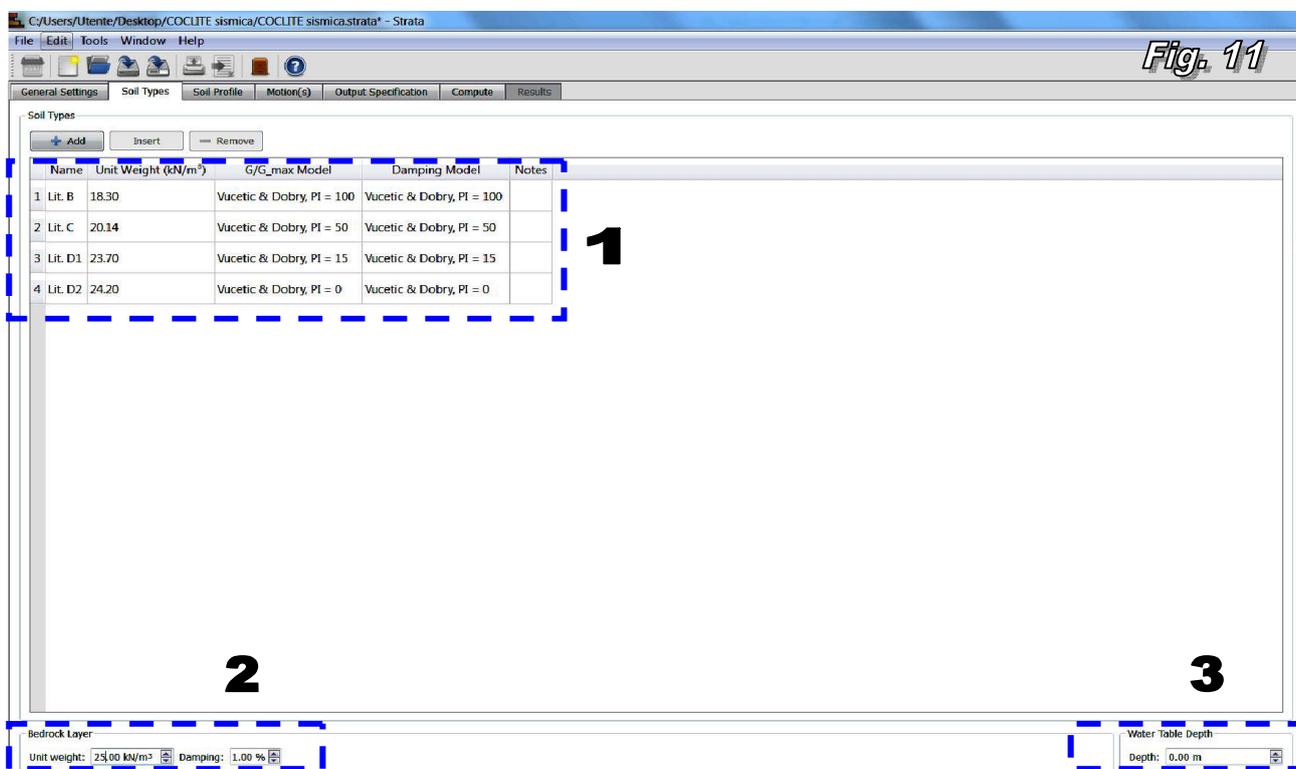
Per quanto concerne la casella "Vary the properties" io consiglio, per situazioni sismo-stratigrafiche "normali", di non spuntare la casella, altrimenti si devono compilare le voci corrispondenti (Fig. 10, casella 4 a tratteggio blu) e la cosa si complica, specie in assenza di analisi di laboratorio su campioni, piuttosto che misure precise del bedrock ecc.

Per quanto concerne le voci 5) e 6), consiglio di lasciare i valori di default (per chi volesse modificarli basta andare nel manuale di STRATA *alpha* per le specifiche tecniche), ad eccezione

del parametro: **Effective strain ratio** che può essere determinato mediante la relazione di Idriss & Sun 1992: $ESR = [(M - 1) / 10] = [(6,14 - 1) / 10]$.

Nel nostro caso è pari a **0,51** (con $M = 6,14$ ricavato dall'analisi rigorosa con Rexel 3.5).

A questo punto si passa alla schermata successiva: **Soil type** (Fig. 11).



1) Soil types: Alla voce Soil types devono essere inserite I parametri sismostratigrafici del sito di progetto, come nome, peso di volume, e curve dinamiche G/G0 e Damping. I parametri devono essere noti e ricavati dalla analisi geologica e geotecnica del sito (Cfr. Cap. 1 del presente articolo), mentre per quanto concerne le curve dinamiche ed il decadimento si può far riferimento al database interno del software STRATA alpha in funzione della tipologia e reologia del terreno.

Il Dipartimento della Protezione Civile (DPC), così come l'USGS statunitense consigliano di utilizzare le seguenti curve:

- Argilla (Vucetic P.I. 0, 30, 50, 100 e 200), Sabbia ed Argilla (Seed & Idriss, 1990)
- Ghiaia (Rollins ed altri, 1998) e Sedimenti misti non lineari (Darendelli & Koe 2001)

2) Bedrock layer: Alla voce bedrock layer è necessario inserire la densità del substrato sismico (nel nostro caso 25,00 kN/m³ nonché il damping che per default è pari ad 1%).

3) Water tablet depth: In presenza di falda idrica, il software consente l'inserimento del dato di profondità espresso in metri. Nel caso in studio la falda era assente quindi non è stato inserito alcun valore.

Compilata la sezione precedente passiamo alla schermata: **Soil Profile** (Fig. 12).

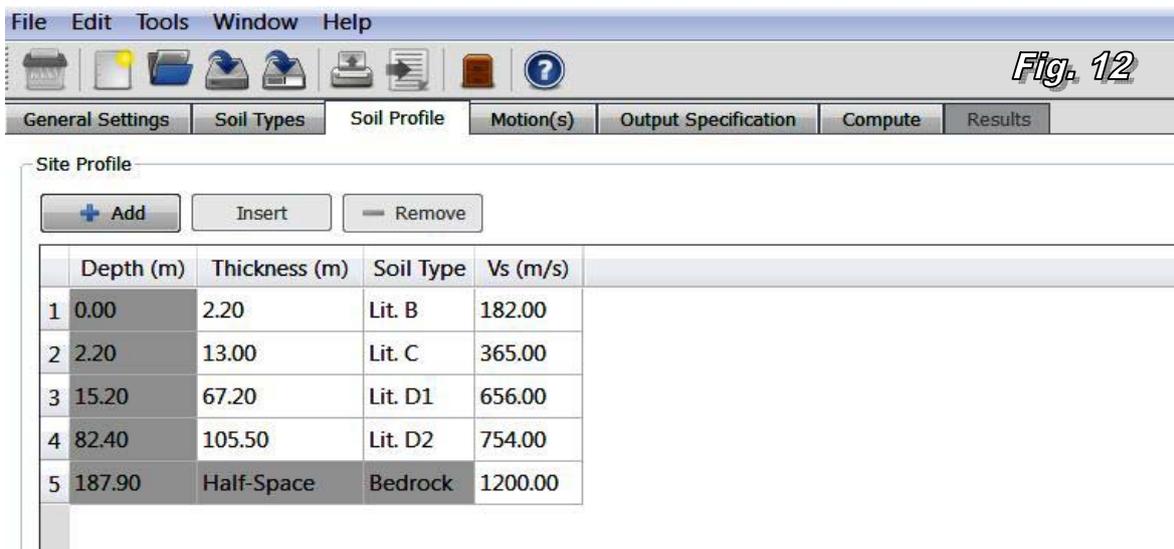


Fig. 12

In tale menù devono essere inserite le caratteristiche del profilo sismico in termini di: potenza dello strato (thickness), nome (soil type) del suolo (richiamabile dal menù a cascata) e velocità delle onde sismiche (Vs) per ciascuno strato identificato.

Infine si passa alla schermata: **Output Specification** (Fig. 13).

