

# GEOLOGI MARCHE

PERIODICO ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

Spedizione con Posta Target Creative



RISORSE PER IL TERRITORIO  
E LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

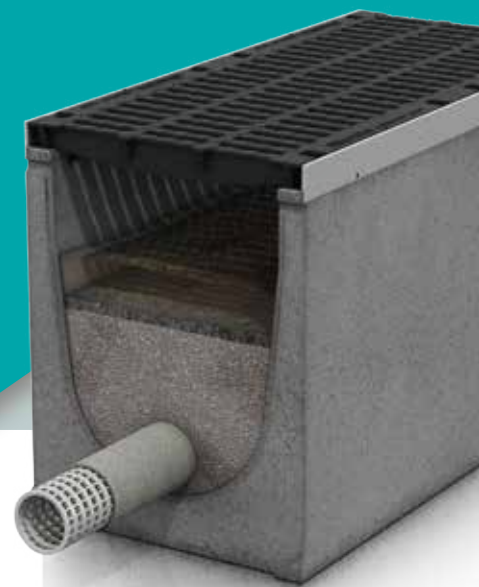
N° 1  
2018





**DRAINFIX®CLEAN**  
Il nuovo sistema per il  
naturale trattamento  
delle acque meteoriche

Guarda il video del  
**DRAINFIX®CLEAN**



## La gestione delle acque meteoriche é il futuro. Il futuro é la nostra vision.

La continua cementificazione delle superfici unita all'aumento delle forti precipitazioni costringono le comunità ad affrontare sfide sempre più grandi. L'acqua piovana deve essere ricondotta alle falde sotterranee ma durante questa operazione, **non devono penetrare sostanze nocive ed inquinanti** che le inquinerebbero, danneggiando l'ecosistema. Con **DRAINFIX® CLEAN**, HAURATON ha sviluppato un sistema orientato al futuro per il trattamento efficace ed ecologico dell'acqua piovana. Il sistema, costituito da una canaletta con filtro **CARBOTEC®60**, la quale ha un'ottima ritenzione delle particelle più piccole (da 0.006 a 0.060 mm), é in grado di compiere quattro funzioni: drenaggio superficiale, ritenzione delle acque, trattamento e scarico delle acque meteoriche. Un sistema adattabile ad ogni progetto. **Progettare per il futuro é la nostra passione, la nostra vision.**

# GECEO

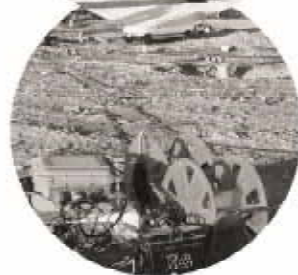
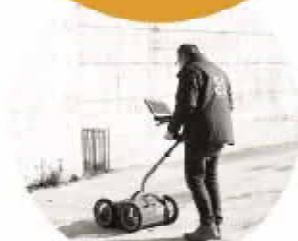
Servizi Geologici & Indagini Sismiche

## Geognostica e prove in sito



- › Sondaggi a carotaggio continuo ed a distruzione di nucleo con prove in foro
- › Indagini Ambientali
- › Prove penetrometriche  
DPSH-CPT-CPTE-CPTU
- › Sondaggi e prelievo di campioni con tecnologia Geoprobe®
- › Prove di emungimento su pozzi e piezometri
- › Prove di carico su pali, micropali
- › Prove di trazione e a sfilamento

## Geofisica e Geoelettrica



- › Sismica a rifrazione, riflessione  
Down Hole, Cross Hole
- › MASW, SASW
- › Sismica passiva: REMI, HVSR  
ESAC, SPAC
- › Analisi di risposta sismica locale
- › Geoelettrica SEV, SEQ, FLV
- › Tomografia elettrica 2D e 3D
- › Rilievi Georadar
- › Log geofisici in foro

## Monitoraggi



- › Monitoraggio frane e versanti  
(inclinometri estensimetri, ecc..)
- › Monitoraggi idrogeologici e strumentali  
(piezometri elettrici, misuratori di portata ecc..)
- › Monitoraggi ambientali  
(stazioni meteorologiche, sonde soil gas  
sensori fisico-chimici, campi elettromagnetici)
- › Monitoraggio strutturale (fessurimetri,  
clinometri, estensimetri, assensimetri,  
celle di carico ecc..)
- › Sistemi area velocity
- › Videoispezioni di tubature e pozzi



# La sicurezza non ha prezzo.

Nanometrics: reti sismiche, Strong Motion, Early Warning...

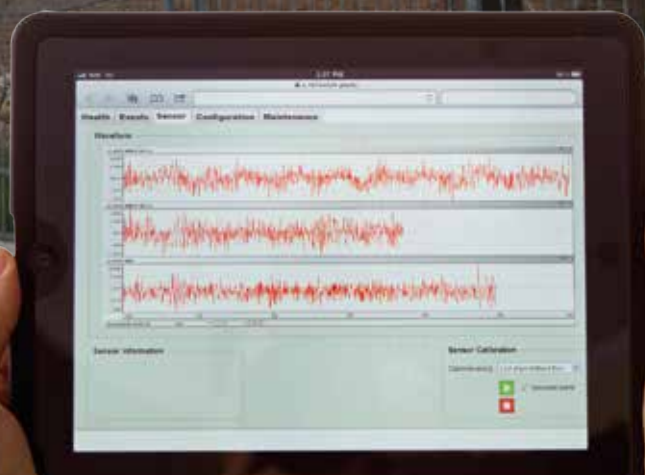


Photo: Arianna Pesci

**Monitoraggio ambientale**  
Magnetometri, interferometri da terra...

**Studio del sottosuolo**  
Georadar, sismica, geoelettrica...

**Ingegneria civile**  
Georadar 3D, laser scanner, inclinometri...

**Rilievi costieri e fondali marini**  
Multibeam, SSS, SBP, magnetometri...

**Monitoraggio sismico**  
Sismometri, Strong Motion, reti Early Warning...



**CODEVINTEC**

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

tel. +39 02 4830.2175 | [info@codevintec.it](mailto:info@codevintec.it) | [www.codevintec.it](http://www.codevintec.it)



# GEOLOGI MARCHE

PERIODICO ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

**DIRETTORE RESPONSABILE**  
Piero Farabollini

**COORDINAMENTO EDITORIALE**  
Fabio Vita

**REDAZIONE**  
Daniele Mercuri, Cinzia Marucci,  
Michele Gliaschera, Fabrizio Bendia,  
Roberto Ciccio, Stefano De Angelis,  
Fabrizio Iolò, Daniele Morganti,  
Paola Pia Pino D'Astora, Fabio Vita

**UFFICIO E SEGRETERIA**  
Corso Garibaldi n. 28 - 60121 Ancona  
Tel 071.2070930 / Fax 071.2070716  
ordine@geologimarche.it  
geologimarche@epap.sicurezza postale.it

**GRAFICA, IMPAGINAZIONE  
E PUBBLICITÀ**  
Agicom srl  
Viale Caduti in Guerra, 28 - 00060  
Castelnuovo di Porto (RM)  
Tel 06.9078285 / Fax 06.9079256  
lucamallamo@agicom.it  
comunicazione@agicom.it

**STAMPA**  
Spadamedia  
Viale del Lavoro, 31  
00043 Ciampino (RM)

Distribuzione ai Geologi iscritti all'Albo  
delle Marche, al Consiglio Nazionale ed ai  
Consigli Regionali dei Geologi, agli Ordini  
e Collegi Professionali delle Marche, agli  
Enti e Amministrazioni interessati

Gli articoli e le note firmate esprimono  
l'opinione personale dei loro Autori;  
gli articoli firmati impegnano pertanto  
soltanto le responsabilità degli Autori.

In copertina: foto freeimages  
Immagini interne: freeimages e pexel

Registrato al Tribunale di Ancona  
con il n° 1564/2008 già 11/08 del 09/05/2008

## Indice

- PAG 5** **Editoriale**  
PIERO FARABOLLINI
- PAG 6** **Geologi, quale futuro**  
Analisi di una professione da rilanciare  
WALTER BORGHİ
- PAG 10** **La sequenza sismica 2016-2018 nel Centro-Italia:**  
effetti geomorfologici e variazioni idrologiche ed  
idrogeologiche nell'area epicentrale appenninica  
DOMENICO ARINGOLI, MARGHERITA BUFALINI, PIERO FARABOLLINI,  
MASSIMILIANO FAZZINI, EMY FUFFA, MARCO GIACOPETTI,  
CARLO IANNI, MARCO MATERAZZI, GILBERTO PAMBIANCHI,  
PIETRO PAOLO PIERANTONI, GIANNI SCALELLA
- PAG 18** **Ricostruzione post-sisma 2016**  
**Microzonazione sismica**  
**NTC 2018**  
ROBERTO DI GIROLAMO
- PAG 28** **Regolarizzazione dello spettro**  
**ottenuto con gli studi di MS di livello 3 o con la RSL**  
ROBERTO DI GIROLAMO

## A tutti i lettori:

Un gran saluto a tutti i colleghi, conoscete tutti la nostra rivista on-line... e ora, dopo un primo momento di messa a fuoco, abbiamo deciso di produrne anche la versione cartacea!

Per questa nuova avventura abbiamo avviato una collaborazione con l'Agicom srl, società che già collabora con riviste di altri ordini regionali. L'Agicom si occuperà della impaginazione grafica degli articoli, della raccolta pubblicitaria, della stampa finale e della spedizione agli iscritti e a vari enti pubblici.

Il "nostro" contributo, e come nostro intendo di ogni iscritto all'Ordine Geologi delle Marche, sarà quello di fornire il contenuto della rivista. A me è stato assegnato "l'ingrato" compito di coordinatore l'Editoriale!

L'obiettivo che ci siamo posti, per ora, con i colleghi del Consiglio dell'Ordine è di pubblicare due uscite all'anno.

Gli articoli potranno avere carattere "scientifico" o di "ricerca" (e in questa prima uscita ve ne sono due esempi) ma, considerando che la nostra "materia" lo permette, possono spaziare su vari tematismi.

Potrebbe essere interessante proporre una esperienza lavorativa peculiare, fare una riflessione su un aspetto particolare della nostra professione (sismica, geotecnica, idrogeologia, geomorfologia, geo-archeologia, ecc) ma potremmo anche pubblicare contributi di chi coltiva passioni geo-escursionistiche, proporre itinerari o solo pubblicare foto con peculiarità geologiche-geomorfologiche con ampie didascalie esplicative.

Cercheremo anche di coinvolgere le altre professionalità (Ingegneri, architetti, agronomi, geometri...) che potranno fornire loro contributi su materie "concorrenti" così da avere maggiori spunti di riflessione o studio e perché di no, di confronto!

Il tentativo è quello di provare a dare una veste più varia possibile alla rivista, di dar voce a chi vuole mettere a disposizione la propria esperienza e conoscenza!

**Non sarà la rivista del Consiglio ma la rivista dei Geologi e di chi ruota attorno al nostro mondo!**

Il nostro auspicio è di ricevere contributi da tutti gli iscritti perché tutti devono/possono partecipare!

Per l'invio delle proposte di articoli si prega di far riferimento ai seguenti recapiti:  
- [ordine@geologimarche.it](mailto:ordine@geologimarche.it)  
- [geofabiovita@libero.it](mailto:geofabiovita@libero.it)  
- Geol. Fabio Vita - 339 437 8191

**Fabio Vita**  
Consigliere Ordine dei Geologi delle Marche  
e Coordinatore Editoriale "Geologi Marche"

Andiamo in profondità, in ogni progetto

## SONDAGGI GEOTECNICI

Carotaggio continuo e prove geognostiche in foro

Prova S.P.T. Standard Penetration Test / Tubo Piezometrico tipo "tubo aperto"  
Tubo Piezometrico tipo "Casagrande" / Tubo inclinometrico / Permeabilità  
(Lefranc) / Down-hole / Misure inclinometriche con Sonda SISGEO



## SONDAGGI AMBIENTALI

Carotaggio continuo a secco, prelievo di campioni  
e messa in opera di strumentazioni in foro

Sondaggi geognostici con carotiere a secco Strumentazione dei  
fori di sondaggio con tubi Piezometrici di vario diametro / Spurghi e prelievi con  
pompa dotata di booster per regolazione di flusso / Installazione di sistemi  
automatici di misura dei livelli piezometrici



## PROVE PENETROMETRICHE

Statiche, dinamiche ed elettriche

Prove penetrometriche statiche con punta meccanica Begemann (CPT)  
Prove penetrometriche dinamiche anche con rivestimento (DPSH)  
Prove penetrometriche elettriche con piezocono (CPTU) / Prelievo di campioni  
indisturbati con campionatore semplice Shelby / Perforazione muratura per  
drenaggi o saggi esplorativi con carotatrice Hilty



## INDAGINI SISMICHE

H.V.S.R. sismica passiva



## INDAGINI CON TERMOCAMERA

Verifiche non distruttive





## Editoriale

a cura di **PIERO FARABOLLINI**,  
Presidente Ordine dei Geologi delle Marche  
e Direttore Responsabile "Geologi Marche"

Finalmente ci siamo, ritorniamo con la rivista cartacea!

Devo essere sincero: tra le tante cose che questo Consiglio si è messo in testa di fare, il ritorno alla rivista cartacea, è quella che più ci dà soddisfazione.

Per un amante come me (di vecchia data!!!!) dei libri (anche se non sempre con adeguato successo nell'utilizzo e nell'applicazione) - nostalgico del rumore che le pagine emettono nel loro lasciarsi sfogliare e dell'odore dell'inchiostro, curioso di leggerne i contenuti, voglioso di arrivare alla ultima parola per gli stimoli che offrono, ma soprattutto perché "verba volant, scripta manent" - debbo dire che sono orgoglioso di come questo Consiglio abbia appoggiato l'idea di ritornare a stampare "Geologi Marche" ritenendolo un dovere verso gli iscritti ed una opportunità verso la diffusione della coscienza geologica.

Abbiamo volutamente lasciato lo stesso nome alla rivista proprio per un senso di continuità che permette a chi ha voglia di leggerci, di ri-trovarci e di constatare la nostra continua attenzione alle problematiche professionali ed ordinistiche.

Usciamo adesso, nel mezzo di due ricorrenze che hanno modificato il nostro operato e, probabilmente, consapevolizzato del nostro apporto e ruolo nella società, e che trasformato anche la nostra responsabilità: 24 agosto e 26-30 ottobre. Due date che rimarranno scolpite nella nostra memoria e che ci vedono ogni giorno a ragionare, lavorare, combattere con chi, dall'altra parte, deve dettare regole e norme per ritornare alla "normalità". Se normalità potrà chiamarsi. E' obbligo quindi cercare di fare una sintesi su ciò che vede i geologi impegnati in prima linea per far fronte a quello che possiamo definire "l'evento più importante degli ultimi tre secoli, per durata della sequenza sismica e per vastità dell'area coinvolta". Riproponiamo pertanto qui una sintesi di quanto pubblicato su *Ingenio* del 27 agosto c.a. e su *Lavori Pubblici* del 29 agosto c.a..

