

ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D: APPROCCIO PRATICO AI CODICI DI CALCOLO

17 MARZO 2022 - ROMA

MASSIMO MANGIFESTA Ph.D

mmangifesta@gmail.com – mmangifesta@unich.it



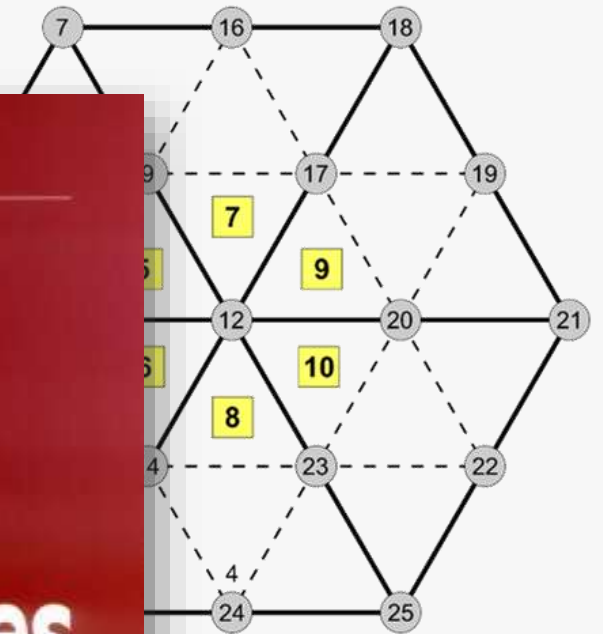
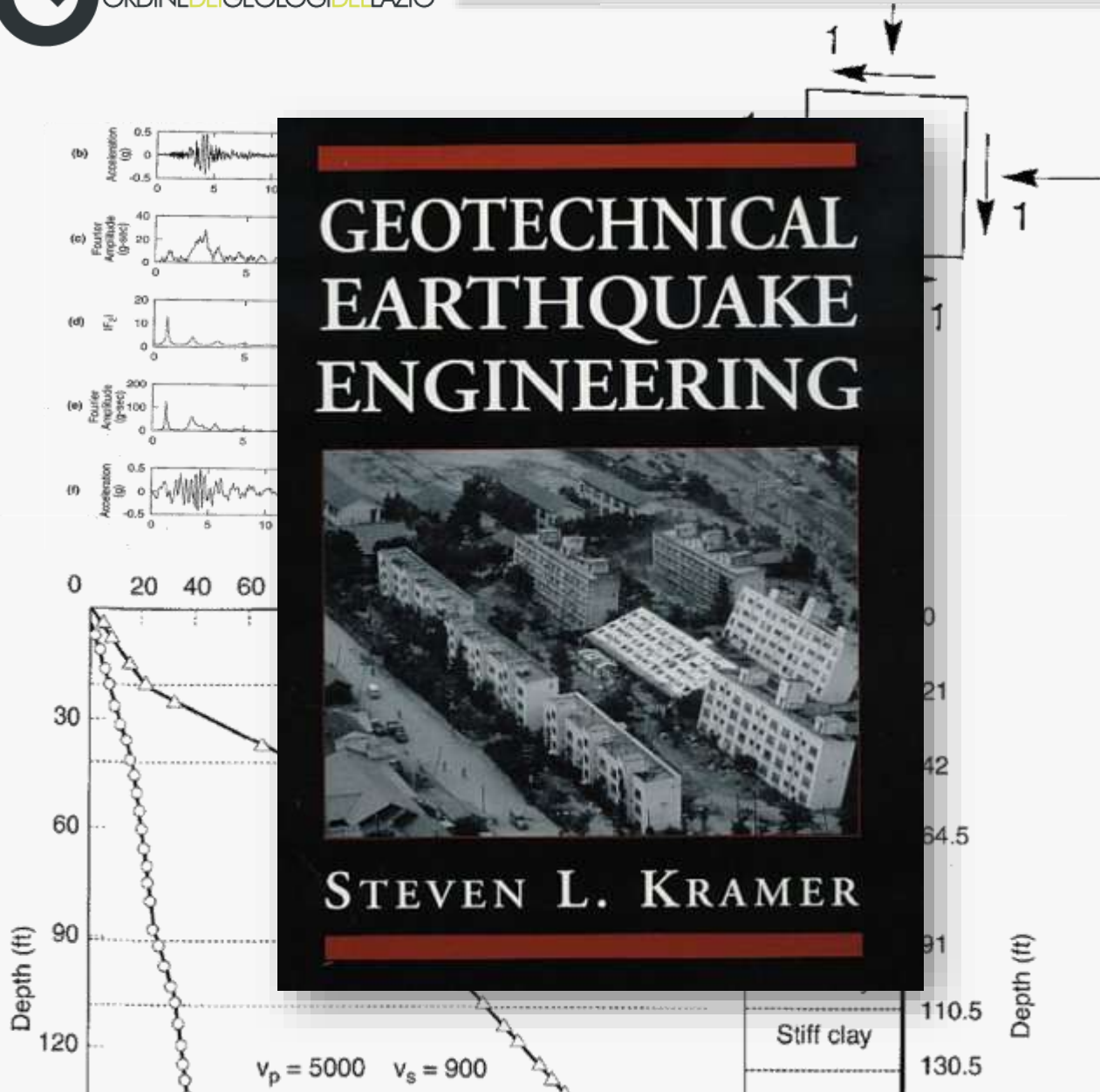
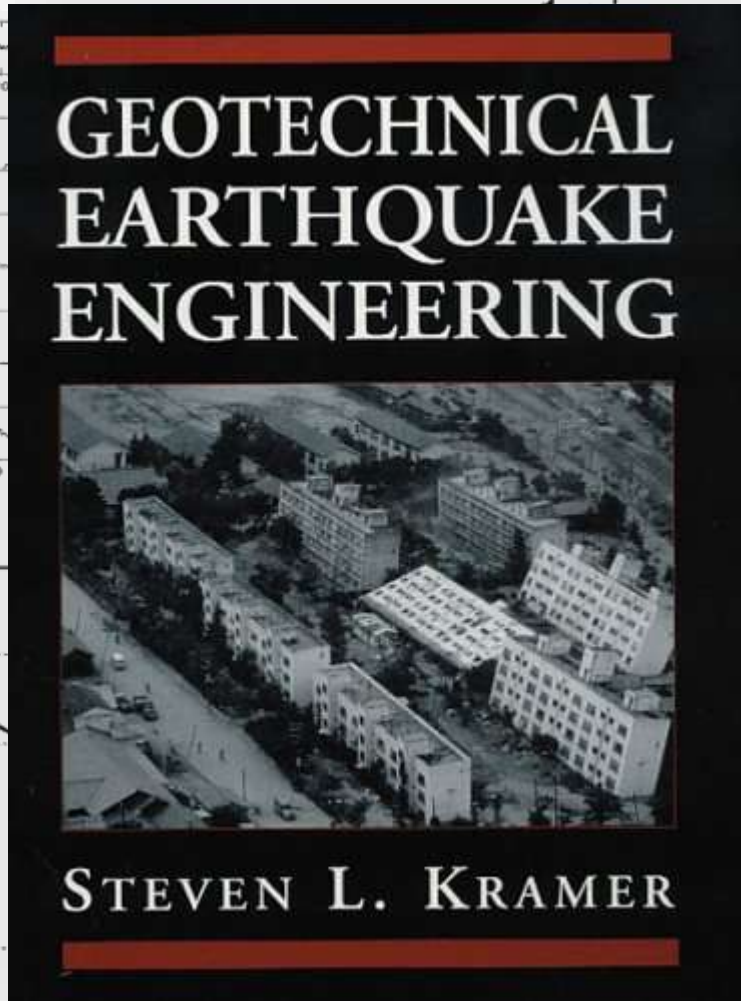
ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