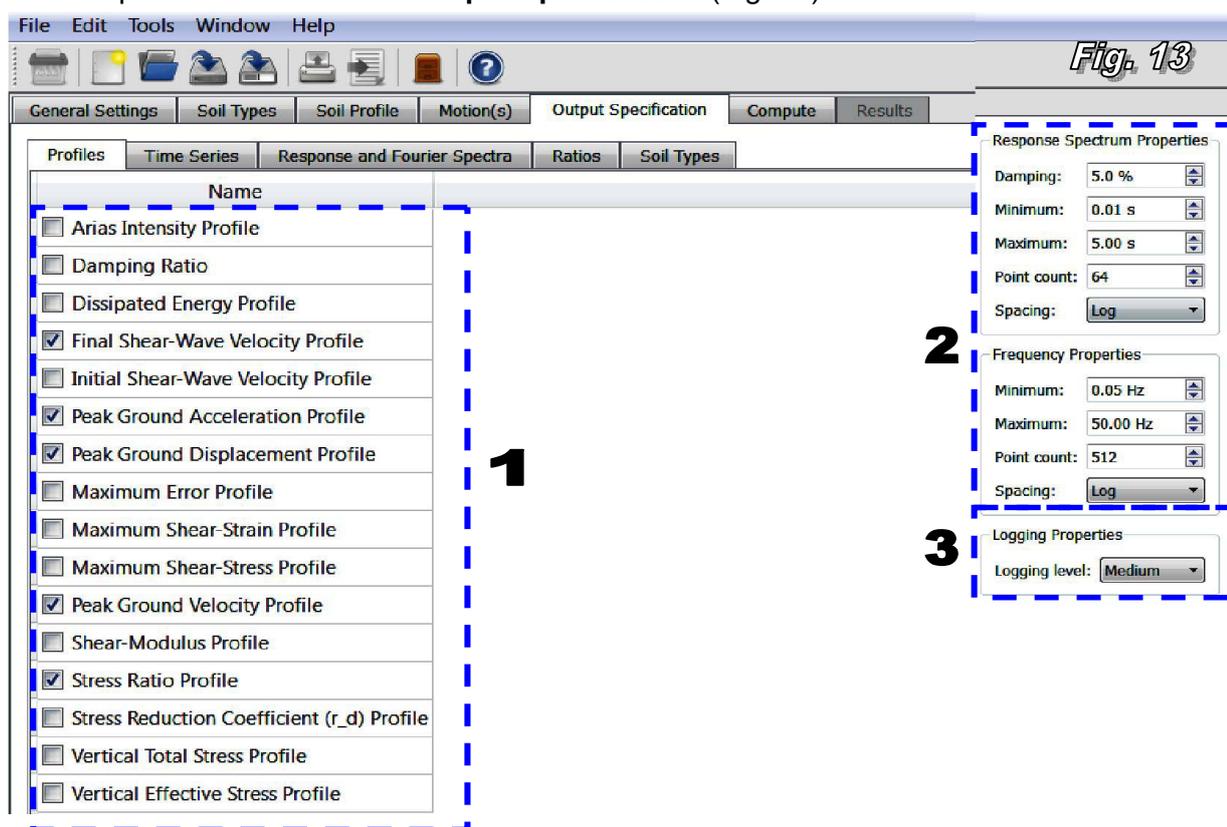


Fig. 13

1) **Profiles:** selezionare le medesime voci che ho spuntato nella schermata, che fondamentalmente sono quelle di nostro specifico interesse ed applicative ovvero: Peak ground acceleration, Stress ratio profile ecc.

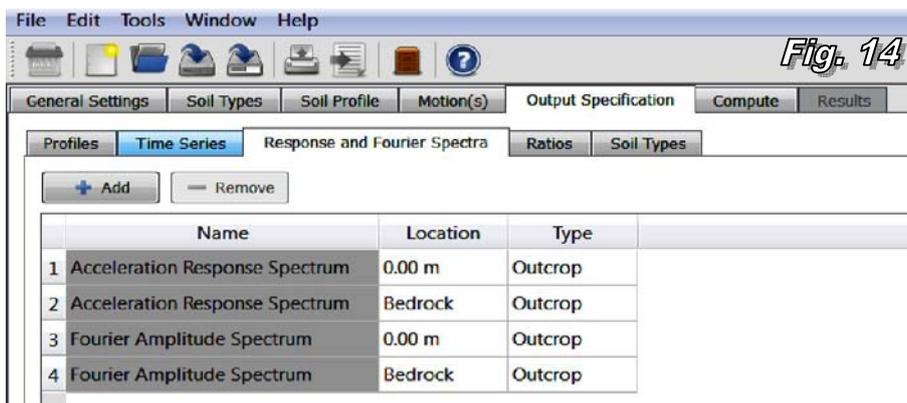
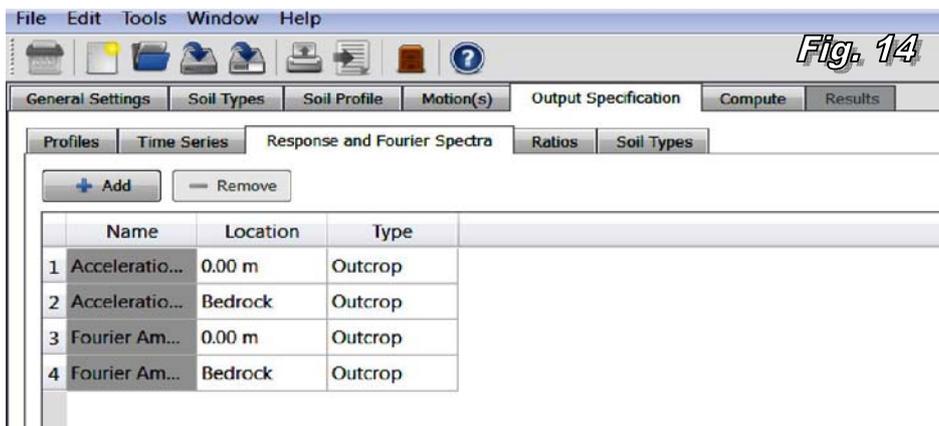
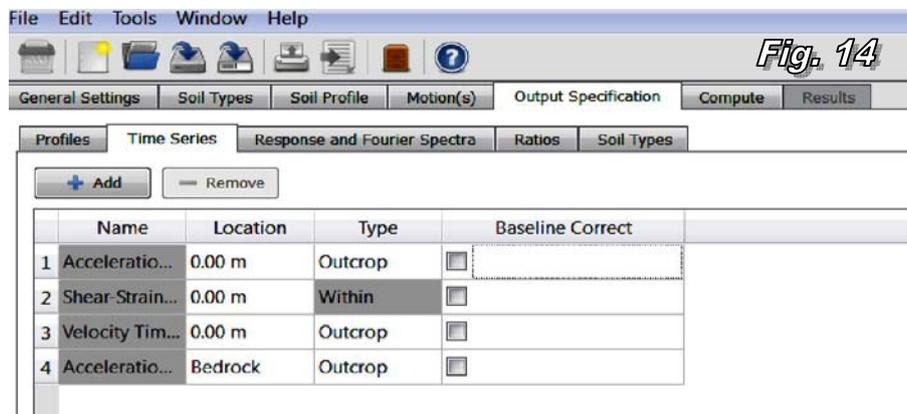
2) **Response spectrum properties:** le voci delle rispettive caselle ci consentono di indicare le caratteristiche dello Spettro finale, in questo caso dello Spettro Elastico. Si può scegliere il

Damping (da lasciare al 5%), nonché il Periodo (di default è "5", ma si può anche mettere "4" in quanto generalmente gli spettri degli ingegneri lavorano a "4" secondi) ecc.

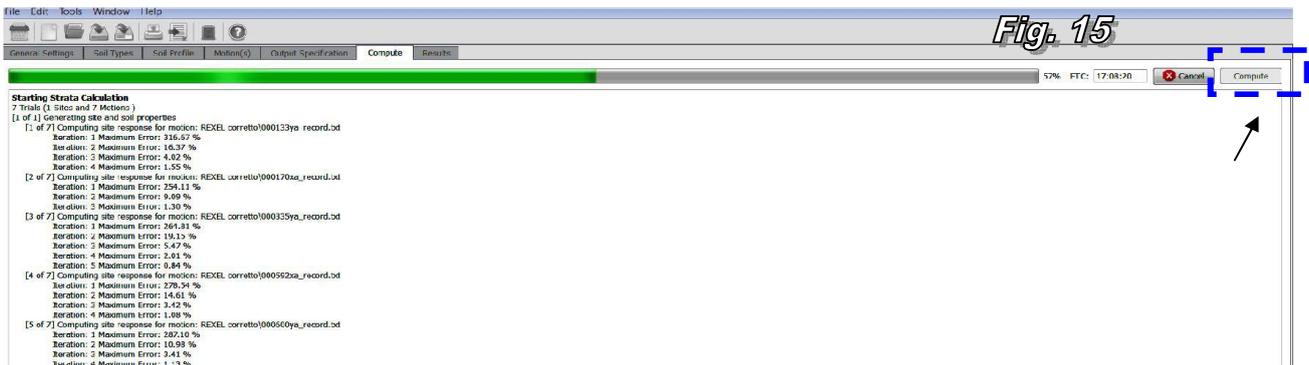
3) Logging properties: Questa casella consente di scegliere il livello di approfondimento dell'analisi finale che può essere: LOW, MEDIUM, HIGH. Io consiglio di usare il valore MEDIUM in quanto l'analisi è accurata ma allo stesso tempo veloce.

Le successive schermate sono rappresentate da: "Time Series", "Response and Fourier spectra", "Rations" e "Soil Types" (Figure 14).

Queste devono essere compilate in funzione dell'interesse del calcolo. Siccome a noi premono dati applicativi e non scientifici, suggerisco di inserire i valori in superficie ed al bedrock, tenendo presente che per valore in superficie si intende la quota del piano di posa della fondazione (specie nel caso di fondazioni superficiali), mentre nel caso di Bedrock si intende la profondità di input del sisma di progetto.



La schermata del risultato è attivabile in **Compute** (Fig. 15), cliccando sulla casella corrispondente.



5.4 - ANALISI DEI RISULTATI.

I risultati finali sono restituiti sia in forma grafica sia in forma numerica, leggibili direttamente sul grafico piuttosto che esportabili semplicemente in un foglio di calcolo. Io suggerisco di esportare i dati e ricostruirsi il grafico, sia per l'aspetto estetico, sia per una migliore lettura dei dati e, soprattutto, per la fase di "Normalizzazione" dello Spettro.

Di seguito sono estrapolati i risultati di risposta sismica locale per il sito di progetto, con la computazione dei dati per lo stato limite di Salvaguardia (SLV), riportando per una migliore lettura sia il report fornito da STRATA che ricostruiti su foglio elettronico (Figg. 16 e 17).