*"Sono trascorsi ormai due anni dalla terribile scossa di magnitudo 6.0 che ha dato inizio alla sequenza sismica che ha interessato il centro-Italia e sfociata nell'evento sismico del 30 ottobre di 6,5 M, eppure ancora oggi la ricostruzione post sisma sembra non decollare. Un dato definisce con una oggettività lapidaria lo "statu quo": il 62% del patrimonio edilizio danneggiato a seguito degli eventi sismici del Centro Italia ricade all'interno dei confini amministrativi della Regione Marche.*

*Con tale presupposto ci si sarebbe attesa dalle Istituzioni un'attenzione non soltanto limitata ad una prioritaria gestione della fase emergenziale, ma rivolta anche alla definizione di una prospettiva della ricostruzione da attuare in maniera efficace nel breve e medio periodo.*

*Purtroppo, allo scrivente Ordine dei Geologi delle Marche duole constatare che, dopo due anni, la fase emergenziale non risulta ancora formalmente conclusa e la ricostruzione post-sismica degli edifici (pubblici e privati) non evidenzia segnali significativi di attività sull'intero territorio regionale.*

*Quest'ultimo fatto è da attribuire alla produzione spropositata di Ordinanze la cui applicazione, spesso in contrasto con le normative esistenti, determina, inevitabilmente, delle complicazioni alla attuazione delle procedure tecnico-amministrative. Inoltre, la crescita esponenziale del numero delle Ordinanze (la cui media è pari a circa 3 al mese), lascia intendere che i soggetti preposti o gli Organi decisionali non abbiano ancora chiaro un progetto normativo effettivamente attuabile che tenga conto delle specificità geologico-strutturali, morfologiche, paesaggistiche, del contesto urbanistico e del tessuto socio-economico del territorio marchigiano. Di seguito alcuni dei punti più volte sollevati con il CNG, con la Rete delle Professioni Tecniche Nazionale, con l'Osservatorio per la Ricostruzione, con il Commissario Straordinario, con il vice Commissario Ceriscioli, con l'Ufficio Speciale per la Ricostruzione della Regione Marche, e chi più ne ha più ne metta: Indagini; Risposta sismica locale (RSL); Incrementi del contributo per l'amplificazione sismica; Redazione dei Piani Urbanistici Attuativi e Relazione Geologica (Ordinanza n.25 del 23 maggio 2017 e Ordinanza n.39 dell'8 settembre 2017); Edifici ubicati in aree cosiddette "instabili" (faglie attive e capaci, frane, cedimenti, liquefazione); Nuovo prezzario Sisma; Organico Ufficio Speciale Ricostruzione, Proposta di Tavolo Tecnico Sisma Professionisti".*

Per dovere di cronaca, la quasi totalità di questi punti non ha ottenuto alcun riscontro né tantomeno risposta. Unica eccezione, la proposta di maggiorazione del contributo per gli edifici che a seguito di studi di RSL, presentano un maggior coefficiente di amplificazione rispetto ai dati della Microzonazione (Ordinanza n.62).

*"Vista la positiva esperienza delle Marche, in cui da qualche mese esiste un Tavolo Tecnico Sisma al quale partecipano USR e professioni tecniche e visti i necessari confronti con professionisti del territorio, conoscitori delle fattispecie costruttive locali, sarebbe opportuno che venisse istituito un TAVOLO TECNICO SISMA presso la struttura commissariale che abbia parere vincolante sui dispositivi che interessano l'attività dei tecnici nella ricostruzione e parere consultivo sulle altre materie. Ai fini della composizione del TAVOLO TECNICO SISMA codesto Ordine propone che esso risulti costituito da 10 membri in rappresentanza territoriale delle 4 regioni interessate dalla ricostruzione in proporzione ai danni registrati su ognuna e rappresentative delle principali professioni tecniche operanti per i progetti della ricostruzione (Architetti, Geologi, Geometri ed Ingegneri) presenti nell'Osservatorio del Sisma".*

Repetita juvant! Chissà?

Buona lettura a tutti.

Piero Farabollini



## Geologi, quale futuro

analisi di una professione da rilanciare

a cura di **WALTER BORGHI**, Consigliere CIG EPAP

Sono anni che la professione di geologo sta attraversando uno stato di sofferenza che non può che generare forti preoccupazioni per il futuro.

Cito alcuni dati.

Fra gli iscritti alla cassa di **previdenza EPAP** i geologi professionisti rappresentano la categoria che da alcuni anni produce il reddito più basso.

Dalla costituzione di EPAP, avvenuta con l'applicazione della Legge 103/96, la capacità di generare reddito dei geologi ha visto **una fase di crescita pressoché costante nel periodo 1996-2007 e un calo progressivo negli ultimi dieci anni.**

Dall'analisi dei **contributi soggettivi** dei geologi iscritti attivi all'EPAP si riscontra una **contrazione del reddito intorno al 9% dal 2008 al 2016**, con redditi professionali regrediti agli anni 2004-2005; **per il 2018 il bilancio di previsione EPAP stima sulla base dei flussi un contributo ancora in riduzione.**

Il contributo soggettivo dei geologi si mantiene sotto la media per la fascia di popolazione compresa fra 35-45 anni di età e abbondantemente sotto la media per la fascia fino a 35 anni di età; contributi di poco sopra la media si registrano nella fascia compresa fra 46-65 anni e contributi in linea con la media per la fascia over 65 anni.

La popolazione dei geologi iscritti attivi all'EPAP segna una **costante diminuzione**; nel 2013 gli iscritti attivi erano 8161, nel 2015 sono diminuiti a 7767; nel 2016 sono scesi a 7686 e nel 2017 sono ulteriormente scesi a 7536. Nel periodo 2013-2017 la contrazione ha visto la popolazione attiva ridursi del 9% circa. Le nuove iscrizioni hanno visto un

progressivo rallentamento, passando da 195 nel 2013 a 168 nel 2015 fino a 146-144 nuove iscrizioni negli anni 2016-2017. Contestualmente è cresciuta la popolazione di coloro che sono andati in pensione. Nel 2016 i pensionati non attivi erano 410 mentre nel 2017 sono stati 427.

**È del tutto evidente che l'analisi dei dati non può che preoccupare ed il perdurare di tale situazione ha un impatto decisamente negativo anche sul fronte previdenziale.**

EPAP, fin dall'insediamento del mandato 2015-2020, ha messo in campo **azioni di sostegno agli iscritti**, operando sia sul fronte della assistenza che su quello della previdenza.

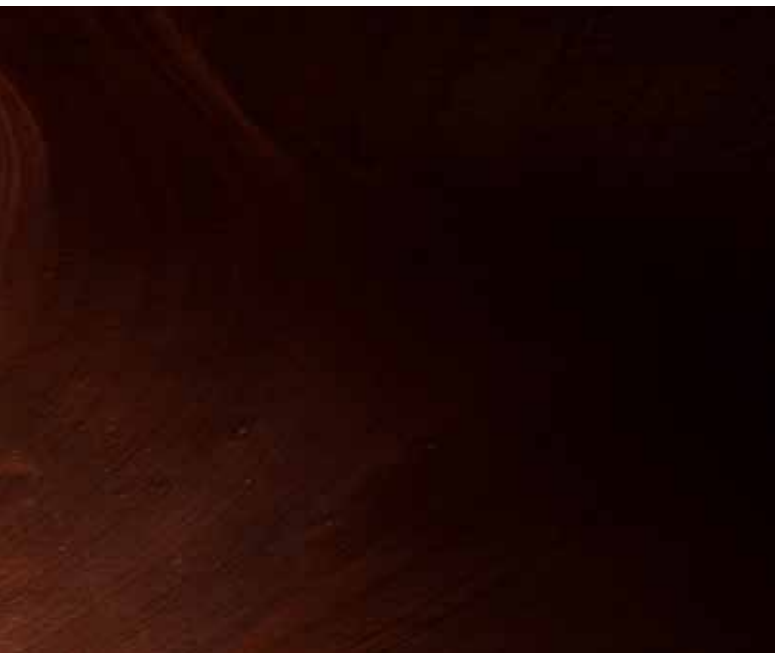
Le forme di assistenza sono state implementate a partire dall'approvazione del bilancio preventivo 2016 con la revisione delle somme annualmente disponibili per i sussidi agli iscritti e alle loro famiglie (ex. Art 19 bis); tali somme sono state raddoppiate rispetto al 2015 e nel 2017 sono state interamente erogate; i geologi risultano quelli che ne hanno maggiormente beneficiato, a conferma delle crescenti necessità degli iscritti.

Sono tuttora in progetto forme di welfare integrato con lo scopo di migliorare l'adeguatezza dell'offerta previdenziale ed assistenziale.

Sul fronte della previdenza segnalo il provvedimento con il quale potrà essere distribuito sul montante degli iscritti alla cassa di previdenza parte dell'extra-rendimento finanziario maturato con la gestione del portafoglio detenuto da EPAP.

L'extra-rendimento finanziario, che rappresenta la parte di rendimento del portafoglio eccedente la quota destinata per legge a coprire la rivalutazione dei montanti individuali,





**“ BISOGNA AGIRE SU PIÙ FRONTI,  
 ATTUANDO POLITICHE ORDINISTICHE  
 CON AZIONI CONDIVISE SUL FRONTE  
 NORMATIVO E ISTITUZIONALE CAPACI  
 DI DARE IMPULSO ALLA CATEGORIA ”**

potrà essere annualmente distribuito sui montanti nella misura massima del 60%. Per il 2016 l'extra-rendimento che può andare a montante vale circa 6 milioni di euro.

Tutto ciò è stato possibile grazie agli atti deliberativi del CIG e del CdA di EPAP e alla relativa nota di accoglimento del Ministero del Lavoro che ha definitivamente chiuso un lungo e annoso contenzioso legale.

La misura prevista è di portata rilevante considerato che negli ultimi anni la rivalutazione dei montanti, fissata per legge alla media quinquennale del PIL, è risultata prossima allo zero.

Tutte le misure assunte e quelle che verranno adottate in EPAP sono rilevanti e di fondamentale importanza per il sostegno alla categoria e per migliorare l'adeguatezza della pensioni. Tuttavia, la bassa capacità di reddito dei geologi, la crisi economica con il PIL prossimo allo zero negli ultimi anni, il sistema di calcolo contributivo delle pensioni e gli attuali tassi di contribuzione soggettiva, fanno sì che difficilmente saranno possibili tassi di sostituzione (rapporto fra la rata di pensione e l'ultimo reddito percepito prima del pensionamento) superiori al 20%.

Certamente la crisi economica che ha attanagliato il Paese ha avuto un ruolo importante nella crisi delle professioni tecniche ma non è accettabile che proprio i geologi, ovvero i "professionisti del territorio" per cultura e vocazione, perdano reddito e iscritti, non solo alla cassa di previdenza, ma anche all'Ordine professionale e alle Università, operando in un contesto, quello italiano, così fragile dal punto di vista geologico e continuamente falciato, da nord a sud, da fenomeni naturali (alluvioni, terremoti e frane) sempre più ricorrenti.

È sufficiente citare il rapporto ISPRA 2015 sul dissesto idrogeologico in Italia per rendersi conto di quanto i dati siano particolarmente eloquenti; sono circa 5,6 milioni gli abitanti residenti nelle aree a rischio frana PAI e sono sette le Regioni (Valle D'Aosta, Emilia Romagna, Liguria, Toscana, Marche, Molise e Basilicata) che hanno il 100% di comuni interessati da aree a rischio frana P3-P4 e idraulica P2; poco meno di 8 milioni sono gli abitanti residenti nelle aree a pericolosità idraulica P2-P3.

Altre professioni dell'area tecnica, cito non a caso gli Agronomi, professionisti per certi versi affini ai geologi, occupandosi infatti di tematiche territoriali ed ambientali, non hanno subito le contrazioni dei geologi, anzi, hanno visto negli anni 2008-2016 una crescita complessiva sia in termini di reddito che di popolazione.

Anche sul fronte normativo i segnali non sono incoraggianti ed è sufficiente riferirsi alle Norme Tecniche per le Costruzioni, così importanti per la professione di geologo; se con le Norme NTC/2008 si è materializzato, a mio parere, un passo indietro per la nostra categoria (pur di fronte a competenze geotecniche riconosciute da norme di rango - DPR 328/2001), osservo che anche con le recenti NTC/2018 non sembrano esserci i presupposti per una reale inversione di tendenza.

Il DPR 328/2001, passati gli anni dei contenziosi, poteva rappresentare un pilastro fondamentale per il futuro della professione; purtroppo e lo dico per esperienza vissuta negli anni del mio impegno in seno all'Ordine dei Geologi delle Marche, le opportunità offerte dalla riorganizzazione delle competenze professionali del geologo contenute nel Decreto non hanno trovato un



“ È QUINDI DEL TUTTO EVIDENTE CHE BISOGNA AGIRE SU PIÙ FRONTI, ATTUANDO POLITICHE ORDINISTICHE CON AZIONI CONDIVISE SUL FRONTE NORMATIVO E ISTITUZIONALE CAPACI DI DARE IMPULSO ALLA CATEGORIA E ALLA CAPACITÀ DI INCREMENTARE IL REDDITO PROFESSIONALE ”

adeguato supporto nel mondo universitario, che resta, a mio parere e al di là di casi specifici, ancora troppo lontano dal mondo professionale.

**È quindi del tutto evidente che bisogna agire su più fronti, attuando politiche ordinistiche con azioni condivise sul fronte normativo e istituzionale capaci di dare impulso alla categoria e alla capacità di incrementare il reddito professionale.**

**gestecno** INSTRUMENTS  
FOR GEOTECHNICAL  
AND STRUCTURAL  
MONITORING

***Strumenti per il monitoraggio geotecnico e strutturale dal 1992***

***Maggiori informazioni su [www.gestecno.it](http://www.gestecno.it)***

PRESENTA

# AERIAL MAPPING



IMAGING



FALCON 8



SIRIUS PRO



MAGNET

## LA PIÙ AVANZATA TECNOLOGIA DI RACCOLTA DATI

Mappatura aerea ad alta precisione combinata con GNSS RTK.  
Per applicazioni di ispezione, monitoraggio, topografia e cartografia.





## La sequenza sismica 2016-2018 nel Centro-Italia:

effetti geomorfologici e variazioni idrologiche ed idrogeologiche nell'area epicentrale appenninica

a cura di **DOMENICO ARINGOLI\***, **MARGHERITA BUFALINI\***, **PIERO FARABOLLINI\***, **MASSIMILIANO FAZZINI\***, **EMY FUFFA\***, **MARCO GIACOPETTI\***, **CARLO IANNI\*\***, **MARCO MATERAZZI\***, **GILBERTO PAMBIANCHI\***, **PIETRO PAOLO PIERANTONI\***, **GIANNI SCALELLA\*\*\***

\*Università di Camerino, Scuola di Scienze e Tecnologie-Sezione di Geologia

\*\* C.I.I.P. S.p.A. – Cicli Integrati Impianti Primari, Ascoli Piceno

\*\*\*Regione Marche

### LA SEQUENZA SISMICA

Il 24 agosto 2016 un terremoto di magnitudo 6.0 ha colpito l'Italia centrale, con epicentro situato ai confini tra le regioni Lazio, Marche, Abruzzo e Umbria, nei pressi dell'abitato di Accumoli (Rieti, Lazio). A seguire, il 26 ottobre e successivamente il 30 ottobre 2016 e il 18 gennaio 2017 si sono verificati altri quattro importanti eventi sismici, rispettivamente pari a 5.7M, 5.9M, 6.5M e 5.7M, che hanno ampliato l'area interessata dalla sequenza sismica, che corrisponde a circa 6000km<sup>2</sup> (**fig.1**). Subito dopo l'evento principale, sono state avviate, da parte di numerosi ricercatori, verifiche sugli effetti ambientali del terremoto legati alla riattivazione tettonica della frattura attiva precedentemente mappata (ossia primaria), nonché sugli effetti secondari legati alla scossa principale (ad es. frane, fratture al suolo, variazioni delle caratteristiche idrogeologiche delle sorgenti, sinkhole, ecc.).

I dati geologici relativi agli effetti di superficie rilevati subito dopo gli eventi sismici, così come i numerosi dati geofisici disponibili (dati accelerometrici, interferometria radar e GPS) hanno permesso di attribuire la genesi degli eventi sismici del 2016 al sistema di faglie del Monte Vettore-Monte Bove (Tondi et al., 2018), costituito da diversi segmenti di faglie normali e/o transverse, che si estende per circa 30 chilometri in direzione NO-SE (**fig.1**).

Sulla base degli studi geologici pregressi, è possibile affermare che nell'area interessata dalla crisi sismica del 2016 erano disponibili tutte le informazioni necessarie per una corretta valutazione della pericolosità sismica, sia per quanto riguarda la mappatura delle faglie attive in superficie (Pierantoni et al., 2013), sia per l'interpretazione delle faglie attive superficiali in chiave sismogenica, con una magnitudo massima attesa per il

sistema di faglie del Monte Vettore-Monte Bove compresa tra 6,5 e 6,7 (Tondi & Cello, 2003) sia per il periodo di ritorno di circa 350 anni per gli eventi sismici più forti generati dall'intero sistema di faglie attive dell'Italia centrale.

### CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SISMICHE DELL'AREA

Il bacino del Castelluccio è una depressione intramontana, situata nell'Appennino centrale e riempita da sedimenti fluvio-lacustri depositi durante il Pleistocene medio fino all'Olocene; le unità di base sono invece rappresentate da calcari calcarei e pelagici di età Giurassico-Miocene (**fig.2**).

La principale modellazione geomorfologica del paesaggio è iniziata durante il Pliocene finale, quando condizioni climatiche umide o subtropicali, favorevoli ai processi di pianificazione, hanno creato un paleo-paesaggio a bassa energia di rilievo. La fase tettonica successiva, attiva dal Pleistocene inferiore-medio fino ad ora, è caratterizzata da faglie dip-slip ed oblique e da forte entità del sollevamento. Questi processi hanno interrotto e disarticolato il precedente paesaggio, formando una serie di depressioni tettoniche, quali Colfiorito, Castelluccio, Norcia, Cascia, Leonessa, ecc., che caratterizzano tutta l'area appenninica (Coltorti & Farabollini, 2002 cum bib.; Aringoli et al., 2016). Il sollevamento quaternario prodottosi, insieme all'assetto stratigrafico, ha generato una intensa attività morfodinamica che ha portato alla rimodellazione significativa del paesaggio precedente, attivando anche grandi frane e profonde deformazioni gravitative profonde di versante o DSGSD (Aringoli et al., 1996; Aringoli et al., 2010a e b), alcune dei quali hanno mostrato prove di riattivazione durante l'attuale sequenza sismica. Per quanto riguarda la sismicità, sono stati documentati



NELL'AREA INTERESSATA  
DALLA CRISI SISMICA DEL 2016  
ERANO DISPONIBILI TUTTE  
**LE INFORMAZIONI NECESSARIE**  
**PER UNA CORRETTA VALUTAZIONE**  
DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

due principali terremoti distruttivi storici e strumentali, il 14 gennaio 1703 (X MCS,  $M_w = 6.6$ ) e il 19 settembre 1979 ( $M_s = 5.9$ , profondità focale di 6-8 km) anche se molti altri si sono verificati in tempo (Rovida et al., 2016). I dati di errore e i meccanismi focali del terremoto mostrano un'estensione NE-SW preesistente, ma sono stati anche determinati meccanismi strike-slip e inversi (Cello et al., 1997). Questi terremoti storici, compreso quello recente, sono stati associati all'attività di un sistema di faglie attive coerenti ed interagenti che corre in direzione NNW-SSE da Colfiorito all'Aquila. Questo sistema di faglie è stato interpretato anche come l'espressione superficiale di alcune faglie sismogenetiche profonde (Tondi & Cello, 2003).

#### **FENOMENI GRAVITATIVI ED EFFETTI GEOMORFOLOGICI DI SUPERFICIE**

Il rilievo e la catalogazione degli effetti di superficie e dei processi geomorfologici attivatisi a seguito dei primi eventi sismici, è cominciato già il giorno dopo la scossa, con epicentro Accumoli, del 24 agosto 2016.

L'Università di Camerino ha da subito costituito un gruppo di lavoro che comprendeva, oltre ad alcuni ricercatori della Sezione di Geologia, anche colleghi geologi della Regione Marche e di altri Enti di Ricerca (DPCN, INGV e ISPRA). Il gruppo si è subito attivato sul territorio al fine di fotografare, cartografare, classificare, catalogare ed informatizzare, le innumerevoli evidenze di superficie legate allo scuotimento sismico nell'area del cratere.

Gli effetti di superficie (essenzialmente fratturazione superficiale), strettamente connessi al movimento cosismico dei tratti di faglia riattivatisi nel corso dei tre eventi principali (24 agosto 2016, 26-30 ottobre 2016, 18 gennaio 2017) sono da subito apparsi limitati ad un'area poco estesa in corrispondenza delle faglie stesse.

Gli effetti secondari, sono stati invece riconosciuti anche molto lontano dagli epicentri; in rapporto alla lunghezza della faglia ed alla magnitudo liberata dall'evento (ESI Scale, 2007), è stato ipotizzato un areale di "influenza" di diverse centinaia di km<sup>2</sup>.

Nel corso dei rilievi, proseguiti per oltre un anno e mezzo e tuttora in corso, sono state raccolte più di 4000 evidenze che hanno permesso di costruire una banca-dati sugli effetti del terremoto (Aringoli et al., 2016; EMERGEIO Working Group, 2016; AA.VV., 2018; Farabollini et al., 2018): fratture al suolo, attivazione e riattivazione di grandi frane e DGPV, collassi di doline; fenomeni sbarramenti per frana, cedimenti differenziali, fessure e/o fratture e/o deformazioni su infrastrutture viarie ed a rete, ecc. A queste vanno poi aggiunte le evidenze di modificazione del regime idrologico di fiumi e sorgenti così come le manifestazioni lutivome (vulcanelli di fango) osservate in alcune aree del territorio fermano.

Gli effetti geomorfologici osservati evidenziano una stretta correlazione con quelli prodotti in occasione di precedenti eventi sismici che hanno interessato precedentemente l'appennino centrale, quali ad es. la sequenza sismica Umbria-Marche, 1997 o quella de L'Aquila, 2009, anche se quest'ultimi hanno mostrato evidenze molto minori e diffuse in un territorio notevolmente più limitato.

**Di seguito un elenco delle fenomenologie più significative osservate e sicuramente spettacolari.**

#### **A) FRATTURAZIONE SUPERFICIALE E CONSEGUENZE SULLE INFRASTRUTTURE**

Deformazioni e/o fratturazione al suolo o sul manto stradale hanno interessato diffusamente tutta l'area epicentrale: per le prime, sicuramente le più estese, da segnalare quelle che percorrono le creste dell'allineamento Monte Porche-Cima Vallelunga-Monte Argentella-Monte Sibilla, per una lunghezza



fig. 1

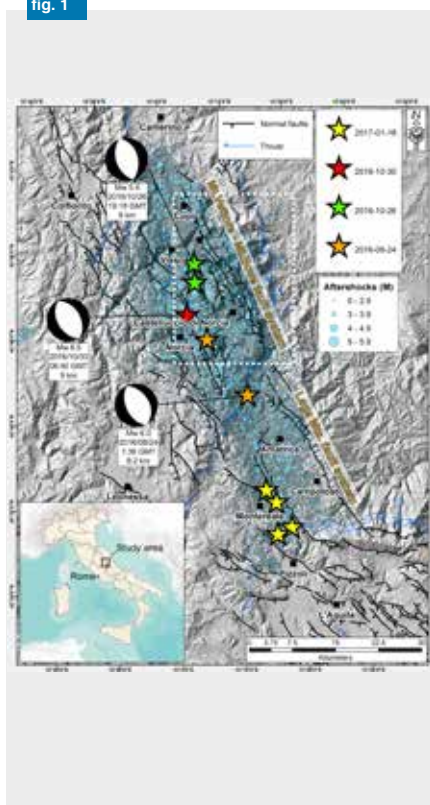


fig. 2

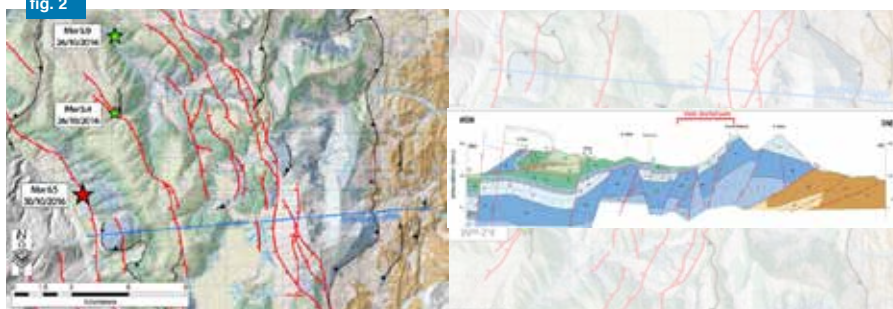


fig. 3



fig. 4



fig. 1

Area interessata dalla sequenza sismica 2016-2017 del centro Italia (modificata da Open EMERGEO Working Group, 2017, in stampa)

fig. 2

Carta geologica schematica (a) e profilo geologico (b) dell'area dei Monti Sibillini interessata dalla sequenza sismica iniziata il 24 agosto 2016 (da Pierantoni et al., 2013)

fig. 3

Fratturazione al suolo nell'area di Passo Cattivo - Monte Porche

fig. 4

Frana di crollo e fratture al suolo che coinvolgono infrastrutture viarie

fig. 5

L'area di Pescara del Tronto. In primo piano l'abitato di Pescara del Tronto. Alle spalle il viadotto Pescara del Tronto - Forca Canapine - Norcia

fig. 6/7/8/9

Immagine dei principali tipologie di effetti di sito legati alla sequenza sismica dell'Italia centrale

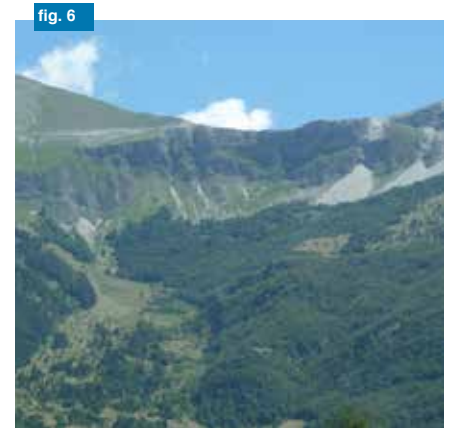
stimata di oltre 3km (fig.3); per le seconde invece, la valutazione degli effetti deformativi permettono di stimare in quasi 1200 i km di infrastrutture viarie coinvolte da tali effetti (fig.4).

Da segnalare inoltre assestamenti e/o compattazione dei sedimenti quaternari che talvolta sono stati la causa dell'elevato grado di danneggiamento di infrastrutture e di centri abitati (Pescara del Tronto, Piedilama, Pretare, Amatrice, ecc). Emblematico è il caso di Pescara del Tronto. L'analisi geomorfologica, sia in campagna che in foto aerea, e l'analisi di dettaglio sia del substrato pre-quaternario che dei sedimenti quaternari di riempimento della valle del Tronto e delle loro caratteristiche geometriche e stratigrafiche, hanno permesso di evidenziare un quadro molto più complesso rispetto a quello che ci si aspettava sulla base della semplice osservazione della risposta sismica locale dei terreni. Le forti eterogeneità del substrato quaternario, dato da spessori notevoli di sedimenti a differente grado di cementazione (detriti stratificati di versante, corpi di frana fino a depositi travertinosi in facies alternate compatte e detritiche) sono alla base del crollo dell'abitato di Pescara del Tronto (fig.5); totalmente diverse sono state invece le conseguenze sull'abitato di Capodacqua, situato a pochi km di distanza.

Per quanto riguarda infine la presenza di fratture dall'andamento anche arcuato, depressioni circolari e morfologie circoidi, in aree a bassa o nulla energia di rilievo, essa è stata messa in relazione con la presenza di doline e/o sinkholes, sia su depositi quaternari che su substrato calcareo; tra questi da segnalare la "voragine senza fondo" (così come definita da alcuni mezzi di informazione dopo i primi sopralluoghi), formatasi sul Pian Grande di Castelluccio ma rivelatasi poi come la riattivazione di una delle numerose doline presenti nella piana, con uno sprofondamento di circa 4 metri e per una larghezza di circa 5 metri.

Tali morfologie, legate a processi carsici che hanno interessato





il substrato calcareo dell'area coinvolta dal sisma, molto spesso risultano mascherate dai depositi di riempimento quaternario, e riconoscibili solamente ad una attenta analisi geomorfologica da foto aerea e di campagna. Con ogni probabilità, la differente presenza ed eterogeneità di comportamento, sia della fratturazione al suolo e del danneggiamento, può trovare ampia spiegazione, appunto nella presenza di tali manifestazioni.

### B) FENOMENI FRANOSI

Confrontando immagini pre e post eventi sismici è stato possibile verificare come fenomeni franosi, legati prevalentemente a crolli e debris flows e già presenti alla base dei versanti come nel caso di Vallinfante (fig.6), si siano riattivati dopo gli eventi di ottobre producendo estese conoidi detritiche alla base e un evidente arretramento della scarpata principale, con fratture di tensione allineate secondo la forma arcuata della scarpata di frana stessa, con distacchi, pinnacoli rocciosi e blocchi aggettanti (fig.7); in tali condizioni, le porzioni sommitali potrebbero in futuro rimobilizzarsi sia per l'azione del gelo nelle fratture beanti durante i periodi invernali sia per le caratteristiche giaciture, leggermente a franapoggio, dell'ammasso roccioso. Numerose anche le frane superficiali, molte delle quali hanno coinvolto infrastrutture viarie e a rete dell'area del "cratere".

Effetti cosismici di minore entità, ma comunque importanti per la loro diffusione in tutta l'area del cratere e tipici di una magnitudo a luoghi superiore a quanto finora ipotizzato (Esi Scale, 2007), sono anche rappresentati da crolli di roccia e/o debris avalanches, che interessano aree antropizzate e non (Valnerina, Monte Vettore, Sasso Spaccato) e che in alcuni casi hanno anche prodotto lo sbarramento di fiumi con la creazione di bacini lacustri poco profondi e temporanei (Valnerina - fig.8; Gola dell'Infernaccio - fig.9); valanghe e/o slavine si sono poi attivate sul versante sud-est del Monte Sibilla - Monte

Porche e Monte Bove per l'azione combinata delle abbondanti precipitazioni nevose di gennaio 2018 e dei concomitanti eventi sismici del 18 gennaio 2017.

### C) RIATTIVAZIONE DI FENOMENI DI DGPV (DEFORMAZIONI GRAVITATIVE PROFONDE DI VERSANTE)

Particolarmente interessanti e per certi versi sorprendenti sono le evidenze di riattivazione di alcuni fenomeni di DGPV presenti sia nell'area epicentrale che a decine chilometri di distanza, già studiati e monitorati da tempo (Aringoli et al., 2010 a e b). Di seguito vengono descritti tre casi significativi di tali fenomenologie.

#### i) Il caso del Monte Vettore

In cima al Monte Vettore, a circa 2230 metri di altitudine, lungo l'allineamento di Punta di Prato Pulito-Monte Vettore, possono essere osservate numerose trincee e sdoppiamenti di cresta orientati circa E-W (fig.10) con lunghezze superiori a 100 m, larghezza fino a 4 metri e profondità superiore a 1 m, parzialmente riempite di detriti e vegetate. All'interno di tali depressioni sono stati identificate fessure e fratture di circa 20 cm di profondità e 5 cm di larghezza, interpretate come conseguenza della compattazione del materiale di riempimento durante lo scuotimento sismico.

Anche il versante sud-occidentale è fortemente deformato e presenta una morfologia con profilo convesso e minori contropendenze, riempite di detriti e suolo; sebbene il versante si presenti omogeneo dal punto di vista litologico, la giacitura degli strati cambia lungo il pendio rispetto alla cima del rilievo; inoltre, sono stati osservati piani di taglio compressivi e piccole frane superficiali riattivate verosimilmente a seguito delle sollecitazioni sismiche.