APPROCCIO PRATICO AI CODICI DI CALCOLO

17 MARZO 2022

ROMA



$$\begin{pmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{pmatrix} = \frac{vE}{(1-v)^2} \begin{pmatrix} 1-v & 0 \\ 0 & 1-v \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \end{pmatrix} + \frac{vE}{(1-v)} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \epsilon_{xy}$$

$$\sigma_{xy} \equiv \sigma_{yx} = \tau_{xy} = 2G\epsilon_{xy}$$

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Categorie di sottosuolo

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.II, 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, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

7.11.3.1 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, **l'analisi della risposta sismica locale consente quindi di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali**. **Le analisi di risposta sismica locale richiedono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove**. Nelle analisi di risposta sismica locale, l'azione sismica di ingresso è descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione (accelerogrammi) su di un sito di riferimento rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (sottosuolo tipo A del § 3.2.2). Per la scelta degli accelerogrammi di ingresso, si deve fare riferimento a quanto già specificato al § 3.2.3.6.

1 *Introduzione ai codici numerici*

2 *Case history*

3 *Introduzione al VisualQ4M*



www.visualq4m.com



VisualQ4M

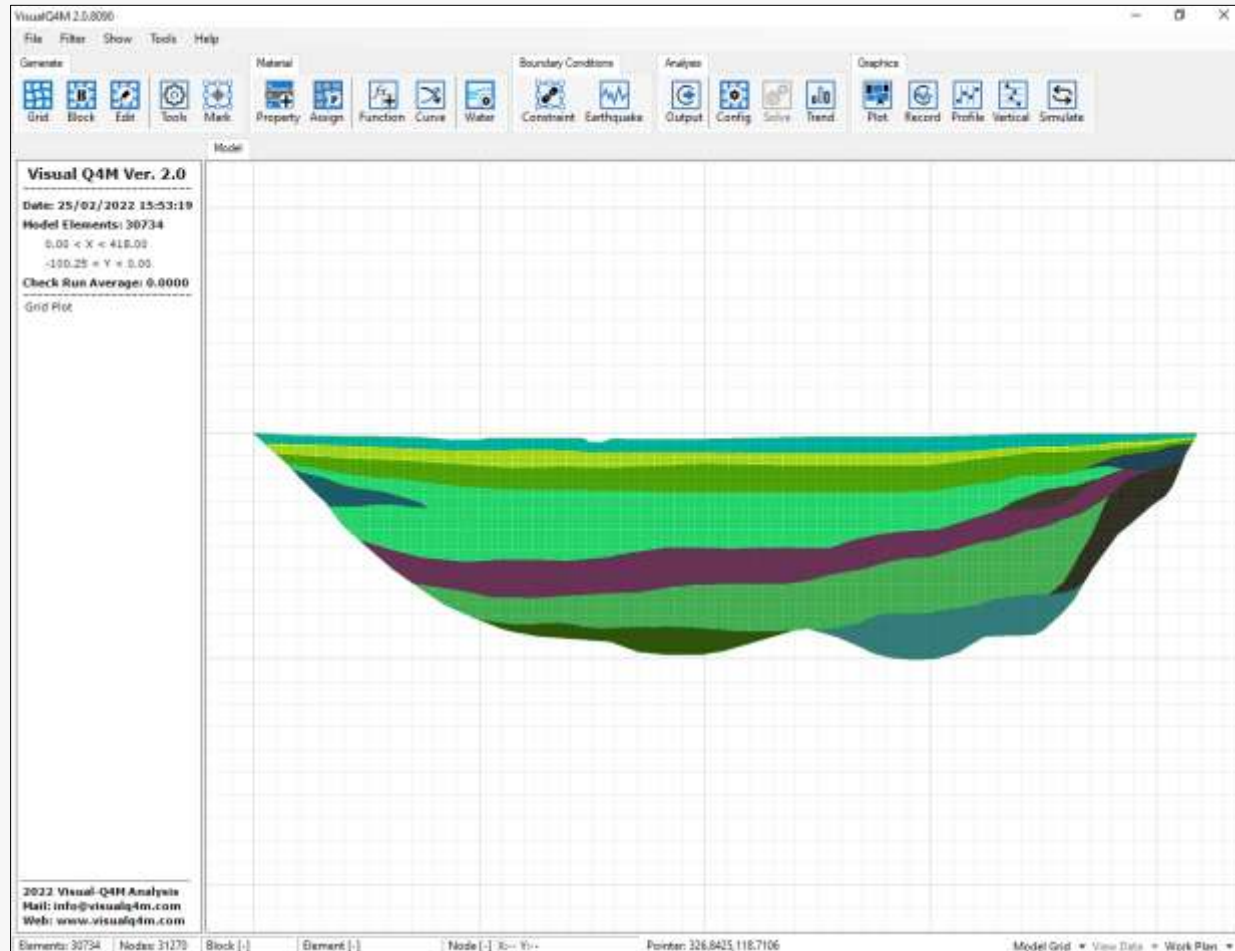
Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