TIME SERIES:

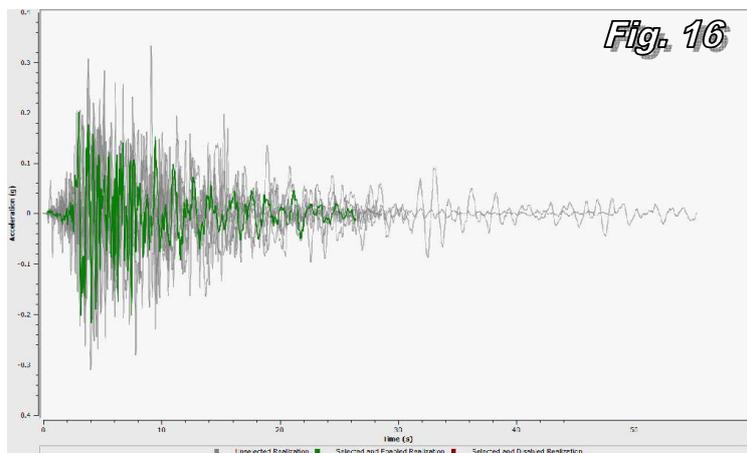
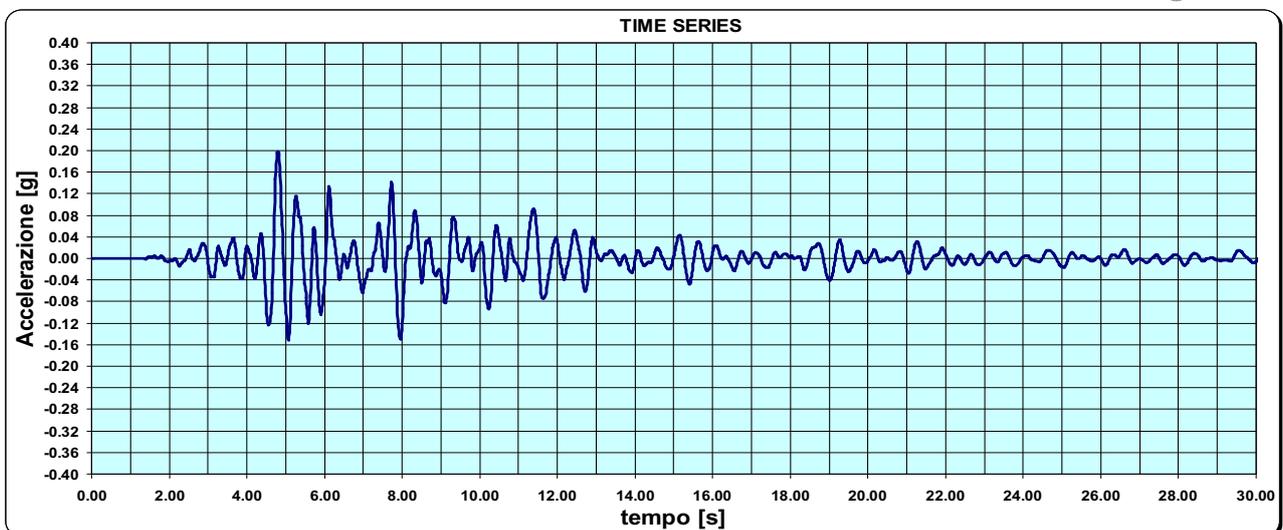
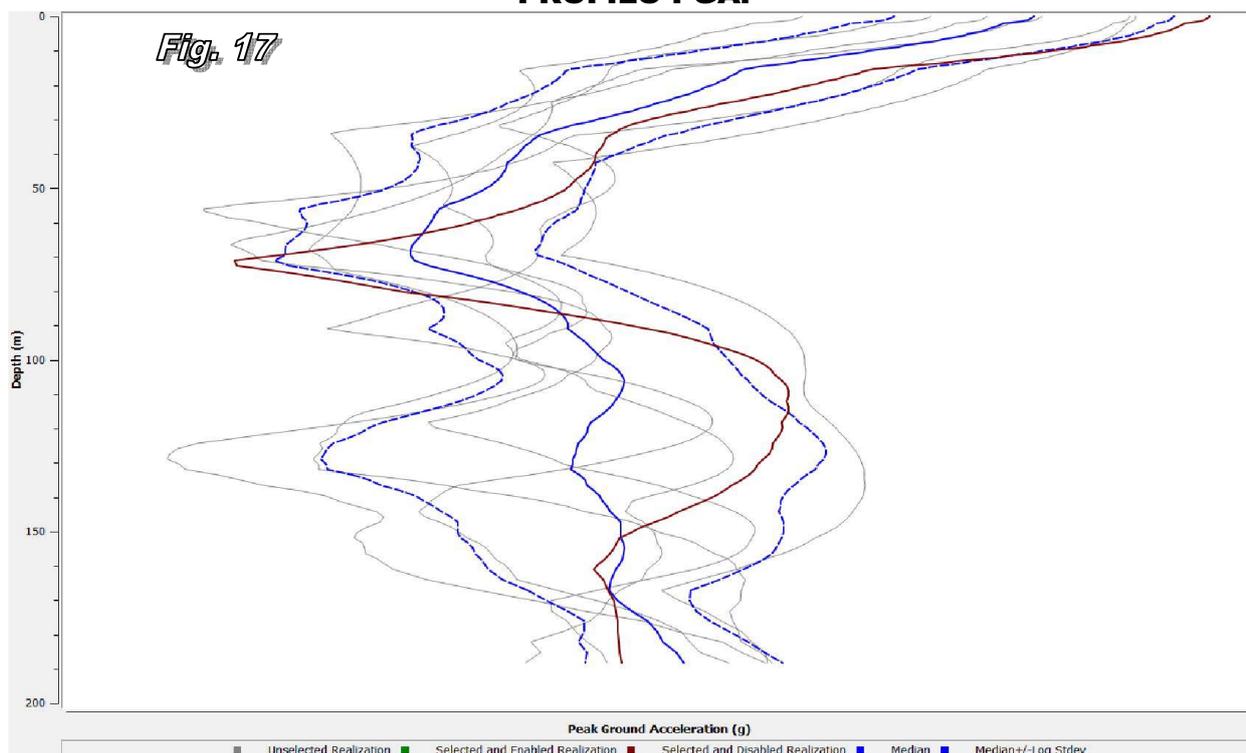


Fig. 16

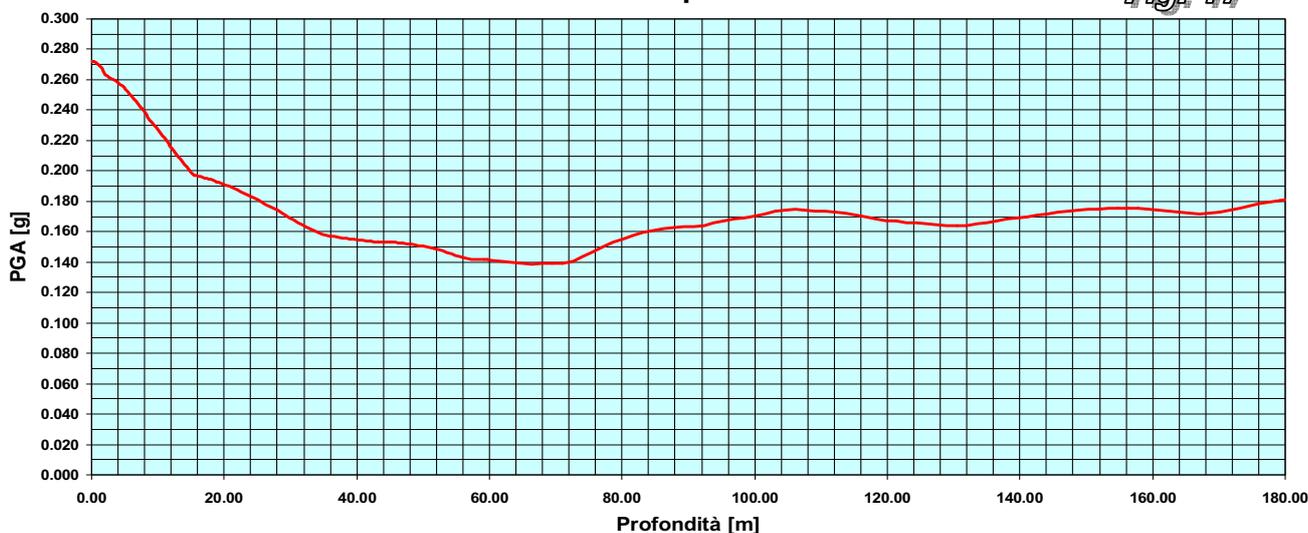


PROFILO PGA:



Valore medio profilo PGA

Fig. 17



Appare immediatamente evidente come la ricostruzione delle TIMESE SERIES e/o del profilo PGA su foglio elettronico risulti oltre che di miglior impatto visivo anche di più semplice lettura.