Gli elementi morfologici sopra menzionati caratterizzano una deformazione gravitativa profonda che interessa la porzione

fig. 10



fig. 11

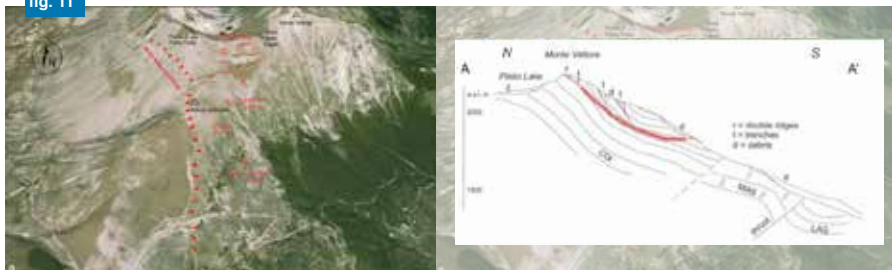


fig. 12



fig. 10

Fratture e fessure osservate lungo la cresta di Monte Vettore.

fig. 11

Schema geomorfologico (a) e profilo interpretativo (b) dell'area del monte Vettoretto - Punta di Prato Pulito (da Aringoli et al., 2016 modificato e ridisegnato).

fig. 12

Immagine dall'alto dell'area di Passo Cattivo (Monte Biccio-Monte Porche): in primo piano la frattura della larghezza di circa 2 m e della profondità anche di 1,5m (nel dettaglio in basso a destra) che taglia, con una geometria arcuata, la cresta del rilievo; in alto (colore bianco) la frana di crollo che ha interessato il versante di Vallinfante creando enormi coni detritici e frammentando la scarpata con creste aggettanti e dell'altezza di oltre 10m (particolare in alto a destra). La frana è stata stimata in circa 150.000 m3 di roccia. Da notare le fratture di tensione a monte della scarpata principale e che evidenziano situazioni di forte instabilità del versante.

fig. 13

Fratture e deformazioni osservate all'interno di una delle molteplici trincee presenti a monte dell'abitato di Valdica.

fig. 14

Gli effetti immediati del sisma su alcune delle maggiori sorgenti captate a scopo idropotabile nell'area epicentrale: in rosso le sorgenti che hanno evidenziato le anomalie maggiori, in arancio quelle con anomalie modeste, in giallo quelle con minime anomalie ed in verde le "nuove" sorgenti.

fig. 15

Incrementi di portata osservati in alcune delle maggiori sorgenti a seguito dell'evento del 24 agosto (da Giacometti et al., 2018, in stampa).

più alta del versante (Punta di Prato Pulito - Monte Vettoretto) con una profondità di centinaia di metri e parzialmente coperta da materiale detritico (fig.11). La genesi di questo fenomeno, che può essere classificato come un "deep rock creep" secondo la letteratura scientifica del settore, può essere associata all'alta energia di rilievo generata dal sollevamento tettonico quaternario e all'interazione tra il sistema di faglie del Monte Vettore e il sovrascorrimento dei Monti Sibillini (Aringoli et al., 2016). I fattori di attivazione possono essere correlati a eventi sismici (come in questo caso) o agli effetti conseguenti eventi meteorologici estremi.

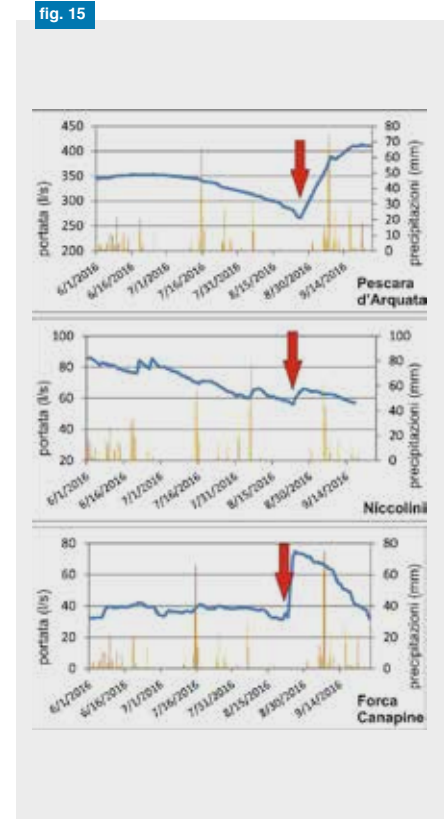
#### ii) Il caso di Passo Cattivo

Nell'area di Passo Cattivo ed in particolare nella porzione più elevata del bacino del Tenna, sono stati riconosciuti elementi e morfologie tipiche delle deformazioni gravitative profonde di versante che hanno avuto anche risentimenti superficiali, sempre legati alla gravità. In particolare in cresta al versante Cima Vallinfante-Monte Porche sono riconoscibili una serie di trincee dalla forma arcuata, parallele tra loro e via via di minore dimensione ed estensione procedendo verso il fondovalle del fiume Tenna; la maggiore fra queste, taglia la sommità del crinale stesso (fig.12). Tutte queste trincee, presenti sia nelle immagini da satellite del 4 agosto 2013 e del 18 maggio 2016, non hanno subito riattivazioni a seguito dell'evento sismico del 24 agosto 2016 ma al contrario presentano una larghezza di circa 2 metri ed una profondità valutabile in circa 1,5m, dopo gli eventi sismici dell'ottobre 2016.

#### iii) Il caso di Valdica

Evidenze di riattivazione di un fenomeno di DGPV molto noto in letteratura sono quelle osservate a Valdica, in destra idrografica del fiume Chienti, circa 30km distante dall'area dei maggiori epicentri.





L'esistenza di un fenomeno deformativo lungo il lato destro del fiume Chienti era stata già ipotizzata durante i lavori per la costruzione della superstrada della Val di Chienti. Più in particolare studi successivi (Aringoli et al., 2010a e b), avevano confermato l'esistenza di un fenomeno di tipo "lateral spread" che si estendeva dalla cima del Monte Fiegni a nord verso la valle del fiume Chienti, e un piccolo sackung in corrispondenza dell'abitato di Valdiea. I fattori di attivazione e controllo di questo fenomeno erano stati identificati essenzialmente:

- nella presenza di corpo calcareo duro, costituito principalmente da calcareo litotipi della formazione rosata di Scaglia, sovrapposti alla formazione marnoso-argilloso della Marne a Fucoidi con comportamento plastico prevalente;
- negli effetti della tettonica e nell'elevata sismicità dell'area.

Il sackung di Valdiea ha mostrato evidenze di riattivazione (compattazione e piccole dislocazione dei depositi di riempimento) in corrispondenza della trincea principale, durante il terremoto di Colfiorito del 26 settembre 1997. Riattivazioni ben più consistenti, visibili lungo la trincea principale e molte delle trincee secondarie, sono state osservate anche dopo gli eventi del 26 e 30 ottobre 2016 a testimonianza della sensibilità del fenomeno stesso alle sollecitazioni sismiche (fig. 13).

### VARIAZIONI IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DI FIUMI E SORGENTI

In concomitanza di eventi sismici molto intensi, come quelli della sequenza sismica in atto, è abbastanza comune notare anomalie nel regime idrologico dei corsi d'acqua e/o nei livelli delle falde acquifere che alimentano le principali sorgenti spesso captate a scopo idropotabile.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, nel corso dell'attuale sequenza sismica, immediatamente a seguito delle scosse principali, sono stati notati evidenti incrementi di portata di molte delle maggiori sorgenti nell'area epicentrale (fig. 14).

Sorgenti come Pescara d'Arquata, Capodacqua, Foce di Montemonaco, (per citarne alcune) alimentate dagli acquiferi dell'area dei Piani di Castelluccio e del Monte Vettore, o come la sorgente San Chiodo di Castelsantangelo sul Nera hanno infatti mostrato, nelle ore successive ai sismi, aumenti di portata anche di molte decine di litri/secondo oltre che temporanee alterazioni del chimismo e sporadici aumenti di torbidità dell'acqua (fig. 15; Giacompetti et al., in stampa).

Incrementi significativi sono stati osservati anche su sorgenti (come nel caso della sorgente Niccolini di Serrapetrona) distanti decine di chilometri dall'area epicentrale. Tali alterazioni, perdurate in alcuni casi anche per molti mesi, stanno attualmente ritornando ai valori pre-sisma ma in qualche caso mostrano addirittura un trend in diminuzione rispetto agli anni precedenti.

Fenomenologie di questo tipo all'interno di acquiferi carbonatici, come detto, sono note nella letteratura scientifica e sono state osservate anche durante la sequenza sismica del 1997 a Colfiorito (Carro et al., 2005) o a seguito del terremoto dell'Aquila del 2009. Principalmente interessano gli acquiferi profondi con effetti che spesso tendono a perdurare per molti mesi (Amoruso et al., 2011) per poi ritornare lentamente alla normalità oppure, in alcuni casi, a rimanere perenni. Le cause di tali variazioni, sebbene i meccanismi non siano ancora del tutto chiariti e varino da sito a sito, sono riconducibili essenzialmente a modificazioni dei circuiti delle acque sotterranee; abbastanza comune ad esempio è l'apertura



fig. 16

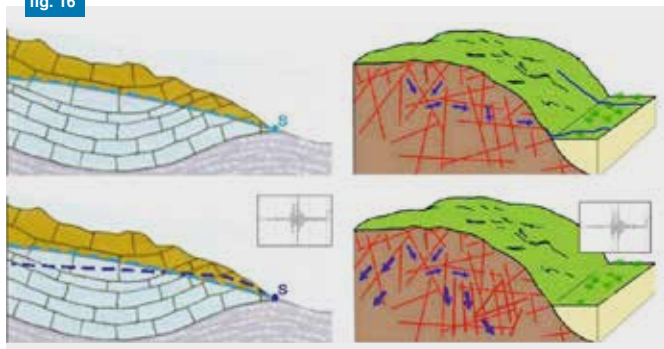


fig. 18



fig. 17



fig. 16

Probabili meccanismi di alterazione dei circuiti idrogeologici: a sinistra aumento della permeabilità d'insieme dell'acquifero con conseguente modificazione della pendenza della superficie piezometrica; a destra apertura di nuovi sistemi di fratture e modificazione dei circuiti superficiali.

fig. 17

La sorgente/torrente Torbidone agli inizi del mese di febbraio 2017.

fig. 18

Incremento del livello idrometrico del fiume Nera a seguito dell'evento del 30 ottobre 2016, confrontato con lo stesso periodo del 2015.

fig. 19

Il fiume Nera a livelli di guardia all'interno dell'abitato di Visso (gennaio 2017).

di nuovi sistemi di fratture ma, ancor più comunemente, è l'aumento di permeabilità d'insieme dell'acquifero come conseguenza di fenomeni di "ripulitura" delle fratture a seguito degli incrementi di pressione indotti dal sisma (fig. 16).

Differenti sono state le conseguenze del sisma sulle sorgenti minori o più superficiali: non sono rare infatti testimonianze di sorgenti "scomparse" (come quella di Forca Canapine nell'ascolano, scomparsa dopo le scosse del 26 e 30 ottobre 2016 e che contribuiva con una portata di oltre 50 l/s all'approvvigionamento idrico dei comuni del Piceno) o, al contrario, di emergenze che, da anni non più attive, hanno ricominciato a funzionare.

L'esempio sicuramente più impressionante è quello della sorgente del Torbidone, nel comune di Norcia che, scomparsa dopo il terremoto del 1979, ha ricominciato a funzionare dopo il 30 ottobre 2016 con una portata che è andata via via aumentando fino a raggiungere, all'inizio di febbraio, circa 1600 l/s (fig.17); nel tempo la portata si è progressivamente ridotta ed è attualmente stabile sugli 800 l/s.

Questi effetti sulle sorgenti rappresentano elementi di forte criticità per quanto riguarda la gestione delle risorse idriche. Oltre alle sorgenti scomparse, che renderanno necessario il reperimento di nuove fonti di approvvigionamento o ad un aumento nei volumi captati in quelle esistenti (con tutte le problematiche ambientali e normative connesse), ad aumenti di portata (a meno di complesse modificazioni dei circuiti sotterranei) corrisponderanno necessariamente diminuzioni nei tempi di residenza e di immagazzinamento della risorsa idrica: tutto ciò comporterà una seria riflessione sui piani di sfruttamento futuri.

Gli stessi meccanismi sono alla base dei fenomeni osservati recentemente lungo il fiume Nera in prossimità dell'abitato di

fig. 19



Castelsantangelo dove il fiume ha mostrato cospicui e repentini incrementi di portata (circa 7000 l/s alla fine di novembre 2016, più del doppio del normale regime) sicuramente non attribuibili alle precipitazioni e neanche al periodo stagionale, essendo solitamente in regime di magra in autunno (fig. 18).

Contestualmente gli abitanti del luogo hanno anche riferito di allagamenti in prossimità del corso d'acqua e di venute di acqua dal sottosuolo.

Anche questo fenomeno sarebbe legato all'incremento di livello della falda acquifera che, presente poco al di sotto del piano campagna e direttamente collegata al corso d'acqua, tende a salire per effetto dell'aumento di pressione sopra descritto. Effetti simili, come per le sorgenti, sono stati osservati nelle nostre aree anche durante la sequenza sismica del 1997, nei tratti montani del fiume Topino o nel torrente Vigi (tributario del fiume Nera).

Sebbene non rilevati in tutti i tratti montani dei corsi d'acqua dell'area epicentrale, questi effetti sono potenzialmente pericolosi in quanto predispongono i corsi d'acqua a possibili fenomeni di esondazione in concomitanza di eventi meteorologici intensi o di repentini scioglimenti del manto nevoso durante la stagione invernale e primaverile (fig. 19).

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2018)  
*Surface ruptures following the 30 October 2016 Mw 6.5 Norcia earthquake, central Italy.*  
 JOURNAL OF MAPS, vol. 14, p. 151-160, ISSN: 1744-5647, doi: 10.1080/17445647.2018.1441756
- Amoruso, A., Crescentini, L., Petitta, M., Rusi, S. and Tallini, M. (2011)  
*Impact of the April 6, 2009 L'Aquila earthquake on groundwater flow in the Gran Sasso carbonate aquifer, central Italy.*  
 Hydrological Processes, 25, 1754-1764. doi: 10.1002/hyp.7933.
- Aringoli D., Bufalini M., Farabollini P., Giacometti M., Materazzi M. & Pambianchi G. (2018)  
*"Effetti geomorfologici e variazioni idrogeologiche indotti dai terremoti: esempi nell'area epicentrale della sequenza sismica 2016-2017 del centro Italia"*  
 Geologia dell'Ambiente, supplemento al n.1/2018, 239-248
- Aringoli D., Farabollini P., Giacometti M., Materazzi M., Paggi S., Pambianchi G., Pierantoni P.P., Pistolesi E., Pitts A. & Tondi E. (2016)  
*"The August 24th 2016 Accumoli earthquake: surface faulting and Deep-Seated Gravitational Slope Deformation (DSGSD) in the Monte Vettore area"*  
 Ann. Geophys., 59(5), <http://dx.doi.org/10.4401/ag-7199>
- Aringoli D., Gentili B. & Pambianchi G. (2010a)  
*"Deep-seated gravitational slope deformations in active tectonics areas of the Umbria-Marche Apennine (central Italy)"*  
 Geogr. Fis. Dinam. Quat., 33 (2), pp. 127-140
- Aringoli D., Gentili B., Materazzi M. & Pambianchi G. (2010b)  
*"Mass movements in Adriatic Central Italy: Activation and evolutive control factors"*  
 In: Werner, E. D. and Friedman H.P., Eds., Landslides: Causes, Types and Effects, pp. 1-72
- Carro, M., De Amicis, M., Luzi, L. (2005)  
*"Hydrogeological changes related to the Umbria - Marche earthquake of 26 September" 1997 (Central Italy)*  
 Natural Hazards 34: 315-339
- Coltorti M. & Farabollini P. (2002)  
*"Quaternary evolution of the Castelluccio di Norcia Basin (Umbro-Marchean Apennine, Central Italy)"*  
 Il Quaternario, 8 (1): 149-166
- EMERGEO Working Group (2016)  
*Coseismic effects of the 2016 Amatrice seismic sequence: First geological results* Ann. Geophys., 59(5)
- Farabollini P., Angelini S., Aringoli D., Fazzini M., Luger F., Materazzi M., Pambianchi G. & Scalella G. (2017)  
*"La sequenza sismica dell'Italia centrale del 24 agosto 2016 e successive: contributi alla conoscenza e la banca dati degli effetti di superficie"*  
 Rendiconti Online, vol. spec. GIT 2017, Gavorrano Terme, in stampa
- Giacometti M., Fabbrocino S., Ianni C., Materazzi M., Pambianchi G. (in stampa)  
*"Co-seismic and post-seismic changes in groundwater discharge: first results from the epicentral region of the Central Italy earthquake 2016"*  
 Rendiconti Online, in stampa
- Open EMERGEO Working Group (2017)  
*Surface ruptures following the 30 October 2016 Mw 6.5 Norcia earthquake, central Italy.* Journ Map., in press
- Pierantoni, P., G. Deiana, and S. Galdenzi (2013)  
*"Stratigraphic and structural features of the Sibillini Mountains (Umbria-Marche Apennines, Italy)"*  
 Ital. J. Geosci., 132(3), 497-520
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B. & Gasperi (2016)  
*"CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes"*  
 Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.  
 doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>
- Tondi E. & Cello G. (2003)  
*"Spatiotemporal Evolution of the Central Apennines Fault System (Italy)"*  
 Journal of Geodynamics, 36, 113-128
- Tondi E., Cello G. & Mazzoli S. (1997)  
*"Strutture sismogenetiche in Appennino centrale: potenziale sismico, analisi frattale e processi di crescita"*  
 Il Quaternario, 10 (2), 409-414
- Tondi E., Volatili T. & Pierantoni P. (2018)  
*"I terremoti dell'estate-autunno 2016 in Italia centrale: nuove prospettive per la valutazione della pericolosità sismica"*  
 Geologia dell'Ambiente, supplemento al n.1/2018, 276-283





## Ricostruzione post-sisma 2016 Microzonazione sismica NTC 2018

a cura di **ROBERTO DI GIROLAMO**, *Ingegnere Civile Edile*

### 1. PREMESSA

Nella grande confusione della ricostruzione post-sismica 2016 sono piombate varie novità che non aiutano i professionisti a districarsi fra ordinanze che si automodificano, novità normative (NTC2018), circolari esplicative che dovranno uscire (forse prima dell'estate con un numero di pagine almeno pari alla norma).