4 *Implementazione di modelli sismo-stratigrafici semplici*

5 *Discussione e condivisione esperienze professionali*



VisualQ4M Pre & Post Processore per analisi Quad4M



JOIN OUR LINKEDIN GROUP JOIN OUR YOUTUBE CHANNEL INFO@VISUALQ4M.COM CONTACT SALES [NEW OFFER 2022]

VISUAL Q4M V2.0

HOME FEATURES OPTIONS +SUPPORT VERSIONS DOWNLOAD CHANNEL

HOME > DOWNLOAD INSTALLER AND MANUAL

VISUAL-Q4M Installer And Manual

Before installation, make sure you have:

- Administrator privilege
- The Framework .NET 4.5 or higher [link and download]
- C++ 2015-2019 Redistributable Package (x86: vc_redist.x86.exe) [link and download]

For download the **Visual-Q4M** software click on the link below, save the installation pack .msi file on your computer and follow the installation instructions.

 Visual-Q4M Release: V2.0.8047 - 2022 Last update: January 2022

 Visual-Q4M Release: V2.0 Beta - 2022 Last update: March 2022

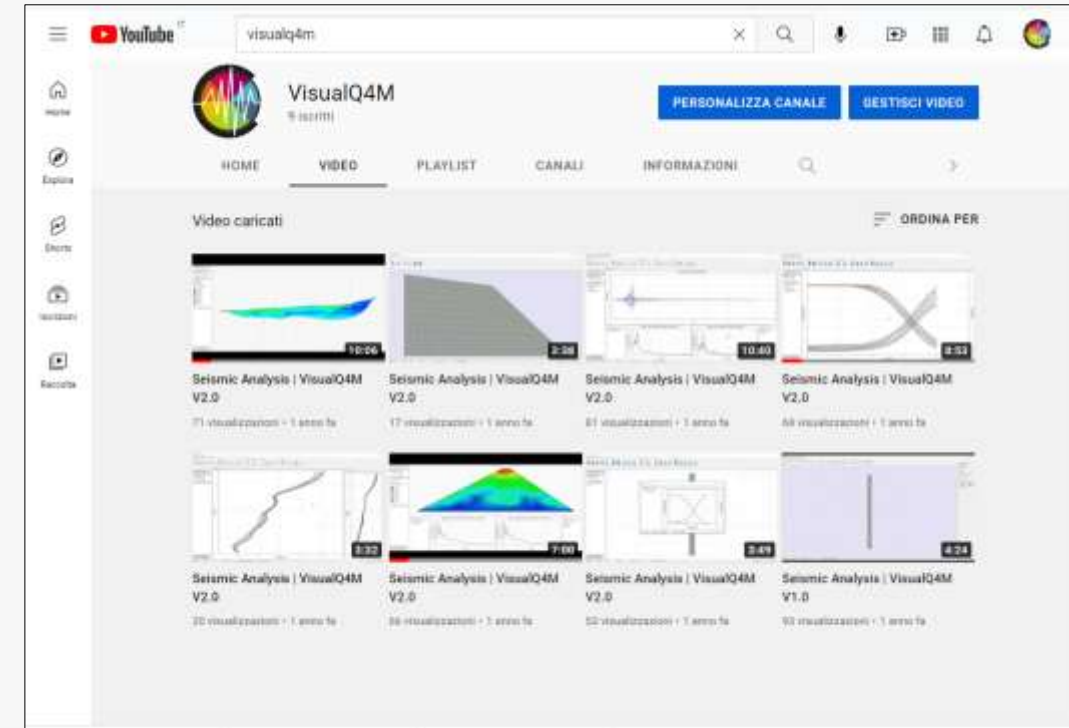
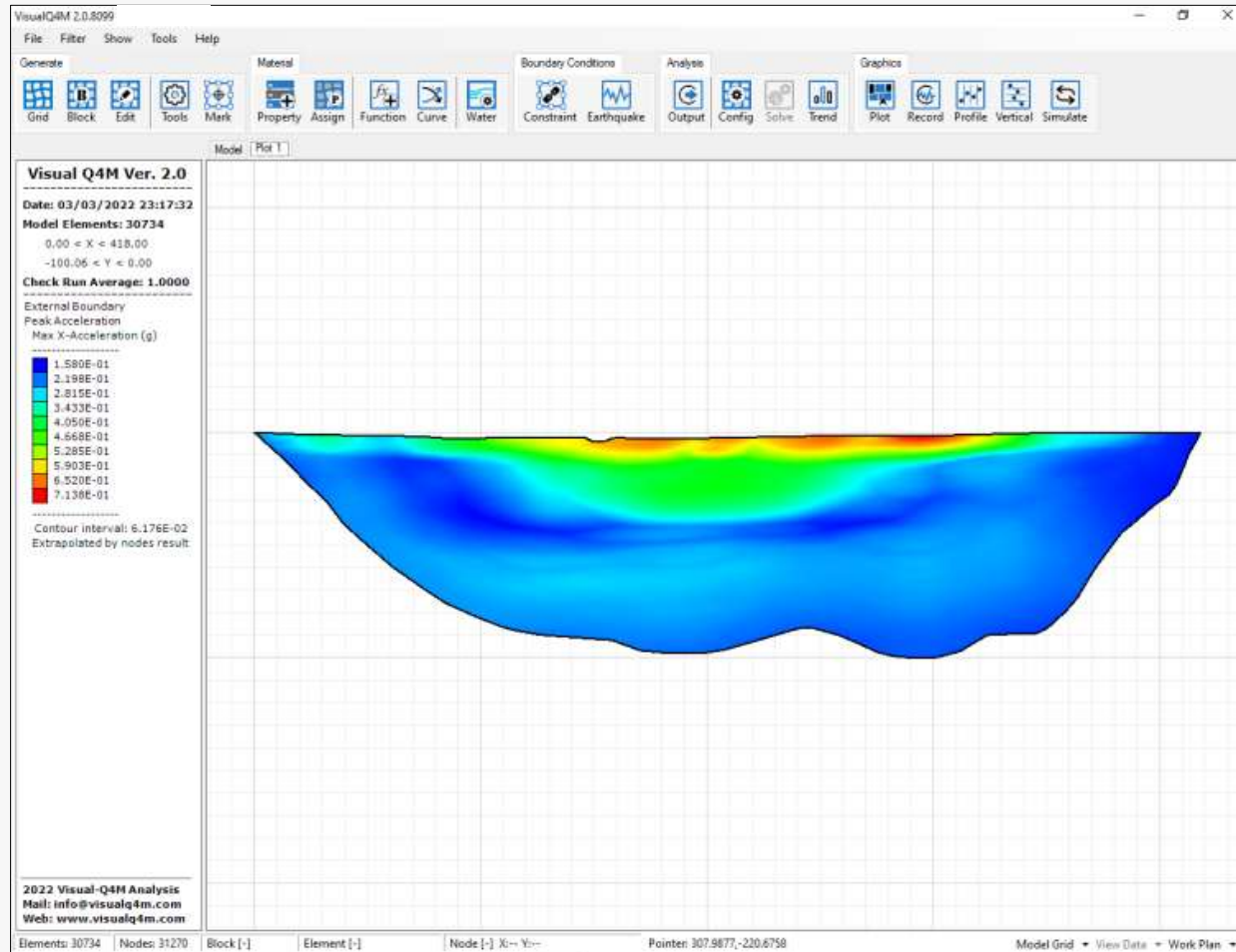
www.visualq4m.com