Confrontando il dato di Risposta Sismica Locale (RSL) con quello derivante dal Metodo semplificato delle NTC2008 (Cfr. Cap. 2) si ha (Cfr. Fig. 16 e Tab. 6 sotto):

| PGA [g] SLV (RSL) | Ag [m/s ²] SLV (RSL) | PGA [g] SLV (NTC) | Ag [m/s ²] SLV (NTC) |
|-------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| 0,272 | 2,668 | 0,183 | 1,795 |

Appare subito evidente come l'Accelerazione di Picco per il sito di progetto, computata tramite RSL (Microzonazione di livello 3), sia più cautelativa rispetto a quella derivante dall'analisi semplificata tramite categorie di suolo.

SPETTRO DI FOURIER AL SUOLO (FAD)

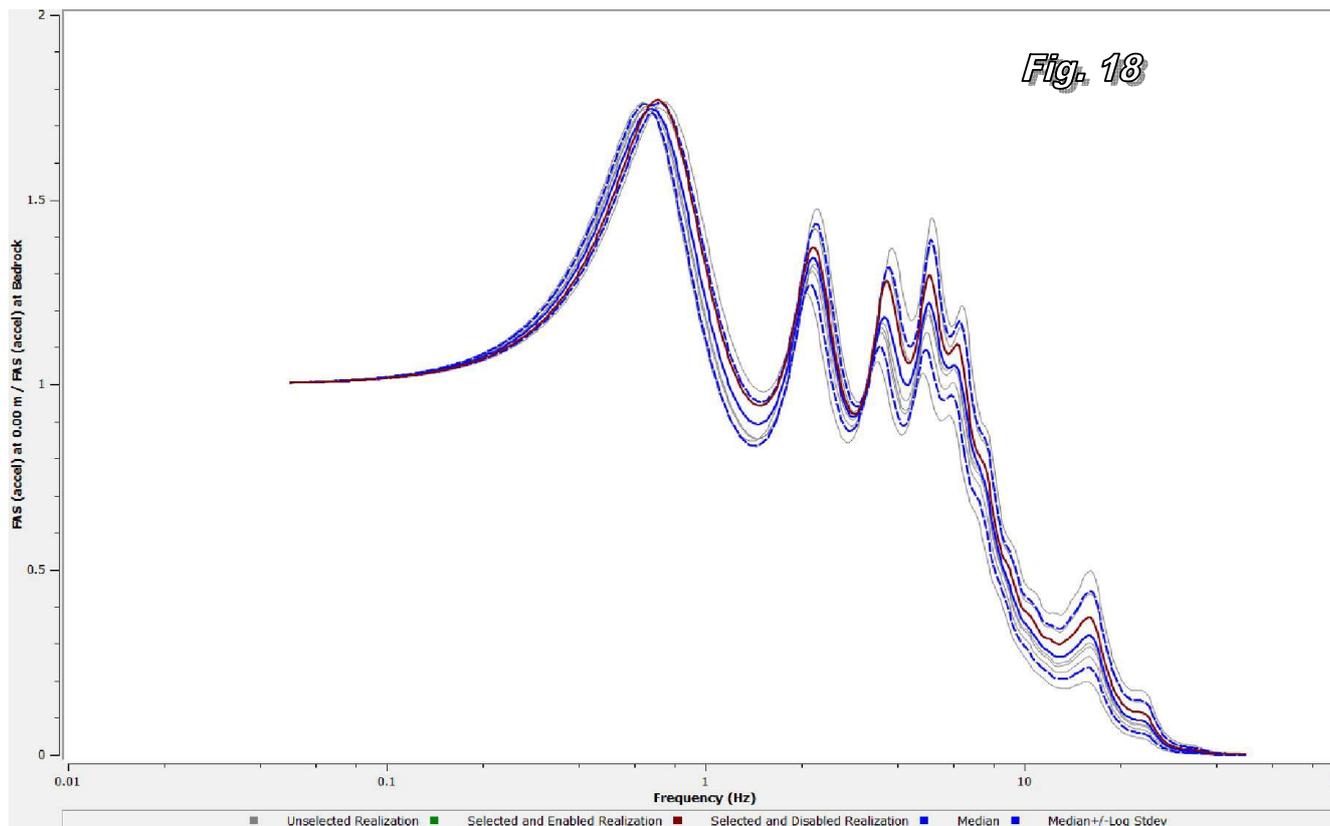
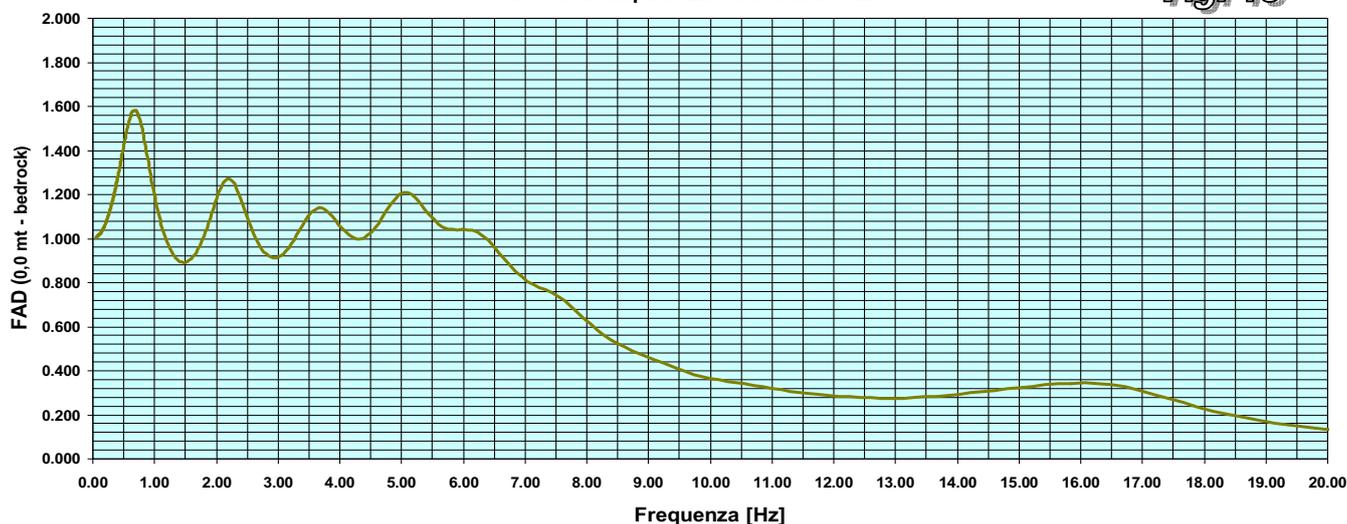


Fig. 18

Fattore di Amplificazione sismica FAD

Fig. 18



Confrontando il dato di Risposta Sismica Locale (RSL) con quello derivante dal Metodo semplificato delle NTC2008 (Cfr. Cap. 2) si ha a $F_0 = 0,679$ Hz (Fig. 18 e Tab. 7 sotto):

| FAD (RSL) | "S" (NTC) |
|--------------|--------------|
| 1,584 | 1,429 |

Anche in tale caso, per il sito di progetto, il Fattore di Amplificazione sismica computato tramite RSL risulta superiore a quello previsto dalle NTC2008 tramite la formula: $S = S_s \times S_t$.