Soprattutto non c'è chiarezza su come dovrà essere applicato uno strumento normativo fondamentale, costato di 6,5 milioni di euro, ovvero la Microzonazione Sismica fatta su 140 comuni (poi diventati 138 per via degli accorpamenti e delle fusioni).

Vediamo di mettere in fila alcune cose.

### 2. INGRESSO DELLE NTC 2018

Dal 22 marzo sono operative le nuove norme tecniche sulle costruzioni ma cosa cambia nella parte la definizione dei terreni?

Un primo risultato si è raggiunto, in chiarezza, anche se lo era anche nelle NTC 2008, ma tutti noi progettisti facevamo finta di non vederlo, che la risposta sismica locale è il metodo principe per capire l'amplificazione specifica di sito e solo in subordine può essere applicato il metodo semplificato.

Infatti al § 3.2.2 delle NTC 2018 si legge:

***Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche***

*e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.11, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2."*

Tale concetto è anche ribadito anche al § 7.11.5.1:

*La progettazione delle fondazioni è condotta unitamente alla progettazione dell'opera alla quale appartengono e richiede preliminarmente:*

*1. la valutazione della risposta sismica locale del sito, secondo quanto indicato al § 7.11.3.1.*

Il solo parametro per la classificazione del sottosuolo è la velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ , tale parametro deve essere ottenuto mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Sono state modificate le categorie di sottosuolo (vedi confronto in tabella 1) eliminando le categorie S1 e S2, mantenendo le categorie A, B, C, D, E eliminando alcuni "buchi" della classificazione precedente e ridefinendo la categoria E.



NELLA GRANDE CONFUSIONE  
 DELLA RICOSTRUZIONE POST-SISMICA 2016  
 SONO PIOMBATE VARIE NOVITÀ

Altra novità importante è la scomparsa della  $V_{S,30}$  che si trasforma in  $V_{S,eq}$  velocità equivalente delle onde di taglio e ne modifica anche la definizione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione (roccia o terreno) molto rigida, caratterizzata con  $V_S$  maggiore a 800 m/s (per semplicità bedrock sismico);

$N$  = numero degli strati;

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo.

Prima differenza importante la  $V_{S,eq}$  e la  $V_{S,30}$ , che a prima vista sembrerebbero uguali, è che nel calcolo devono essere inseriti solo gli strati sopra al bedrock sismico, questo vuol dire che la velocità equivalente, senza l'inserimento della parte veloce del bedrock sismico, può modificare la definizione semplificata e l'ingresso nella tabella 3.2.II delle NTC2018.

La definizione  $V_{S,eq}$  è uguale alla  $V_{S,30}$  solo nel caso in cui il bedrock sismico sia ad una profondità maggiore di 30 metri, in questo caso vanno considerati solo gli strati con le relative velocità e spessori fino a tale profondità.

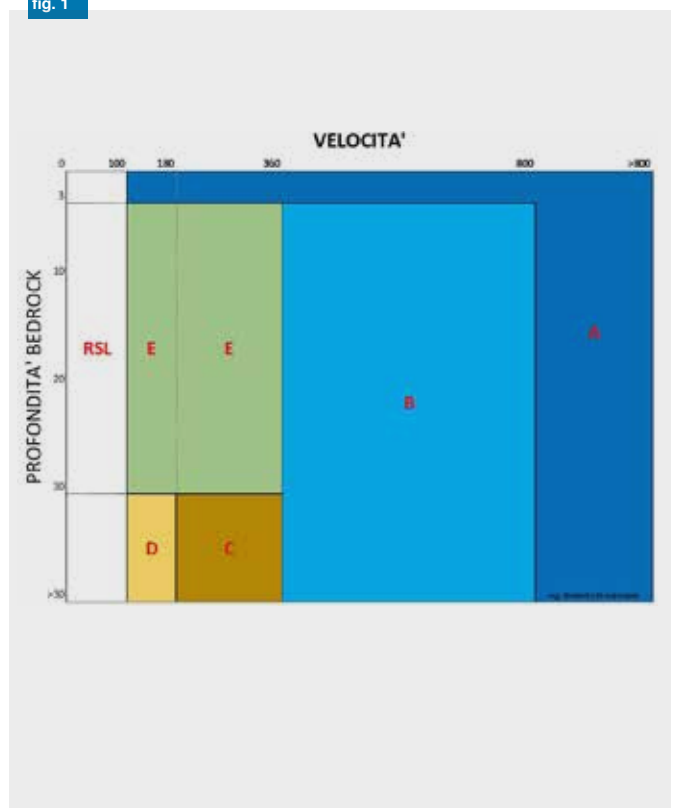
La tabella 3.2.II è così modificata:

Tab. 3.2.II

CATEGORIA	NTC 2008	NTC 2018
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT <sub>30</sub> > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30}$ > 250 kPa nei terreni a grana fina).	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.



fig. 1



Analizzando le differenze fra le due tabelle saltano agli occhi varie differenze:

1. Errore nella intestazione della tabella 3.2.II delle NTC2018, viene riportata “Caratteristiche della superficie topografica”.
2. Sparito, giustamente, il riferimento a NSPT e cu. Chi comanda sono le  $V_s$ .
3. Ridefinizione della categoria E che ingloba il buco delle NTC2008.
4. Si nota la scomparsa dell’aggettivo graduale.
5. Fondamentale differenza è che si passa dalla prospettiva dello spessore della copertura a quella della profondità del bedrock sismico, questo è quello che indirizza la categoria di sottosuolo nel caso dell’approccio semplificato.

Si modificano pertanto i percorsi logici per la definizione semplificata delle categorie di terreno (fig. 1 e fig.2).

Dalla circolare 617/2009 e dalla bozza della nuova circolare reperita in rete:

**C7.11.3.1.2.1 Scelta della schematizzazione geometrica e definizione del modello geotecnico di sottosuolo.**

*La schematizzazione geometrica più semplice ai fini delle analisi è quella mono-dimensionale (1D), in cui, prescindere dalla effettiva configurazione topografica del piano campagna, ci si riconduce allo schema di terreno, uniforme o stratificato orizzontalmente, delimitato da piano campagna orizzontale e poggiante su substrato rigido, anch’esso orizzontale. Sono*

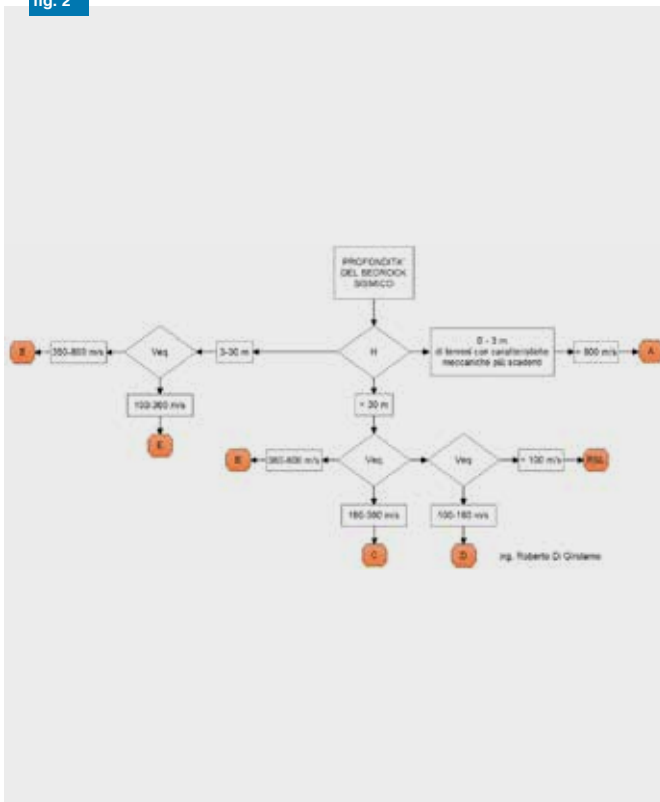
<sup>1</sup> Slide Marco Mucciarelli  
Input Sismico da Risposta Sismica Locale: dai vantaggi teorici a tre casi pratici  
[www.geologimarche.it/wp-content/uploads/2012/07/MARCO-MUCCIARELLI.pdf](http://www.geologimarche.it/wp-content/uploads/2012/07/MARCO-MUCCIARELLI.pdf)

<sup>2</sup> Slide Giuseppe Lanzo  
Le categorie di sottosuolo nelle NTC08: limiti di applicabilità di VS30  
[www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/12\\_23\\_05\\_Lanzo.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/12_23_05_Lanzo.pdf) Incremento del livello idrometrico del fiume Nera a seguito dell’evento del 30 ottobre 2016, confrontato con lo stesso periodo del 2015

<sup>3</sup> Slide Giuseppe Lanzo  
Le categorie di sottosuolo nelle NTC08: limiti di applicabilità di VS30  
[www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/12\\_23\\_05\\_Lanzo.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/12_23_05_Lanzo.pdf)

<sup>4</sup> Slide V. D’Intinosante, M. Baglione, F. Gallori  
La microzonazione sismica di terzo livello: l’esempio di Fivizzano (MS)  
[www.regione.toscana.it/documents/10180/12262194/ms3\\_fivizzano.pdf/377fa08f-ac3a-4cfb-b3be-25e643ad12a8](http://www.regione.toscana.it/documents/10180/12262194/ms3_fivizzano.pdf/377fa08f-ac3a-4cfb-b3be-25e643ad12a8)

fig. 2



assimilabili ad un substrato rigido strati di terreno molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio maggiori di 700-800 m/s.

Qualora il piano campagna, o la giacitura degli strati e/o del substrato non siano facilmente riconducibili a tale schematizzazione, ad esempio per la presenza di valli, creste, rilievi, ecc., l'assunzione di un modello 1D è poco realistica. In questi casi è possibile ricorrere a schematizzazioni bi-dimensionali (2D), assumendo condizioni di deformazione piana che consentono una modellazione adeguata degli effetti della morfologia profonda e di quella superficiale del sito.

Nella definizione del modello geotecnico di sottosuolo è necessario specificare, per ciascuno degli strati individuati, i parametri di ingresso all'analisi. Tale scelta è strettamente connessa al legame costitutivo del terreno scelto dal progettista.

Alcune considerazioni:

1. Se ci sono forti contrasti di impedenza l'approccio semplificato non può essere applicato <sup>1</sup>.
2. L'approccio semplificato può essere applicato solo nel caso di schema di terreno uniforme o stratificazione orizzontale del terreno.
3. Miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, nel caso di inversione di velocità l'approccio semplificato non può essere applicato.
4. Nel caso di presenza di cavità l'approccio semplificato non può essere applicato <sup>2</sup>.

5. Nel caso di depositi sopra al bedrock di forte spessore bisogna valutare attentamente la risposta sismica<sup>3</sup> e pertanto l'approccio semplificato non può essere applicato.

### 3. MICROZONAZIONE, RICOSTRUZIONE POST SISMICA E NUOVE COSTRUZIONI

Gli studi di microzonazione sismica (MS) trovano la loro diretta applicazione nel campo della pianificazione urbanistica, fornendo gli elementi necessari alla determinazione della pericolosità del territorio sotto il profilo sismico<sup>4</sup>; tale concetto è stato ribadito e sottolineato anche dal prof. Albarello nell'incontro tenutosi a Camerino il 26 gennaio 2018, organizzato dall'ordine dei Geologi delle Marche.

Nell'Ordinanza 24 "Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016", allegato 1, premessa ultimo periodo:

*Il livello 1 può essere applicato alla sola pianificazione del territorio, mentre il livello 3 si applica alla pianificazione del territorio e può fornire elementi di supporto alle valutazioni che il progettista responsabile degli interventi sui manufatti deve comunque fare sotto la sua esclusiva responsabilità, anche indipendentemente dai risultati della microzonazione di livello 3.*

Dal Rapporto del commissario straordinario del settembre 2017 - si legge al capitolo: CentroMS e microzonazione sismica dei territori dell'Italia centrale colpiti dagli eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016.

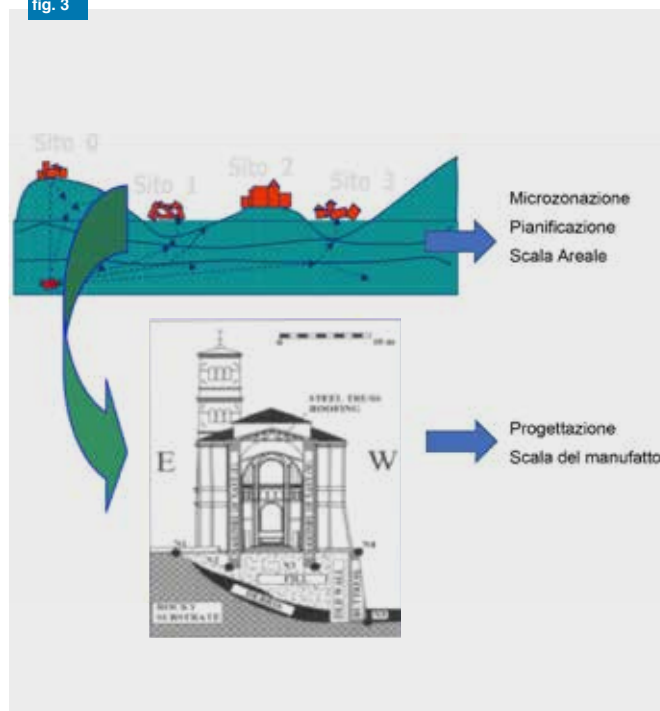
*Il livello 3 di microzonazione sismica, volto alla quantificazione degli effetti di amplificazione nelle aree stabili e ad un approfondimento conoscitivo delle aree instabili, oltre a consentire una migliore pianificazione per localizzare in modo ottimale i nuovi insediamenti e le future aree di espansione, potrà fornire utili indicazioni ai progettisti degli interventi di riparazione e miglioramento / adeguamento sismico su come pianificare le indagini e ottimizzare le analisi della risposta sismica locale, comunque previste per la singola opera dalle norme tecniche vigenti per le costruzioni.*

*La microzonazione sismica, infatti, fornisce valutazioni quantitative medie in un'area omogenea dove, tuttavia, la seppur limitata variabilità locale delle caratteristiche geologiche e morfologiche può determinare puntuali differenze negli effetti di amplificazione. Tali possibili differenze rendono necessarie analisi specifiche, come prescritto dalle norme tecniche, da realizzare a livello del singolo edificio. Per questo motivo il progettista può e deve operare indipendentemente dalla disponibilità degli studi di microzonazione sismica di livello 3, così come avviene attualmente in pressoché tutti i Comuni italiani che ne sono privi.*

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), approvate con D.M. 14.01.2008, e la loro revisione approvata con D.M. 17.01.2018, richiedono che nella progettazione siano affrontati aspetti comuni agli studi di MS. È quindi conseguente che tali studi condividano alcuni obiettivi. Occorre però distinguere la scala alla quale si opera. Infatti, la progettazione è riferita ad uno specifico manufatto (scala del manufatto) e quindi riguarda



fig. 3



ambiti territoriali che possono essere estremamente limitati, mentre la MS opera su una scala areale ed è riferita ad una microzona la cui estensione può essere notevole, in dipendenza delle condizioni di relativa omogeneità del sottosuolo (scala della microzona). In genere, quindi, lo studio a supporto della progettazione fornisce informazioni più puntuali di quelle che si possono ottenere dagli studi per la MS. Quest'ultima, di contro, offre informazioni relative ad aree più estese e quindi offre una conoscenza più diffusa, di sicuro interesse soprattutto per la pianificazione urbanistica e la pianificazione di emergenza <sup>5</sup>.