SPETTRO DI RISPOSTA AL SUOLO

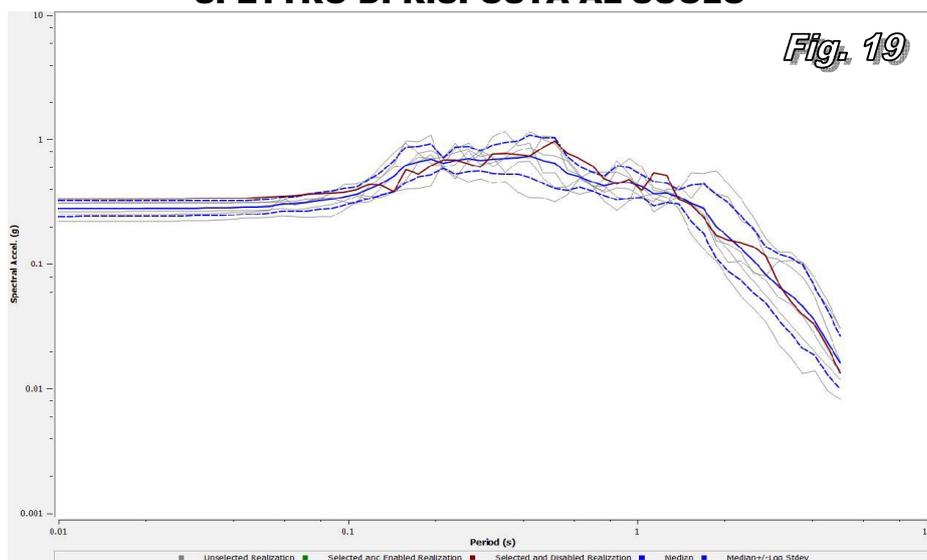


Fig. 19

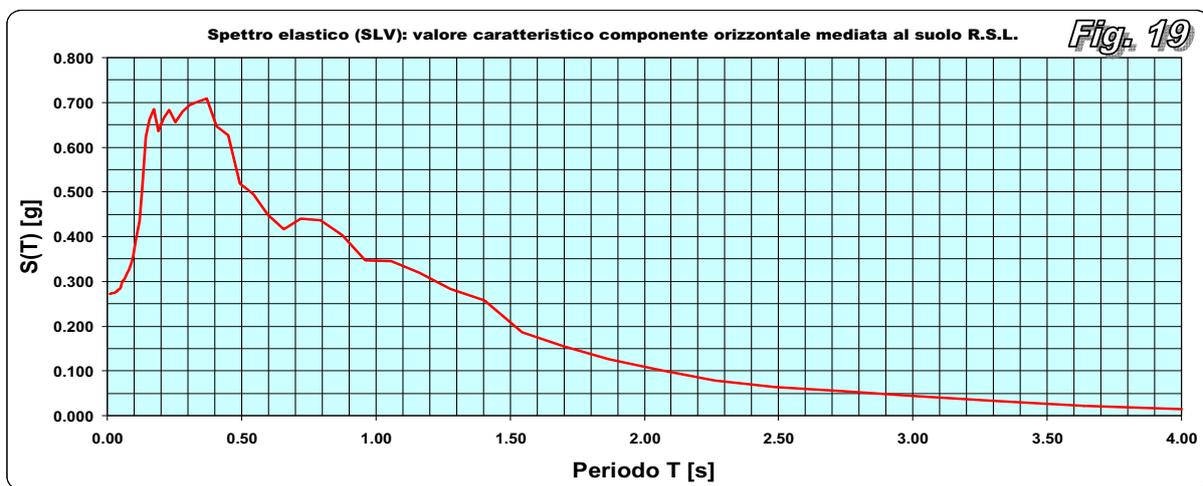


Fig. 19

Per il sito di progetto si è ricostruito lo Spettro di Risposta Elastico al suolo (Fig. 19).

A questo punto non resta altro che sovrapporlo a quello elastico delle NTC2008 e leggere il risultato (Fig. 20).

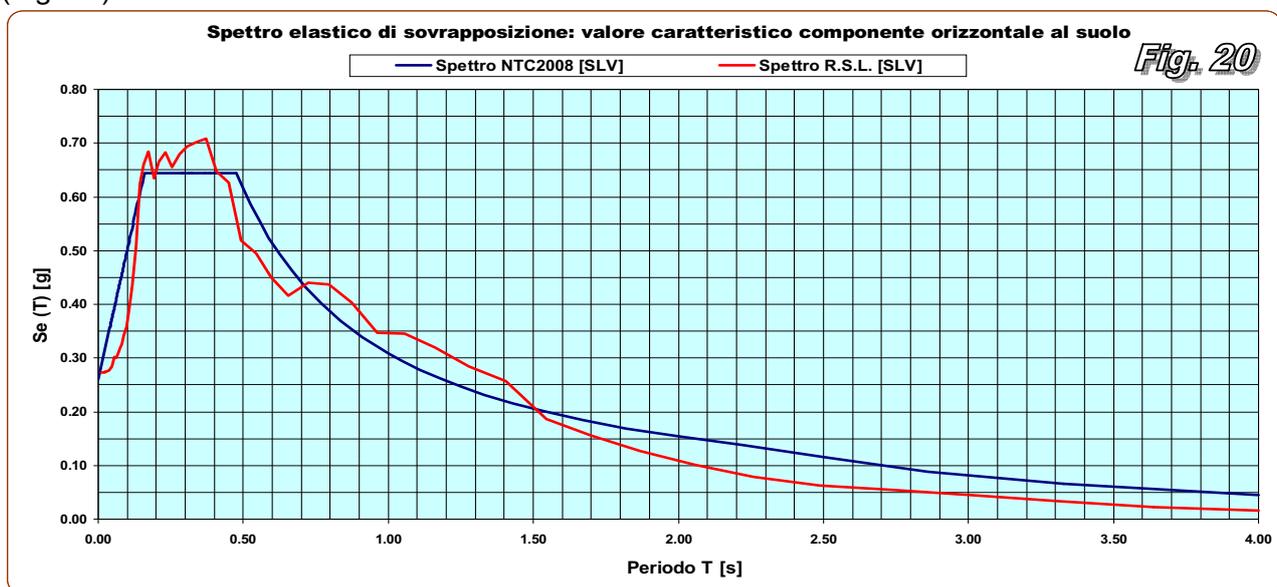


Fig. 20

| PERIODO | Sa (T) |
|---------|--------|
| 0.010 | 0.273 |
| 0.011 | 0.273 |
| 0.012 | 0.273 |
| 0.013 | 0.273 |
| 0.015 | 0.273 |
| 0.016 | 0.273 |
| 0.018 | 0.273 |
| 0.019 | 0.274 |
| 0.021 | 0.274 |
| 0.024 | 0.274 |
| 0.026 | 0.275 |
| 0.028 | 0.275 |
| 0.031 | 0.276 |
| 0.034 | 0.277 |
| 0.038 | 0.278 |
| 0.042 | 0.280 |
| 0.046 | 0.283 |
| 0.050 | 0.287 |
| 0.055 | 0.302 |
| 0.061 | 0.301 |
| 0.067 | 0.309 |
| 0.074 | 0.318 |
| 0.081 | 0.326 |
| 0.089 | 0.342 |
| 0.098 | 0.359 |
| 0.108 | 0.395 |
| 0.119 | 0.435 |
| 0.130 | 0.508 |
| 0.143 | 0.623 |
| 0.158 | 0.661 |
| 0.173 | 0.684 |
| 0.191 | 0.635 |
| 0.210 | 0.666 |
| 0.231 | 0.683 |
| 0.254 | 0.656 |
| 0.279 | 0.680 |
| 0.307 | 0.694 |
| 0.337 | 0.702 |
| 0.371 | 0.708 |
| 0.408 | 0.647 |
| 0.449 | 0.627 |
| 0.494 | 0.518 |
| 0.543 | 0.495 |
| 0.597 | 0.450 |
| 0.657 | 0.417 |
| 0.722 | 0.439 |
| 0.794 | 0.436 |
| 0.873 | 0.404 |
| 0.961 | 0.347 |
| 1.056 | 0.346 |
| 1.162 | 0.320 |
| 1.278 | 0.284 |
| 1.405 | 0.257 |
| 1.545 | 0.186 |
| 1.700 | 0.155 |
| 1.869 | 0.127 |
| 2.056 | 0.102 |
| 2.261 | 0.078 |
| 2.486 | 0.063 |
| 2.734 | 0.054 |
| 3.007 | 0.044 |
| 3.307 | 0.033 |
| 3.637 | 0.023 |
| 4.000 | 0.015 |
| 0.371 | 0.708 |

Nella Tabella è riportato analiticamente lo Spettro elastico medio in formato numerico computato tramite *STRATA alpha*. Con dei semplici passaggi tramite un normale foglio elettronico è possibile costruire il grafico di Fig. 19 e sovrapporlo a quello elastico delle NTC (Fig. 20).

Dalla semplice lettura del grafico si evidenzia che l'amplificazione sismica e l'accelerazione di picco ottenuti tramite RSL sono superiori a quelli definiti tramite NTC2008 del metodo delle categorie di suolo.

A questo punto è sufficiente confrontare i dati, sia numerici o direttamente dal grafico di Fig. 20 e si ottiene a $T = 0,371$ sec ($f = 2,695$ Hz):

| Se [g] (RSL) | Se [g] (RSL) |
|--------------|--------------|
| 0,708 | 0,646 |

In termini di accelerazione di picco avremo (Cfr. Tab. 6 e Tab. 7):

| PGA [g] SLV (RSL) | FAD [-] (RSL) | Ag [m/s ²] SLV (NTC) |
|-------------------|---------------|----------------------------------|
| 2,668 | 1,584 | 4,227 |
| PGA [g] SLV (NTC) | "S" [-] (RSL) | Ag [m/s ²] SLV (NTC) |
| 1,795 | 1,429 | 2,567 |

Come potete notare, io ho utilizzato come fattore di amplificazione sismica dinamica il FAD ricavato tramite RSL (Cfr. Fig. 18) e non il fattore di amplificazione "S" definito dalle NTC2008 come rapporto tra "Ss" ed "St".

Esistono in tal caso due scuole di pensiero. C'è chi sostiene che il PGA debba essere moltiplicato per "S", ovvero l'amplificazione sismica definita dalle NTC2008 in quanto "normate" e quindi Legge, chi invece asseconda l'ipotesi che il FAD calcolato tramite RSL sia quello effettivo del sito, indipendentemente da quello previsto per legge.

Il lavoro del geologo potrebbe concludersi qua, con l'indicazione numerica e la graficizzazione dei dati di Risposta Sismica Locale. Sta poi alla capacità dell'ingegnere di leggere il dato reale dai grafici e dai dati tabellati, ovvero i valori di PGA di picco, FAD (o "S"), F_0 , T_b , T_c , T_d ecc..

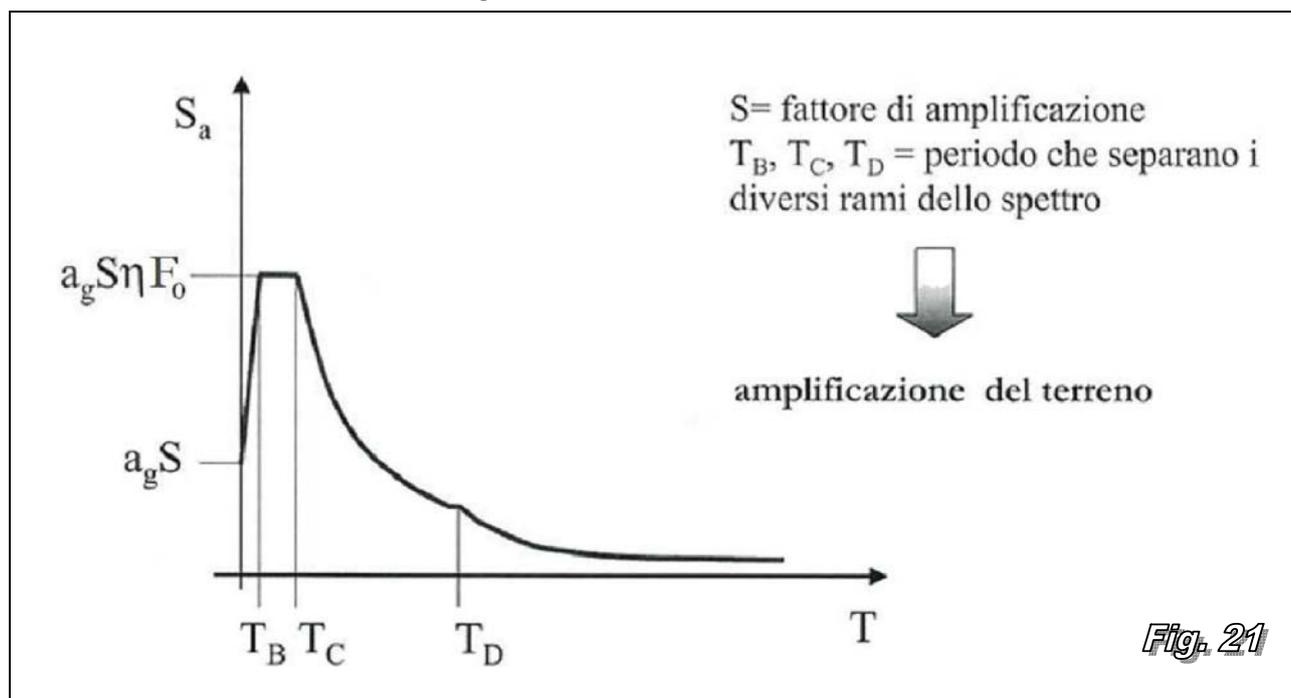
Tuttavia è noto che non tutti i calcolisti delle strutture sono così "vasti" da saper leggere e comprendere i dati, sia grafici sia numerici, e non è raro (anzi sovente è il contrario) che il software ingegneristico è "rigido", quindi non è "editabile", pertanto non riconosce altri spettri se non quelli di normativa (SIC!). Il rischio è pertanto che l'analisi eseguita sia considerata pleonastica dal punto di vista applicativo (cosa che in realtà non è assolutamente... e per giunta è un obbligo previsto dalla legge stessa).

Considerato inoltre che informazioni reali ed utilissime provengono sia dall'analisi dello Spettro di risposta alle accelerazioni orizzontali, sia dall'analisi delle frequenze di risonanza del suolo (f), confrontante con quelle della struttura da realizzare e/o in opera per elidere i cosiddetti fenomeni di "doppia risonanza", dal mio punto di vista è necessario proseguire la nostra opera "NORMALIZZANDO" il dato, vale a dire "esprimere" lo spettro elastico della risposta sismica locale orizzontale, ottenuto dallo studio di RSL, con le equazioni 3.2.4 delle NTC2008.

Ciò che appare immediato nello Spettro creato tramite RSL è che il contenuto in frequenze ed accelerazioni è irregolare nelle forme (Cfr. Fig. 19 e 20); dobbiamo pertanto ricostruirne uno "lineare", ove TUTTI gli ingegneri possono effettuare le loro considerazioni.

Prima di parlare di "normalizzazione" è necessario un rapidissimo passaggio di teorico di ingegneria sismica.

In Fig. 21 è rappresentato graficamente uno Spettro di risposta, con l'indicazione dei vari "rami" e dei rispettivi dati, laddove per il loro significato si rimanda alle conoscenze di ciascun geologo, alla letteratura ed alle norme tecniche vigenti.

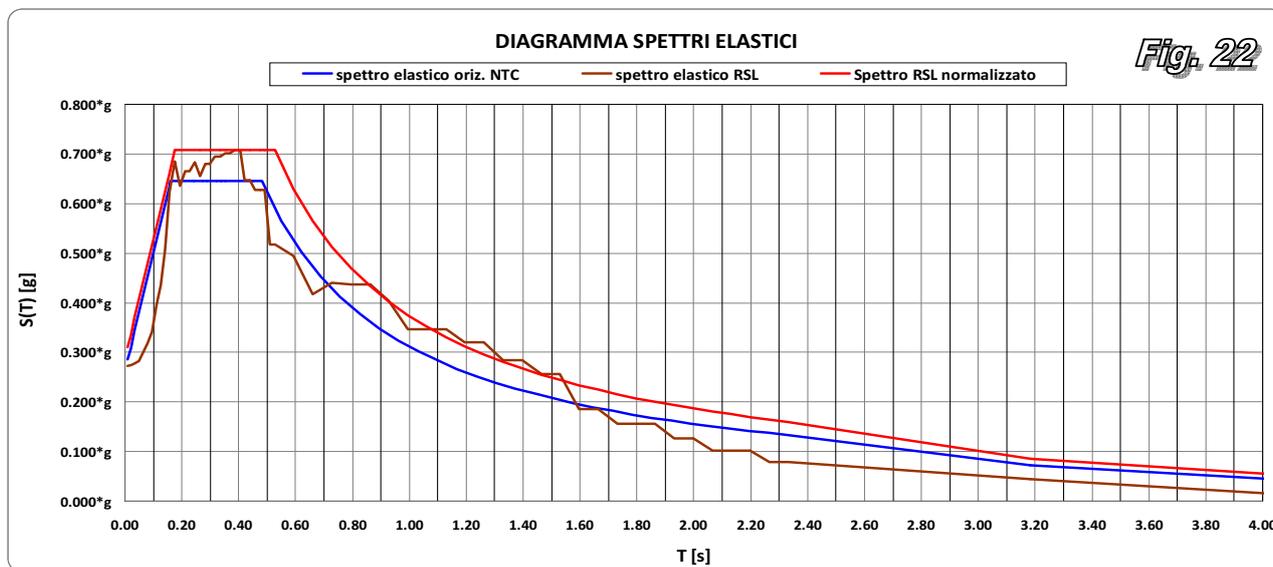


Ciò che a noi interessa è la "normalizzazione" dell'elemento finale, ovvero la linearizzazione dei rami dello spettro.

Questa può essere fatta in 2 modi:

- GRAFICAMENTE (soluzione rapida): semplicemente tracciando delle linee rette nei punti fissi di passaggio della Fig. 20 (tenendo conto del significato dei dati esposti in Fig. 21) e la cosa è fatta; basta poi leggere il valore sul grafico e riportarlo numericamente nella nostra Relazione.
- ANALITICAMENTE (soluzione migliore), ma è necessaria una certa conoscenza informatica per ricostruirsi lo Spettro normalizzato tramite foglio elettronico attraverso il "Processamento dei dati per iterazione".

Indipendentemente dalla tecnica di NORMALIZZAZIONE adottata il risultato finale è rappresentato nel Figura 22.



La lettura del grafico di Fig. 22 è ora palese, e consente di definire tutti i parametri dello Spettro Elastico del sito di progetto e confrontarli con quelli delle NTC2008.

Ricapitolando e confrontando abbiamo:

| Parametri sismici elastici associati allo Stato Limite SLV: | | | | | | | | | | |
|---|---------------|--------------|--------------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|----------|--------------|-------|
| Approccio analitico: R.S.L. accelerogrammi su Approccio semplificato: NTC2008 | | | | | | | | | | |
| STATO LIMITE | A_g | F_o | T_c^* | A_g | St | Ss | A_g | θ | Kh | Kv |
| | [g] | [-] | [s] | [m/sec ²] | [-] | [-] | [m/sec ²] | [-] | [-] | [-] |
| R.S.L."FAD" | 0,272 | 2,598 | 0,371 | 2,668 | 1,584 | | 4,226 | 0,240 | 0,103 | 0,052 |
| R.S.L. "S" | 0,272 | 2,598 | 0,371 | 2,668 | 1,00 | 1,276 | 3,404 | 0,240 | 0,083 | 0,042 |
| N.T.C. | 0,183 | 2,470 | 0,313 | 1,795 | 1,00 | 1,429 | 2,567 | 0,240 | 0,063 | 0,031 |
| STATO LIMITE | $S [T_{max}]$ | $Se [T]$ | T_B | T_c | T_D | | | | | |
| | [g] | [s] | [s] | [s] | [s] | | | | | |
| R.S.L."FAD" | 0,708 | 1,567 | 0,180 | 0,540 | 2,687 | | | | | |
| R.S.L. "S" | 0,708 | 1,567 | 0,180 | 0,540 | 2,687 | | | | | |
| N.T.C. | 0,646 | 1,417 | 0,161 | 0,483 | 2,332 | | | | | |

Questi sono i risultati da fornire al calcolatore delle strutture tramite analisi di RSL, sia in formato numerico/tabellare sia in formato grafico, per lo Spettro di Risposta Elastico.

Come vedete, anche in questo caso ho distinto il dato di Risposta Sismica Locale massimo (usando il parametro "FAD") da quello NTC2008 (usando il parametro "S"). Il risultato finale è differente ed, in questo caso, utilizzando il FAD (fattore di amplificazione dinamica) ancora più cautelativo.