Sicuramente una analogia che può essere usata è quella della relazione geologica di lottizzazione (inquadramento generale e individuazione delle possibili problematiche) e della relazione geologica di lotto (esecutiva).

I risultati della microzonazione danno come risultato degli FA che descrivono l'amplificazione sismica come rapporto fra gli spettri di output ricavati dalla modellazione (1D o 2D) per intervalli di periodi ben definiti (0,1-0,5; 0,4-0,8; 0,7-1,1) e quelli di input (su suolo rigido), ricavati dagli accelerogrammi spettro compatibili secondo quanto previsto dalle NTC; tali valori sono ottenuti nell'areale definito e pertanto mediano la situazione che è stata sintetizzata dalla MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) definita.

Il parametro  $S_s$ , delle NTC, misura anch'esso una amplificazione rispetto allo spettro su suolo rigido, esso è ricavato nello specifico sito dove è costruito o dove si costruirà il manufatto ed è costante per tutto lo spettro.

Sicuramente tali coefficienti sono parenti, ma sono definiti in maniera diversa.

<sup>5</sup> Indicazioni per l'uso delle carte di Microzonazione Sismica di livello 3  
[www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Indicazioni\\_uso\\_cartelivello3.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Indicazioni_uso_cartelivello3.pdf)

<sup>6</sup> Immagine tratta dalle slide: G. Naso, Dipartimento della protezione civile  
Giornata di studi - Metodi e risultati della microzonazione sismica:  
La lezione del terremoto aquilano  
[geologilazio.it/public/file/2010/12/MSvsNTC08.pdf](http://geologilazio.it/public/file/2010/12/MSvsNTC08.pdf)

<sup>7</sup> Indicazioni per l'uso delle carte di Microzonazione Sismica di livello 3  
[www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Indicazioni\\_uso\\_cartelivello3.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Indicazioni_uso_cartelivello3.pdf)

Quello che appare chiaro, ed è ribadito dai documenti ufficiali, è che i valori ottenuti dalla microzonazione devono funzionare da campanello di allarme, valore di attenzione, per la progettazione esecutiva, nel caso in cui essi superino alcuni valori, ma come?

Richiamando il documento “Indicazioni per l’uso delle carte di Microzonazione Sismica di livello 3” (nota 3) si può dire, stabilite le differenze tra FA e  $S_s$ , si possono però delineare, con riferimento alle NTC, alcune modalità d’uso specifiche degli FA riportati sulle mappe di MS:

1. Nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali la conoscenza di FA può orientare nella scelta e quantificazione delle indagini da effettuare per l’identificazione delle categorie di sottosuolo previste dalla norma; inoltre per costruzioni soggette a lavori che non comportano incrementi di carico in fondazione e non peggiorano la situazione del pendio ed in assenza di dissesti riconducibili a cedimenti del terreno, è possibile che la verifica di stabilità del versante non sia effettuata.

2. FA costituisce un valore di riferimento che sarà tanto più indicativo quanto più il professionista giudicherà il modello del sottosuolo, definito nella microarea, rappresentativo dell’area di fondazione del manufatto.

3. Alcuni FA caratterizzano aree il cui modello del sottosuolo non è ben definito nelle NTC, per esempio aree subito a ridosso dei rilievi (risultati fortemente condizionati da effetti 2D) o aree in cui è misurato un profilo con inversioni di velocità, ossia quando l’andamento delle velocità delle onde di taglio non risulta monotonicamente crescente verso il basso. In questi casi il valore di  $S_s$  di NTC dovrà essere valutato con modelli più complessi di quelli normalmente assunti nelle NTC (basati sull’identificazione del tipo di suolo in relazione alla velocità delle onde di taglio negli ultimi trenta di metri).

4. Valori di FA maggiori di 2, caratterizzano aree particolari, con sensibili amplificazioni locali su determinate frequenze e quindi indicano la necessità di svolgere indagini più approfondite.

5. Nelle zone stabili, con FA=1, previa verifica speditiva dell’effettiva corrispondenza di quanto riportato nella carta di MS con le condizioni al sito del manufatto e previa esecuzione di indagini di limitata estensione, è possibile attribuire al sottosuolo la categoria A (o B nel caso in cui una coltre di alterazione o una fratturazione intensa e pervasiva determinino proprietà meccaniche riferibili a tale categoria) <sup>7</sup>.

Pertanto da quanto sopra riportato la microzonazione è base per la progettazione e ci deve fare porre l’attenzione sul problema fattuale e amplificazione.

Infatti nel caso in cui ci siano forti contrasti di impedenza, ovvero forti variazioni della velocità degli strati questi possono provocare amplificazioni importanti dell’input sismico, molto superiori a quelli che l’approccio semplificato è capace di stimare.

#### 4. MICROZONAZIONE E ORDINANZA 55

Quanto riportato nel capitolo precedente viene ripreso dall’Ordinanza 55 del commissario per la ricostruzione post-sismica 2016, appendice 1 dell’allegato 1, che va a sostituire all’allegato 1 dell’Ordinanza 24/2018.

In tale documento viene specificato come la microzonazione incide sia nella pianificazione che negli interventi sui manufatti.

##### 4.1 Pianificazione

L’ordinanza nello specifico mette in evidenza come la microzonazione fornisce informazioni quantitative sull’entità dell’amplificazione dello spettro di risposta della zona considerata, permettendo il confronto fra la pericolosità sismica del territorio comunale.

Tali indici sono fondamentali per la pianificazione del territorio e per la pianificazione della ricostruzione per valutare il contesto in cui si colloca tale zona per valutare le vie di accesso, collegamenti fra edifici principali, edifici prospicienti le vie di fuga, nonché la tipologia di edificato meno sensibile all’eventuale amplificazione sismica.

Come riportato nella ordinanza 55, gli strumenti di pianificazione urbanistica comunale, fon gli FA dovrebbero:

- a. individuano il grado relativo di pericolosità locale di ciascuna parte del territorio urbanizzato e urbanizzabile;
- b. definiscono prescrizioni per la riduzione del rischio sismico, fissando, per le diverse parti del territorio, i limiti e le condizioni per realizzare gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia.

##### 4.2 Interventi sui manufatti

In questo caso deve essere effettuato un confronto fra gli spettri ottenuti nella specifica zona dalla Microzonazione di terzo Livello, con quello ottenuto con l’approccio semplificato.

Dal confronto dovranno essere valutate due condizioni, se nessuna delle due è verificata è possibile utilizzare l’approccio semplificato. Se almeno una è verificata lo spettro previsto dall’approccio semplificato può ritenersi meno conservativo di quello di MS3.

In questo ultimo caso il progettista dovrà decidere come procedere (risposta sismica locale 1D, risposta sismica locale 2D, adottare gli spettri di MS3), dandone adeguata giustificazione in relazione.

#### 5 ANALISI DELLA MICROZONAZIONE: FA v/s $S_s$

Ora per capire meglio quanto sopra scritto è bene porsi una domanda, ovvero: posso confrontare FA e  $S_s$ ?

Da come abbiamo detto sopra sono cose non confrontabili in quanto  $S_s$  è applicabile su tutto lo spettro e FA è calcolato solo su parti di esso.

Per cercare ovviare a tale problema si sono presi in considerazione i 140 comuni del cratere sismico e si sono ricavati gli spettri da normativa per le 5 categorie di sottosuolo (A, B, C, D, E).



fig. 4

RAPPORTI FA <sub>NTC</sub>						
B/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.2716	0.0183	1.2994	1.2244	1.2765	1.2768
0.4-0.8	1.5875	0.0241	1.6274	1.5249	1.5918	1.5927
0.7-1.1	1.6267	0.0223	1.6543	1.5703	1.6354	1.6365

C/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.5002	0.0411	1.5513	1.4094	1.5145	1.5145
0.4-0.8	2.0051	0.0565	2.0795	1.8745	2.0206	2.0206
0.7-1.1	2.1112	0.0582	2.1824	1.9852	2.1297	2.1337

D/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.7021	0.0982	1.8183	1.5018	1.7377	1.7449
0.4-0.8	2.7846	0.1628	2.9902	2.4252	2.8392	2.8399
0.7-1.1	3.5639	0.2075	3.8125	3.1315	3.6356	3.6529

E/A	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	1.5328	0.0740	1.6210	1.3792	1.5596	1.5640
0.4-0.8	2.2867	0.1116	2.4268	2.0403	2.3246	2.3252
0.7-1.1	2.5896	0.1261	2.7388	2.3291	2.6364	2.6452

fig. 5

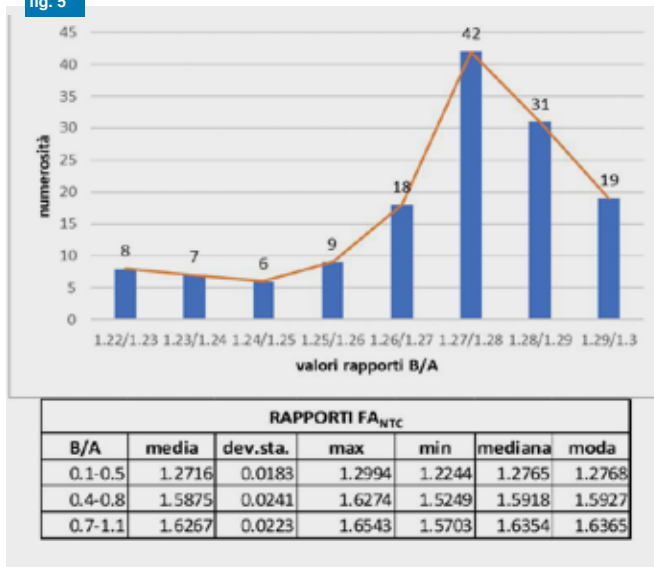
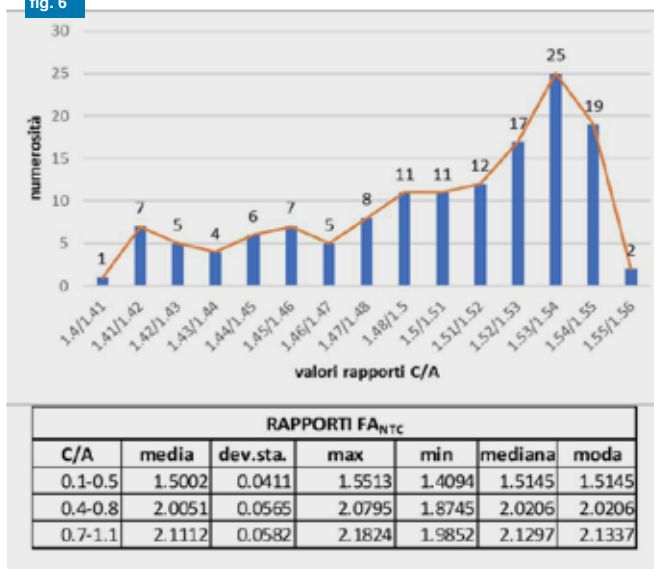


fig. 6



Per confrontare i risultati dei rapporti FA (rapporto fra gli integrali calcolati fra gli intervalli stabiliti [0,1-0,5; 0,4-0,8; 0,7-1,1] degli spettri di output e di input) dati dalla microzonazione e quelli ricavati dagli spettri da NTC, si sono calcolati gli integrali con lo stesso passo logaritmico fatto per la microzonazione e per gli stessi intervalli.

A questo punto si sono calcolati i 12 rapporti, B/A, C/A, D/A e E/A, per ogni intervallo di periodo e per ogni comune, dopo di che si sono ricavati la media, la deviazione standard, la mediana e la moda (fig. 4)

Analizziamo anche la distribuzione dei valori (fig. 5, 6, 7 e 8).

Analizzando la distribuzione dei dati si nota che essa non è simmetrica, la maggiore frequenza relativa dei dati è spostata ed è verso il valore più alto.

Pertanto si sono considerati tutti gli stimatori, ovvero media, mediana e moda<sup>8</sup>: si può notare che moda e mediana possono considerarsi i migliori estimatori della serie di dati considerati.

<sup>8</sup> Si definisce moda il valore (o i valori) cui corrisponde la massima frequenza assoluta.  
Si definisce mediana il valore centrale dei valori.  
Si definisce media il rapporto fra la somma dei valori e il numero dei valori.

fig. 7

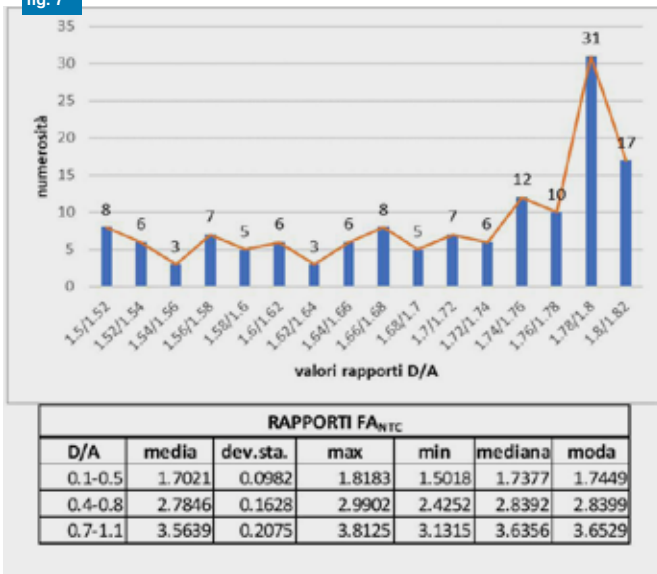
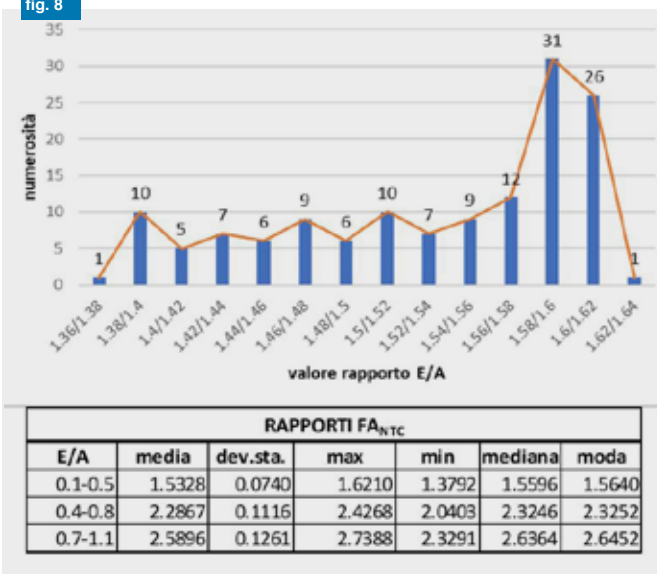


fig. 8



Considerando questi valori (moda e mediana) si evince che per i periodi dove usualmente è posizionata la maggior parte degli edifici ordinari, cioè 0.1-0.5 (da 1 a 4 piani per edifici in acciaio, da 1 a 5 piani edifici in CA e da 1 a 7 piani edifici in muratura), la media degli FANTC per la categoria di terreno B è circa 1,28, per la categoria C è circa 1,51, per la categoria D circa 1,74 e per la categoria E è circa 1,56.