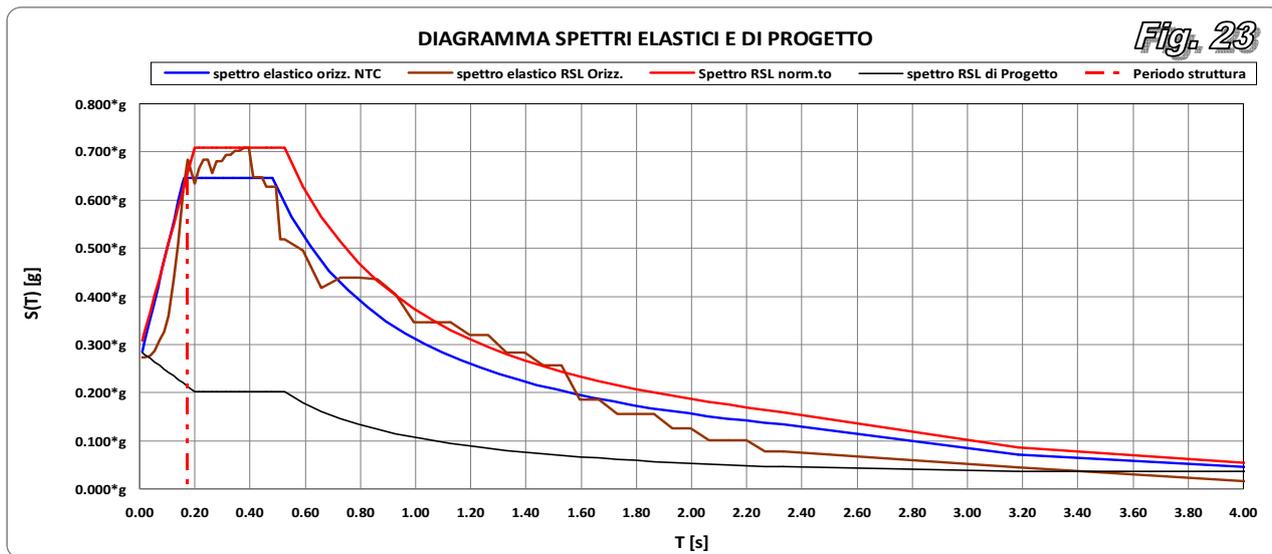
In ogni caso sta all'ingegnere delle strutture scegliere il dato maggiormente rispondente (è sufficiente commentare come e dove derivano i risultati esposti).

Nel caso siano noti (o anche ipotizzabili) i parametri di progetto, ovvero periodo della struttura "T" e fattura di struttura massimo "q", allora possiamo ricostruire anche lo Spettro di Risposta orizzontale allo stato di salvaguardia (SLV) per la struttura.

Nel nostro caso abbiamo:

- fattura di struttura massimo "q" = 3,50
- periodo della struttura "T" = 0,17 sec

La rappresentazione grafica dello Spettro di Progetto sulla Spettro Elastico è presto fatta (Fig. 23):



5.5 DEDUZIONI ALL'APPROCCIO RIGOROSO. L'approccio rigoroso è ritenuto la via ufficiale dalle Norme tecniche per le costruzioni NTC2008 (Cap. 3.2.2 e Prg. 7.11.3).

In relazione a ciò io ritengo che uno strutturista, nel caso in cui la Relazione di Modellazione Sismica contenga un'analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) tramite l'approccio "Rigoroso", è VINCOLATO ad utilizzare gli Spettri ed i parametri forniti con la RSL e NON le categorie di Suolo tramite approccio semplificato alle NTC2008.

Si rappresenta che nel caso in oggetto l'analisi di Risposta Sismica Locale ha fornito dati più cautelativi rispetto a quelli desunti dalle NTC2008.

Non di rado si assiste al contrario, vale a dire che il dato estrapolato in maniera rigorosa tramite RSL sia meno cautelativo rispetto a quello "automatico" delle categorie di suolo che, come sappiamo, considera in maniera semplificata il territorio italiano sotteso a maglie sismiche quadrangolari, all'interno delle quali (fatta eccezione per il parametro "S" di amplificazione sismica locale) valgono i medesimi parametri sismici.

Quanto sopra, se applicato alla progettazione strutturale, si esplicita in un aumento o riduzione (anche marcati) dei costi di costruzione dell'opera.

In definitiva, l'analisi di RSL, sia "analitico/speditiva" che "rigorosa", oltre che di corredo alle opere di ingegneria strutturale (manufatti per intenderci), risulta fondamentale per lo Studio di movimenti gravitativi e le relative verifiche di stabilità nonché per la Pianificazione territoriale ed urbanistica.

Fabio ROSSI. Geologo Libero professionista. Porto Sant'Elpidio.

BIBLIOGRAFIA

- Ambraseys N., Smit P., Berardi R., Rinaldis D., Cotton F., Berge C. (2000)** – Dissemination of European strongmotion data (Cd-Rom collection).European Commission, Dgxi, Science, Research and Development, Bruxelles
- Ambraseys N., Douglas J., Rinaldis D., Berge-Thierry C., Suhadolc P., Costa G., Sigbjornsson R., Smit P. (2004)** – Dissemination of European strong-motion data, vol 2,Cd-Rom.Collection. Engineering and Physical Sciences Research Council, United Kingdom
- APAT (1965)** - F° 152 "Sora" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000
- AA.VV. (1991)** – Ambiente fisico delle Marche – Geologi – Geomorfologia – Idrogeologica. Carta Geologica delle Marche- Regione Marche - S.E.L.C.A. s.r.l. Firenze, 255 pp.
- Bardet J.P., Ichii K. & Linn C.H. (2000)** – EERA, A computer program for Equivalent Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposits.University of Southern California
- Borcherdt, R. D., Gibbs, G. F. (1976).** Effects of Local Geological Conditions in the S. Francisco BayRegion on Ground Motion and the Intensities of the 1906 Earthquake. Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 66.
- Cavalieri R. (2010)** - Risposta sismica dei terreni e spettro di risposta normativo. Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Aerospaziale e Geotecnica.
- Chiauzzi L ed altri (2010)** - stima del periodo fondamentale di edifici esistenti in cemento armato nelle città di victoria e vancouver (bc, canada) tramite misure di vibrazione ambientale. GNGTS - XXIX Conferenza Nazionale26 - 28 ottobre 2010, Teatro Metastasio, Prato.
- Clemente L. & Bedon C. (2010)** - **NORMATIVA SISMICA** Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008). Corso di Ingegneria Sismica.
- Di Francesco R. (2010)** - **RISPOSTA SISMICA LOCALE:** parte I - definizione e concetti
- D'Intinosante V. (2012)** - Analisi risposta sismica locale monodimensionale per la progettazione edilizia. Esercitazione pratica. Regione Toscana. Direzione generale delle politiche territoriali, ambientali e per la mobilità. Coordinamento regionale prevenzione sismica
- Di Raimondo (2012)** - un caso di analisi di risposta sismica locale (RSL) nel centro storico di Ragusa.
- Eurocode 8 (1993):** Earthquake Resistant Design of Structures. Second Draft CEN/TC250/SC8. PT1: General Rules.
- Facciorusso J. (2010)** - Analisi della risposta sismica locale. Seminario di aggiornamento: "La Risposta Sismica Locale, teoria e pratica professionale con riferimento alle NTC2008" Ingenieurkammer Der Autonomen Provinz Bozen Bolzano, 23 settembre 2011
- Ferraro A. (2010)** - Analisi numerica della risposta sismica locale in situazioni geotecniche complesse DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA GEOTECNICA XXIII Ciclo UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE.
- Fukushima, Y., Tanaka, T. (1990).** A New Attenuation Relation for Peak Horizontal Acceleration of Strong Earthquake Ground Motion in Japan. Bull. Seism. Soc. Am. Vol.80.
- Gruppo di Lavoro MS-AQ (2010)** – Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana. Regione Abruzzo– Dipartimento della Protezione Civile, L'Aquila, 3 vol. e Cd-rom.
- Idriss I.M. & Sun J.I. (1992)** – **SHAKE91:** A computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soil deposits.User's Guide, University of California, Davis, California, 13 pp.
- Iervolino I., Galasso C. & Cosenza E. (2010-2013)** - **REXEL:** computer aided record selection for codebased seismic structural analysis.Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362.
- Kottke Albert R. & Rathje Ellen M. (2008-2012)** – Technical Manual for Strata - PEER 2008/10