Tali valori sono in linea con quanto ci saremmo aspettati, ovvero con i massimi delle tabelle 3.2.IV delle NTC 2018 (o 3.2.V NTC 2008) ovvero circa 1,2 per la categoria B, circa 1,5 per la categoria C, circa 1,8 per la categoria D e circa 1,6 per la categoria E (fig. 9).

Confrontando anche i valori minimi e massimi dei rapporti e la deviazione standard appare che i risultati sono poco dispersi. Considerazione diversa, invece, per i range di periodi più alti [0,4-0,8; 0,7-1,1], per questi periodi tali valori non sono confrontabili con S<sub>s</sub> ricavabile da NTC, ma in ogni caso possono dare dei limiti di attenzione, sopra le quali devo considerare la RSL.

fig. 9

*Espressioni di S<sub>s</sub> e di C<sub>c</sub>*

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_a \cdot \frac{a}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_a \cdot \frac{a}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,31}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_a \cdot \frac{a}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,30}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_a \cdot \frac{a}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

fig. 10

RAPPORTI FA <sub>NTC</sub> /S <sub>s</sub>						
B	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	106.9%	0.8%	108.8%	105.6%	106.7%	106.4%
0.4-0.8	133.5%	1.2%	136.3%	131.4%	133.2%	132.7%
0.7-1.1	136.8%	0.6%	138.3%	135.7%	136.6%	136.4%
RAPPORTI FA <sub>NTC</sub> /S <sub>s</sub>						
C	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	106.9%	1.0%	109.3%	105.2%	106.7%	106.3%
0.4-0.8	142.9%	1.8%	147.3%	139.7%	142.5%	141.8%
0.7-1.1	150.4%	1.1%	153.2%	148.5%	150.2%	149.7%
RAPPORTI FA <sub>NTC</sub> /S <sub>s</sub>						
D	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	102.6%	1.1%	105.3%	100.8%	102.4%	101.8%
0.4-0.8	167.9%	3.4%	176.4%	162.1%	167.1%	165.7%
0.7-1.1	214.8%	2.6%	221.4%	210.3%	214.3%	213.2%
RAPPORTI FA <sub>NTC</sub> /S <sub>s</sub>						
E	media	dev.sta.	max	min	mediana	moda
0.1-0.5	105.2%	1.0%	107.9%	103.5%	105.0%	104.5%
0.4-0.8	157.0%	2.6%	163.4%	152.7%	156.4%	155.4%
0.7-1.1	177.8%	1.6%	181.8%	175.0%	177.4%	176.8%

Per comprendere la differenza fra i valori di FA<sub>NTC</sub> e S<sub>s</sub> e valutare la discrepanza è stato fatto il rapporto questi due valori per avere la mappatura dell'errore che si commette nel confondere tali valori differenti, anche qui per tutti gli intervalli di periodo e per tutti i comuni e per tutte le categorie di suolo.

I risultati si riportano nella fig. 10.

Varie considerazioni possono essere fatte analizzando i risultati di tale confronto:

1. In generale i valori di FA<sub>NTC</sub> sono superiori ai valori di S<sub>s</sub> e questo è normale in quanto S<sub>s</sub> è considerato su tutto lo spettro.
2. Le differenze fra FA<sub>NTC</sub> e S<sub>s</sub> è molto piccola (pochi punti percentuali) per i periodi 0.1-0.5 e questo può indicare che per tale range di periodi può essere considerato anche ragionevole il confronto fra i valori di S<sub>s</sub> e FA da microzonazione. Tale confronto deve portare ad una attenzione particolare nel caso di valori di FA da microzonazione superiori a quelli che la S<sub>s</sub> da categorie di suolo semplificate.

3. Per i range di periodi 0.4-0.8 e 0.7-1.1 tale confronto non può essere fatto in quanto i valori sono troppo differenti.

4. Per tutte i confronti la dispersione dei risultati è molto contenuta.

## 6. CONCLUSIONI

Dalle considerazioni sopra fatte e dalle analisi, effettuate, secondo il sottoscritto, possono essere tratte delle conclusioni di carattere generale che possono essere di ausilio alla progettazione, che mutuano quanto già riportato nelle "Indicazioni per l'uso delle carte di Microzonazione Sismica di livello 3":

1. Per una corretta valutazione del problema è necessario predisporre un modello geologico e sismostratigrafico alla scala di dettaglio necessaria per il tipo di azione che si intende intraprendere.

2. Nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali la conoscenza di FA **può orientare nella scelta e quantificazione** delle indagini da effettuare per l'identificazione delle categorie di sottosuolo previste dalla norma.

3. FA costituisce **un valore di riferimento** che sarà tanto più indicativo quanto più il professionista giudicherà il modello del sottosuolo, definito nella microarea, rappresentativo dell'area di fondazione del manufatto.

4. Alcuni FA caratterizzano aree il cui modello del sottosuolo non è ben definito nelle NTC, per esempio **aree subito a ridosso dei rilievi (risultati fortemente condizionati da effetti 2D)** o aree in cui è misurato un profilo con inversioni di velocità o aree con morfologie sepolte (risultati fortemente condizionati da effetti 2D), ossia quando l'andamento delle velocità delle onde di taglio non risulta monotonicamente crescente verso il basso (**forti contrasti di impedenza ovvero grossi salti di velocità possono portare a forti amplificazioni**). In questi casi il valore di  $S_s$  di NTC

dovrà essere valutato con modelli più complessi di quelli normalmente assunti nelle NTC.

5. Per gli edifici usuali, cioè da 1 a 4 piani per edifici in acciaio, da 1 a 5 piani edifici in CA e da 1 a 7 piani edifici in muratura, ricadenti circa nel primo intervallo di integrazione (0,1-0,5) quando i valori di **FA sono maggiori di 1.7 si dovrebbe studiare la risposta sismica locale**.

6. Per gli FA nei periodi superiori (0,4-0,8; 0,7-1,1) i limiti di attenzione sono stabiliti dalle medie ricavate dalla statistica sopra riportata, ovvero facendo la media di tutti valori ottenuti per tutte le varie categorie di suolo otteniamo che il valore di attenzione per i periodi 0,4-0,8 è 2,2, mentre per i periodi 0,7-1,1 il valore di attenzione è 2,5.

7. Nelle **zone stabili, con FA=1**, previa verifica speditiva dell'effettiva corrispondenza di quanto riportato nella carta di MS con le condizioni al sito del manufatto e previa esecuzione di indagini di limitata estensione, è possibile attribuire al sottosuolo la categoria A (o B nel caso in cui una coltre di alterazione o una fratturazione intensa e pervasiva determinino proprietà meccaniche riferibili a tale categoria).

8. Nelle **zone stabili, con FA=1**, bisogna sempre prestare attenzione alla eventuale **amplificazione topografica**.

9. In ogni caso per gli edifici rilevanti (classe III) e strategici (classe IV) deve essere sempre effettuata la RSL.

*Tutto quanto sopra riportato è frutto di una lettura personale e critica degli studi di MS3, dell'ordinanza 55 sulla regolarizzazione degli spettri e di tutti i documenti citati riportati nelle note.*

*Ing. Roberto Di Girolamo*

**AGICOM**<sup>®</sup>  
S.p.A.  
CONCESSIONARIA DI PUBBLICITÀ PER QUESTA RIVISTA

**POWERING YOUR COMPANY**

WWW.AGICOM.IT





# XRF Service presenta il nuovo frantumatore di campioni geologici STEIN BRECHER SC10



## **NUOVO FRANTUMATORE DI CAMPIONI GEOLOGICI DA LABORATORIO AD UN PREZZO COSÌ VANTAGGIOSO CHE OGNI LABORATORIO POTRÀ AVERNE UNO!**

STEIN BRECHER SC10 è un nuovo frantumatore da banco per singoli campioni geologici di forma varia. Esso è equipaggiato con una giara di acciaio temperato con un diametro interno di 160 mm, al cui interno l'operatore mette un campione di diametro di circa 150 mm. Agendo su di una leva di una comoda ed affidabile pompa idraulica, un utensile cilindrico (maglio) di acciaio temperato scende e rompe il sasso. Continuando a pompare, il campione è ridotto in pezzi più piccoli di dimensioni tali da poter essere inseriti nelle normali giare di macinazione dei mulini a oscillazione di medie e piccole dimensioni (es. 100 ml di campione). Lo STEIN BRECHER SC10 può essere equipaggiato a richiesta con una pompa idraulica funzionante ad aria compressa e in questo caso può avere un comando a pedale in modo da lasciare le mani libere all'operatore. E' inoltre disponibile una terza versione elettrica, con pompa idraulica elettrica.

### **Caratteristiche tecniche:**

Dimensioni base: 35 cm x 39 cm      Altezza totale: 64 cm (altezza corpo: 39 cm)  
Distanza fra le colonne: 20 cm      Diametro esterno giara: 18 cm, h 5 cm  
Dimensioni massime campione: ca. 15 cm x 15 cm  
Dimensioni della base del corpo centrale: 22,5 cm x 22,5 cm  
Peso per la spedizione: ca. 70 kg

### **XRF Scientific è:**

Perlatrici-Macchine di fusione | Presse | Stampi | Fondenti puri e miscele | Reagenti | Leganti | Film sottili | Coppette porta campioni | Tazzine in alluminio comprimibili | Monitor Sample e materiali certificati di riferimento | Mixer e Omogenizzatori | Mulini di macinazione Levigatrici / Smerigliatrici a disco per la preparazione di campioni XRF e OES



## Regolarizzazione dello spettro ottenuto con gli studi di MS di livello 3 o con la RSL<sup>1 2 3</sup>

<sup>1</sup> Metodo indicato nell'Ordinanza 55 del commissario per la ricostruzione post-sismica 2016, appendice 1 dell'allegato 1.

<sup>2</sup> Metodo suggerito dal Prof. Dario Albarello, nelle linee guida per la "Regolarizzazione dello spettro ottenuto con gli studi di MS di livello 3 o con la RSL".

<sup>3</sup> Metodo indicato anche nelle slide dell'Dott. Ing. Tito Sanò - Slide del corso "Università de L'AQUILA - CORSO DI MICROZONAZIONE SISMICA - Simulazioni numeriche per valutare l'amplificazione locale".

a cura di **ROBERTO DI GIROLAMO**, *Ingegnere Civile Edile*

Alla fine della procedura di Risposta Sismica Locale, metodo principale per capire l'amplificazione locale secondo quanto previsto dal capitolo 3.2.2 delle NTC2018, si ottiene lo spettro medio di risposta che i molti programmi strutturali non sono in grado di importare o molti ingegneri non hanno mai fatto una tale procedura e non sono avvezzi ad inserire i dati dello spettro in maniera numerica.

Gli spettri da normativa dipendono da parametri indipendenti  $a_g$ ,  $T_C^*$ ,  $F_0$  dati dalla norma, altri  $\xi$ ,  $S_T$  fissati dal progettista e  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ ,  $S_s$  dipendenti dai precedenti.

**$a_g$**  accelerazione orizzontale massima al sito su suolo rigido di tipo A;

**$T_C^*$**  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

**$F_0$**  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale ed ha valore minimo pari a 2,2;

**$T_B$**  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante:

$$T_B = T_C / 3$$

**$T_C$**  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro:

$$T_C = C_c \cdot T_C^*$$

**$C_c$**  dipende dalla categoria di sottosuolo:

categoria sottosuolo	$C_c$
A	1
B	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.5}$
E	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

**$T_D$**  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro:

$$T_D = 1.6 + 4.0 \cdot a_g / g$$

**S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche:

$$S = S_s \cdot S_T$$

**$S_s$**  il coefficiente di amplificazione stratigrafica:

categoria sottosuolo	$S_s$
A	1
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$



LA REGOLARIZZAZIONE DEGLI SPETTRI

È RELATIVAMENTE SEMPLICE,

MA DEVE ESSERE SEMPRE FATTA

**GUARDANDO CON OCCHIO CRITICO**

**LA CONGRUITÀ DEL RISULTATO OTTENUTO**

**S<sub>T</sub>** il coefficiente di amplificazione topografica:

categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1		1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1.2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1.4

**ξ** è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%:  $\mu = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0.55$

La procedura permette di trasformare lo spettro elastico di risposta, risultato delle simulazioni numeriche (output), in uno spettro con forma standard (NTC, 2018), costituita da un ramo con accelerazione crescente lineare, un ramo ad accelerazione costante, ed un ramo in cui l'accelerazione decresce con 1/T e quindi con velocità costante (fig. 1 e 2).

Il metodo si basa su quanto previsto al capitolo 2.5.4.3.1 del volume I "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" del Dipartimento di Protezione Sismica a cura di F. Bramerini, G. Di Pasquale, G. Naso, M. Severino.

#### 1. Passo a) ordinanza 55

Dalla Risposta Sismica Locale si calcola lo spettro in pseudoaccelerazione (SA) si determina il periodo (TA) per il quale si ha il massimo dello spettro stesso.

#### 2. Passo b) ordinanza 55

Si calcola il valore medio dello spettro (SA<sub>m</sub>) nell'intorno del massimo TA tra 0,5•TA e 1,5•TA, questo sarà assunto come valore del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard:

$$SA_m = \frac{1}{TA} \cdot \int_{0,5 \cdot TA}^{1,5 \cdot TA} SA(T) dT$$

Cioè si calcola l'area tra i due limiti e si divide per la larghezza, trasformando la figura gialla in un rettangolo di area equivalente (fig.3 e 4).