- Kramer S.L. (1996)** - Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall, pp. 652.
- Lanzo G. & Silvestri F. (1999)** –Risposta Sismica Locale.Edizioni Hevelius.
- Madai C. (2000)** - Il manuale internazionale TC4 per la zonazione dei rischi geotecnici: un esempio di applicazione al contesto italiano (Dipartimento di Ingegneria Civile – Università di Firenze).
- Mayne, P. W., Rix, G.J. (1995)**. Correlation between Shear Wave Velocity and Cone Tip Resistance in Natural Clays. Soils and Foundations. Vol. 35, N. 2.
- Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards**. The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Mucciarelli (2009)** - Tecniche Speditive per la Stima dell'Amplificazione Sismica e della Dinamica degli Edifici. Studi teorici ed applicazioni professionali. MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA.
- Mucciarelli (2012)** - Input sismico da Risposta Sismica Locale: dai vantaggi teorici a tre casi pratici. Convegno: Sismicità della Pianura Veneta (Rovigo).
- Nakamura, Y. (1989)**. A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremors on Ground Surface. QR of RTRI. Vol. 30.
- NTC2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni**. Decreto 14 gennaio 2008 del Ministero delle Infrastrutture. Supplemento Ordinario della G.U. n. 29 del 4.02.2008
- Parolai S. (2012)** - Investigation of Site Response in Urban Areas by Using Earthquake Data and Seismic Noise. Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Department 2: Physics of the Earth, Section 2.1: Earthquake Risk and Early Warning, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany
- Prestininzi A., Pugliese A. Romeo R.W.** - “Proposta di classificazione e azioni sismiche da applicare al territorio italiano” - Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 1 –2005.
- Riga G. (2008)** - Microsism - Procedure di microzonazione sismica. Dario Flaccovio Editore.
- Shima, E. (1978)**. Seismic Microzoning Map of Tokyo. Proc. Second Int. Conf. on Microzonation. Vol. 1.
- Schnabel P.B., Lysmer J. & Seed H.B. (1972)** –S HAKE: A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites. Report No. EERC 72-12, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, California.
- Sabetta, F., Pugliese A. (1987)**. Attenuation of Peak Horizontal Acceleration and Velocity from Italian Strong-motion Records. Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 77.
- Sanò T. (2011)** - Le Analisi Numeriche per la Valutazione della Risposta Sismica Locale. Valutazione della risposta sismica locale ai fini antisismici. Università degli Studi di Udine SERM-SEismic Risk Management
- Shima, E. (1978)**. Seismic Microzoning Map of Tokyo. Proc. Second Int. Conf. on Microzonation. Vol. 1.
- Simoni G. (2004)**. Effetti sismici locali applicazione: risposta sismica locale a Città di Castello. Appunti della lezione del 25/03/04. Università degli Studi di Firenze. Facoltà di Ingegneria Corsi di Laurea in Ingegneria Civile ed in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio. Corso di Geotecnica II - Anno Accademico 2003/04. Prof. Ing. Teresa Crespellani
- Smerzini C. & Paolucci R. (2011)** –SIMBAD: a database with Selected Input Motions for displacement-Based Assessment and Design– 2nd release. Research Project DPC – RELUIS 2010-2013
- Technical Committee For Earthquake Geotechnical Engineering TC4** – ISSMFE (1993).
- Wakamatsu, K. (1997)**. Application of the TC4 Manual for Soil Liquefaction Assessment to the 1995 Hyogoken- Nambu (Kobe) Earthquake. In: Seco e Pinto P. S. (Ed.): Seismic Behaviour of Ground and Geotechnical Structures.
- Working Group ITACA (2010)** -Data Base of the Italian strong motion records: <http://itaca.mi.ingv.it>

Tecnosondaggi

Tecnosondaggi di Claudio Brugiapaglia
 Via Abbadia, 39 60027 Osimo (AN)
 Tel e fax 071 781840 - 3356686573
 P. Iva 01511970426 - C.F. BRGCLD68D03A271M
 tecnosondaggi@katamail.com - www.tecnosondaggi.it



- SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO
- SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO IN SPAZI RIDOTTI
- SONDAGGI PER MONITORAGGI AMBIENTALI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT
- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH
- PERFORAZIONI MURATURE CON CAROTATRICE HILTY



- INSTALLAZIONE DI TUBI INCLINOMETRICI
- INSTALLAZIONE DI TUBI PIEZOMETRICI DI VARIO DIAMETRO
- INSTALLAZIONE DI FESSURIMETRI A PARETE
- INDAGINI SISMICHE MASW E HVSR



di DONNINI A. & MANTONI F.
 Via Piano di Frassineta, 109 - 60041 Sassoferrato (AN)
 Tel/Fax: 0732/96839 - Cell.: 338/9056200 & 328/2652947
 P.Iva: 02495830420 - C.F.: 02495830420

**INDAGINI & GEOFISICHE
 PROVE IN SITO**

PROVE IN SITO:

- Prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H
- Prove penetrometriche dinamiche D.P.M
- Prove penetrometriche statiche C.P.T-200KN
- Prove di carico su piastra

INDAGINI GEOFISICHE:

- prospezioni sismiche a rifrazione in onde P-SH
- prospezioni geoelettriche
- prove sismiche M.A.S.W.
- prove sismiche Re.Mi.
- prove H.V.S.R.

Per Informazioni e/o Preventivi: servizisismici@hotmail.it

PROVE PENETROMETRICHE

STATICHE 20 T
DINAMICHE Dm30 e DPSH
LETTURE INCLINOMETRICHE

strumentazione di prim'ordine
elaborazioni con i programmi più
aggiornati

- professionalità
- competenza
- rapidità
- prezzo

informazioni: Raffaele Achilli 389.57.18.641 - 0733.28.34.69



14 anni di attività nel campo
delle penetrometrie e
4000 prove effettuate
(diffidate di chi improvvisa)

GEOS s.n.c. geofisica

tomografia elettrica - geoelettrica - tomografia sismica - m.a.s.w. - misura h.v.s.r. - down hole - georadar - elettromagnetismo - analisi vibrazionali

Indagini geofisiche per la geologia, ingegneria ed ambiente

Geologia del sottosuolo • Frane • Idrogeologia

Cave • Discariche • Siti inquinati

Sottoservizi stradali • Archeologia

Ingegneria sismica • Controlli sulle murature • Vibration monitoring

60035 JESI (AN) • Largo Grammercato, 3 • tel.&fax. 0731.200260 • email: geosgeofisica@fastwebnet.it • www.geosgeofisica.it

GECO

GECO di Curatolo A. e Gaggiotti M. snc

Sede legale: VIA SELVA, 132 - 60037 MONTE S. VITO (AN)

Sede operativa: VIA OSOPPO, 38 - 60100 FALCONARA MARITTIMA (AN)

P.I./C.F: 02541280422

tel/fax: 071 91 56 126 tel/cell: 328/2040857 328/0282743

Mail: info@gecosnc.com

www.gecosnc.com

SI ESEGUONO LAVORI IN TUTTA ITALIA

INDAGINI SISMICHE

PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE
E RIFLESSIONE ONDE P-SH

PROSPEZIONI IN FORO TIPO DOWN-HOLE
E CROSS-HOLE

MISURE M.A.S.W.

MISURE HVSR (TROMOGRAFO)
TECNOLOGIA NAKAMURA

PROSPEZIONI GEOELETTRICHE
(TOMOGRAFIA ELETTRICA)

GEORADAR



PROVE IN SITU

SONDAGGI GEOGNOSTICI
A CAROTAGGIO CONTINUO E
A DISTRUZIONE DI NUCLEO

PROVE PENETROMETRICHE
STATICHE-DINAMICHE

PROVE DI PORTATA A GRADINI
O CARICO CONTINUO

CAROTAGGI SU MURATURA E
CEMENTO ARMATO
(CAROTATRICE HILTI)

CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

PROVE EGOMETRICHE SU PALI DI
FONDAZIONE

PROVE CON MARTINETTO PIATTO
SINGOLO-DOPPIO

BASI DEFORMOMETRICHE

RILIEVI PIEZOMETRICI PUNTUALI ED IN
CONTINUO

PROVE DI CARICO SU PIASTRA

MONITORAGGI INCLINOMETRICI



DUBBI CERTI

(rubrica di recensioni ed osservazioni varie)

a cura di **Fabio Lattanzi** (chowan@tiscali.it)

Frase del quadrimestre

“La teoria è quando si sa tutto e niente funziona. La pratica è quando tutto funziona e nessuno sa il perché. Noi abbiamo messo insieme la teoria e la pratica: non c'è niente che funzioni... e nessuno sa il perché.”
(Albert Einstein)

RECENSIONE



Liquefazione dei terreni e fenomeni associati

Alberto Bruschi

Dario Flaccovio Editore

Parlando non molto tempo fa di terremoti con un politico, accennai qualcosa sulla liquefazione dei terreni, lui per far bella figura e farmi vedere che era preparato in materia (perché aveva visto un “documentario”) prontamente mi ribattè dicendo che questo fenomeno purtroppo era anche legato alla attuale situazione di riscaldamento globale del pianeta... lo rimasi a guardarlo fisso e muto per circa un minuto... Riflettendo...

Il bel libro di Alberto Bruschi sulla liquefazione dei terreni, illustra quello che è lo stato dell'arte di questo argomento, con un approccio della materia editorialmente realizzato “all in one”. Insomma comprando questo libro si diventerà come dicono alcune recenti pubblicità “visibilmente” più bravi e preparati.

Indice sintetico degli argomenti

1. Il fenomeno della liquefazione
2. Suscettibilità alla liquefazione: una valutazione oggettiva
3. La valutazione della liquefacibilità – I metodi basati sullo stato tensionale dalle prove in sito (o metodi semplificati)
4. La valutazione della liquefacibilità – L'approccio basato sulla deformazione ciclica
5. La valutazione della liquefacibilità – I metodi basati sull'energia sviluppata dal sisma
6. Cedimenti dovuti al sisma
7. Deformazioni laterali (Lateral spreading)
8. Resistenza residua nei terreni liquefatti
9. Liquefazione e normativa italiana a cura del dott. geol. Antonio Giulio Cosentino che si ringrazia per la preziosa collaborazione a cura del dott. G.A. Cosentino

Bibliografia.