#### 3. Passo c) ordinanza 55

Si determina lo spettro in pseudovelocità (SV) a partire da quello di accelerazione, di determina altresì il massimo (TV) di tale valore in pseudovelocità:

$$SV(T) = SA(T) \cdot \frac{T}{2\pi} \quad (2)$$

#### 4. Passo d) ordinanza 55

Si calcola il valore medio dello spettro (SV<sub>m</sub>) nell'intorno di TV tra 0,8•TV e 1,2•TV

$$SV_m = \frac{1}{0,4 \cdot TV} \cdot \int_{0,8 \cdot TV}^{1,2 \cdot TV} SV(T) dT \quad (3)$$

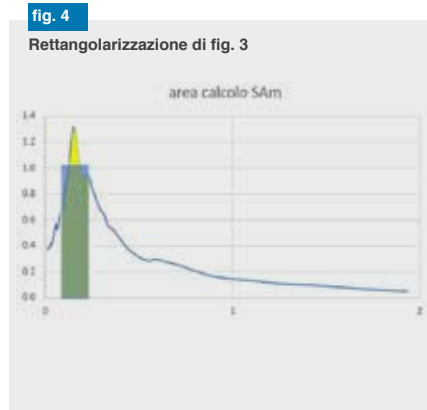
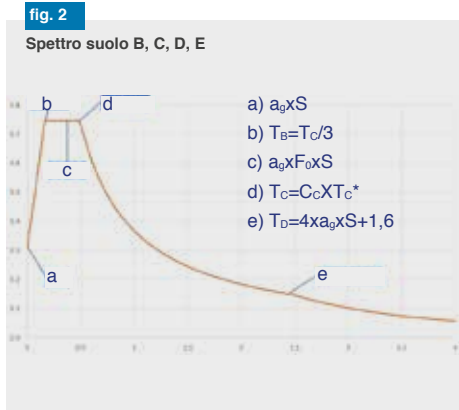
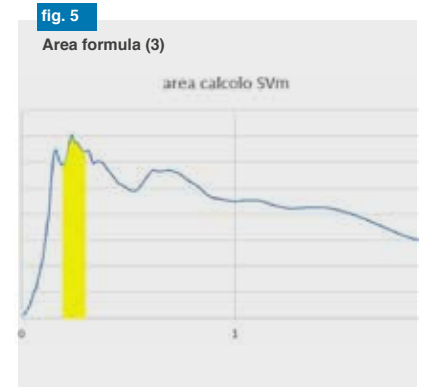
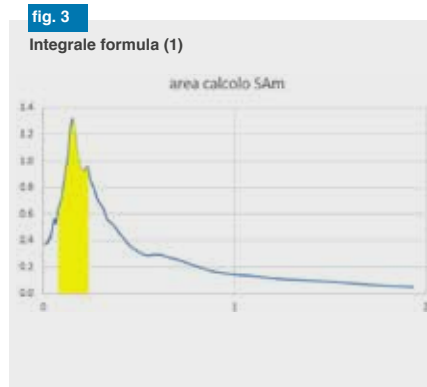
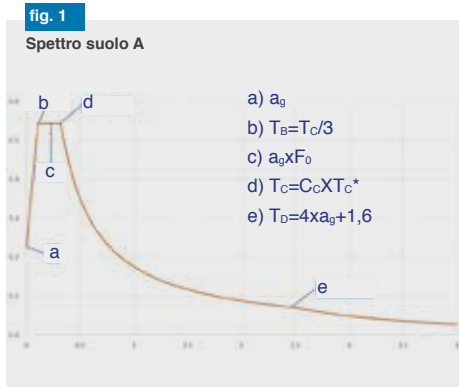
Anche in questo caso si trasforma l'area sottesa con un rettangolo equivalente (fig. 5 e 6).

#### 5. Passo e) ordinanza 55

Si determina il periodo in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro ad accelerazione costante e velocità costante:

$$T_c = 2 \cdot \pi \cdot \frac{SV_m}{SA_m} \quad (4)$$





**6. Passo f) ordinanza 55**

Poiché il valore di  $a_{max}$  non è fornito nello spettro delle simulazioni numeriche si procede per estrapolazione lineare (fig. 7<sup>1</sup>).

$$(T_B - 0,00) : (T_B - 0,01) = (S_{Am} - a_{max}) : (S_{Am} - SA[0,01])$$

$$\frac{(S_{Am} - SA[0,01]) \cdot T_B}{T_B - 0,01} = (S_{Am} - a_{max})$$

$$a_{max} = S_{Am} - \frac{(S_{Am} - SA[0,01]) \cdot T_B}{T_B - 0,01}$$

$$a_{max} = S_{Am} - \frac{(S_{Am} - SA[0,01]) \cdot T_B}{(1 - \frac{0,01}{T_B}) \cdot T_B}$$

$$a_{max} = \frac{S_{Am} \cdot (1 - \frac{0,01}{T_B}) - (S_{Am} - SA[0,01])}{(1 - \frac{0,01}{T_B})}$$

$$a_{max} = \frac{S_{Am} - SA_m \cdot (\frac{0,01}{T_B}) - S_{Am} + SA[0,01]}{(1 - \frac{0,01}{T_B})}$$

$$a_{max} = \left( \frac{S_{Am}}{1 - \frac{0,01}{T_B}} \right) \cdot \left[ \frac{SA[0,01]}{S_{Am}} - \left( \frac{0,01}{T_B} \right) \right] \quad (5)$$

**7. Passo f) ordinanza 55**

Si determinano  $T_B = T_C/3$  e  $T_D = 4 \cdot a_{max} + 1,6$

**8. Passo g) ordinanza 55**

Si applicano le equazioni da NTC 2018 per la determinazione dei tratti dello spettro tra 0 s,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ , 4 s.

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

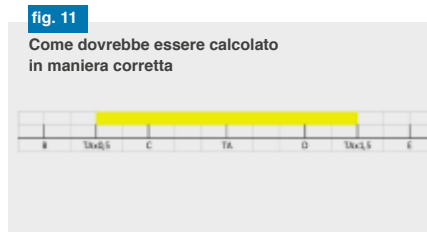
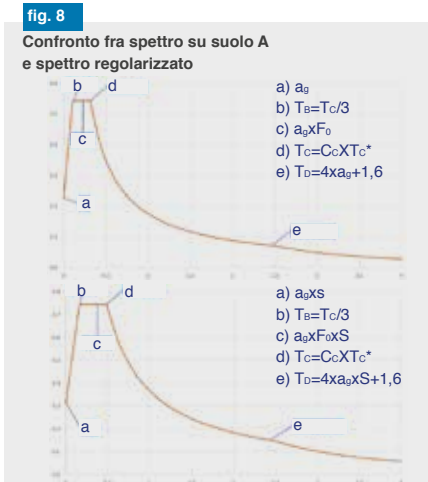
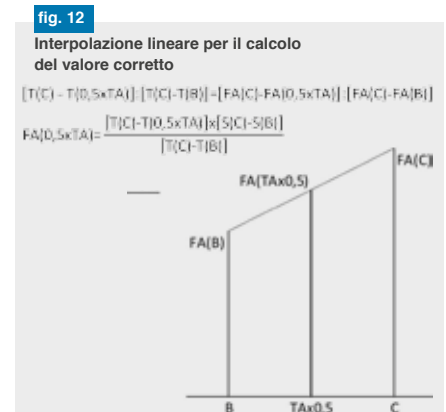
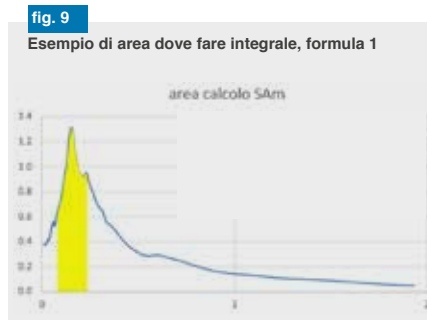
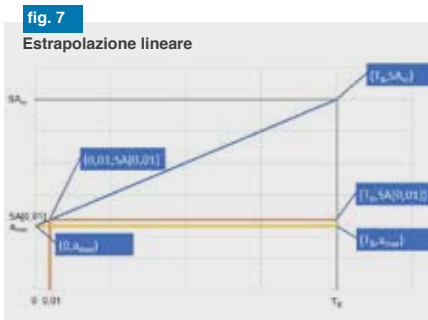
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \quad (6)$$

<sup>1</sup> Metodo indicato nell'Ordinanza 55 del commissario per la ricostruzione post-sismica 2016, appendice 1 dell'allegato 1.

<sup>2</sup> Metodo suggerito dal Prof. Dario Albarello, nelle linee guida per la "Regolarizzazione dello spettro ottenuto con gli studi di MS di livello 3 o con la RSL".

<sup>2</sup> Metodo indicato anche nelle slide dell'Dott. Ing. Tito Sanò - Slide del corso "Università de L'AQUILA - CORSO DI MICROZONAZIONE SISMICA - Simulazioni numeriche per valutare l'amplificazione locale".



**9. Passo h) ordinanza 55**

Si determina  $F_0$  di output come rapporto fra  $SA_m$  e  $a_{max}$ , mentre il parametro  $S_s$ , di amplificazione stratigrafica, come rapporto fra  $a_{max}$  e  $a_g$  (ovvero accelerazione del sito su roccia, terreno A) - **fig.8**.

**È importante controllare sempre che il valore di  $F_0$  sia maggiore di 2,2 così come previsto dalle NTC al punto 3.2.3.2.1, altrimenti bisogna imporre manualmente tale valore.**

**10. Problema 1 – integrazione di funzione discreta**

Al passo n. 2 si calcola il valore medio dello spettro ( $SA_m$ ) nell'intorno del massimo TA tra  $0,5 \cdot TA$  e  $1,5 \cdot TA$ , questo sarà assunto come valore del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard (**fig. 9**).

Questo vuol dire che sicuramente il punto di massimo della curva discreta avrà un valore TA, mentre è altamente improbabile che il valore di  $0,5 \cdot TA$  e  $1,5 \cdot TA$  siano dei punti, ma sicuramente essi capiteranno fra due punti del diagramma discreto (**fig. 10** - dove i punti B, C, TA, D, E sono i punti discreti della spezzata dello spettro).

Il calcolo dell'integrale, area, dovrà essere scomposto (**fig. 11**):

- AI = area tra TAx0,5 - C
- A = area tra C - D
- AF = area tra TAx1,5 - E

I valori di FA(TAx0,5) e FA(TAx1,5) devono essere trovati con interpolazione lineare (**fig. 12**).

Il problema visto per il grafico delle accelerazioni è duale per

quello delle velocità, pertanto lo stesso problema deve essere risolto anche nel calcolo di quell'integrale (area).

NB: da simulazioni fatte l'errore prendendo i valori discreti può essere anche del 5% - 10% nell'altezza del pianerottolo, positivo o negativa a seconda se si prendono i valori più interni o più esterni.

**11. Problema 2 – pianerottolo troppo corto**

Se il pianerottolo sembra corto rispetto alla costruzione standard e lascia fuori una parte dello spettro, come ad esempio nella **fig. 13**.

Ingegneristicamente si può modificare la lunghezza del pianerottolo per avere maggiore copertura, tale modifica viene fatta, però tenendo fermo il punto  $a_{max}$  trovato in precedenza.

Tale impostazione è importante perché altrimenti, imponendo come punto fisso il primo punto noto dalla analisi STRATA ( $T=0,01$ ), allungando il pianerottolo aumenta la pendenza e tenendo fissa la accelerazione al periodo  $T = 0,01$  diminuirebbe la  $a_{max}$ , per questo si è preferisce tenere fermo il punto  $a_{max}$  e cambiare la pendenza del primo tratto dello spettro.

**12. Problema 2 – presenza di più picchi**

Nel caso di presenza di più picchi la media a cavallo del massimo potrebbe non essere corretta infatti come si vede dall'esempio riportato nelle **fig. 14, 15 e 16**.

In tale caso la normalizzazione fa una media su una zona che potrebbe non è significativa, pertanto bisogna considerare l'integrale che tiene conto dei massimi un metodo potrebbe essere quello riportato nelle **fig. 17 e 18**.

L'integrale e la media relativa prende in considerazione i

fig. 14

Copertura dell'area non corretta

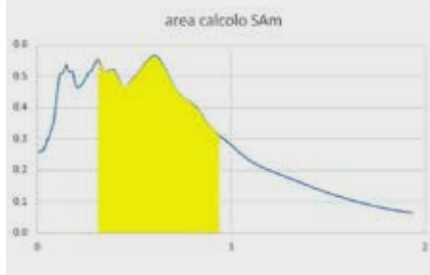


fig. 15

Rettangolarizzazione che sottostima il valore del tratto ad ag costante

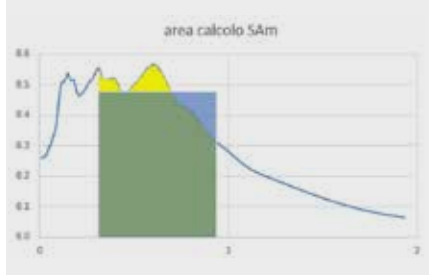


fig. 16

Particolare del pianerottolo nel caso di fig. 15

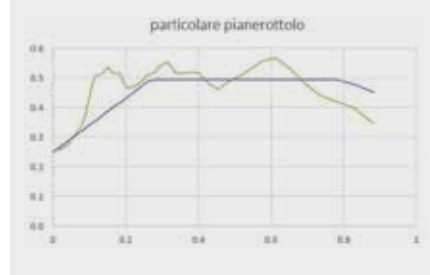


fig. 17

Nuova area considerando i tre picchi

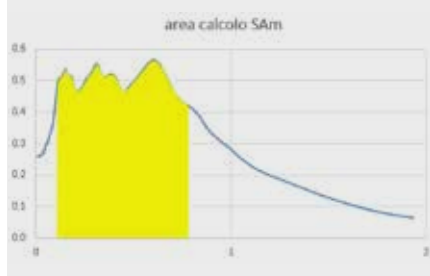


fig. 18

Media

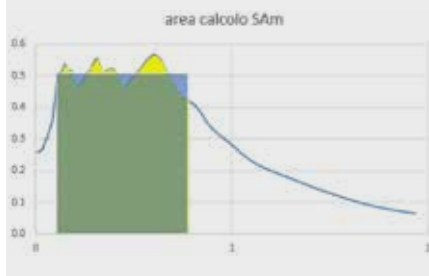
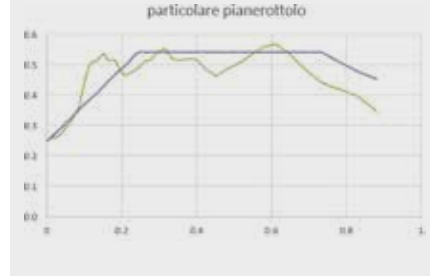


fig. 19

Particolare del pianerottolo della fig. 15



massimi e fa la "lisciatura" di questi massimi e prende come limiti sx e dx il minimo fra i minimi relativi, ovvero il valore discreto più piccolo e più grande. Poi si potrà ampliare, eventualmente, il pianerottolo a sx (fig. 19).

### 13. Conclusioni

Il metodo per la regolarizzazione degli spettri è relativamente semplice, ma deve essere sempre fatta guardando con occhio critico la congruità del risultato ottenuto.

*Tutto quanto sopra riportato è frutto di una lettura personale e critica dell'ordinanza 55 sulla regolarizzazione degli spettri.*

Ing. Roberto Di Girolamo





# GEO SURVEYS

geofisica e geotecnica - servizi di indagine, ricerca e sviluppo



## INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE IN SITO

### INDAGINI SISMICHE ATTIVE

Rifrazione - Riflessione - Down Hole e Cross Hole - Masw

### INDAGINI SISMICHE PASSIVE

Re.Mi. - Spac - Esac - HVSR

### INDAGINI GEOELETTRICHE

Sondaggi elettrici verticali (SEV) - Tomografie 2D e 3D

### INDAGINI GEORADAR

### CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

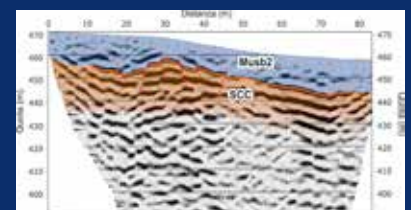
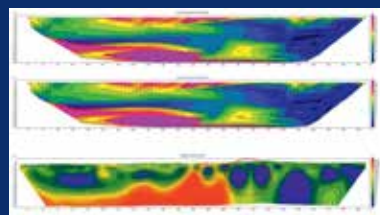
Misure di resistività termica

### INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO

Prove penetrometriche statiche (CPT e CPTU) e dinamiche (SCPT)

Campionatore ambientale

Campionatore Shelby





### CTD Logger multiparametrico (conducibilità, temperatura, pressione)

- Precisione / scala di conducibilità del sensore:  
 $\pm 1\%$  max. / 0,2...200 mS/cm
- Precisione / sensore Pt1000 per monitorare la temperatura:  
 $\pm 0,1\text{ }^\circ\text{C}$  / -10...40  $^\circ\text{C}$
- Precisione / campo di pressione (profondità):  
 $\pm 0,02\%$  FS max. / 5...200 m
- Applicazioni:  
monitoraggio della qualità dell'acqua e del livello



## Competenza nella idrologia

### Unità di trasmissione dati a distanza GSM

- Logger multiparametrico
- Trasmissione dei dati via e-mail, FTP oppure SMS
- Multifunzionale
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Facilità d'installazione
- Software incluso

### Logger di pressione e temperatura

- Autonomo
- Di facile uso
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Applicazioni:
  - Acqua dolce
  - Acqua salata
  - Acqua sporca
- Ottenibile in acciaio Inox,  
Hastelloy oppure in Titanio