VisualQ4M

Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

VisualQ4M Pre & Post Processor per analisi Quad4M



www.youtube.com

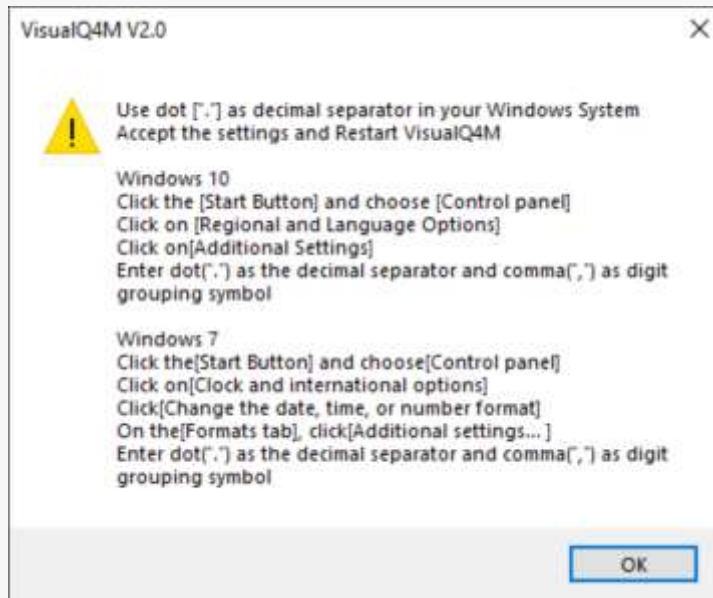


VisualQ4M

Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

VisualQ4M Pre & Post Processor per analisi Quad4M

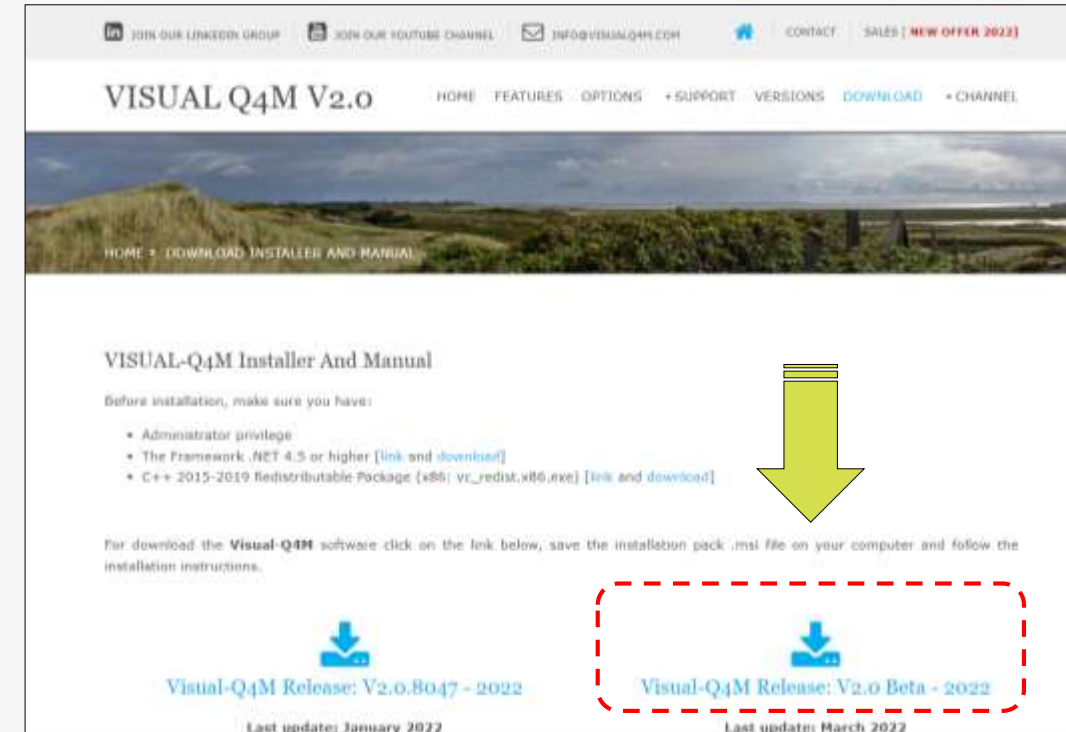
Utilizzare il punto (".") come separatore decimale e non la virgola (",") altrimenti il software potrebbe non funzionare



Privilegi di amministratore

Framework .NET 4.5 [[link](#) e [download](#)]

C++ 2015-2019 Redistributable Package (x86: vc_redist.x86.exe) [[link](#) e [download](#)]



www.visualq4m.com

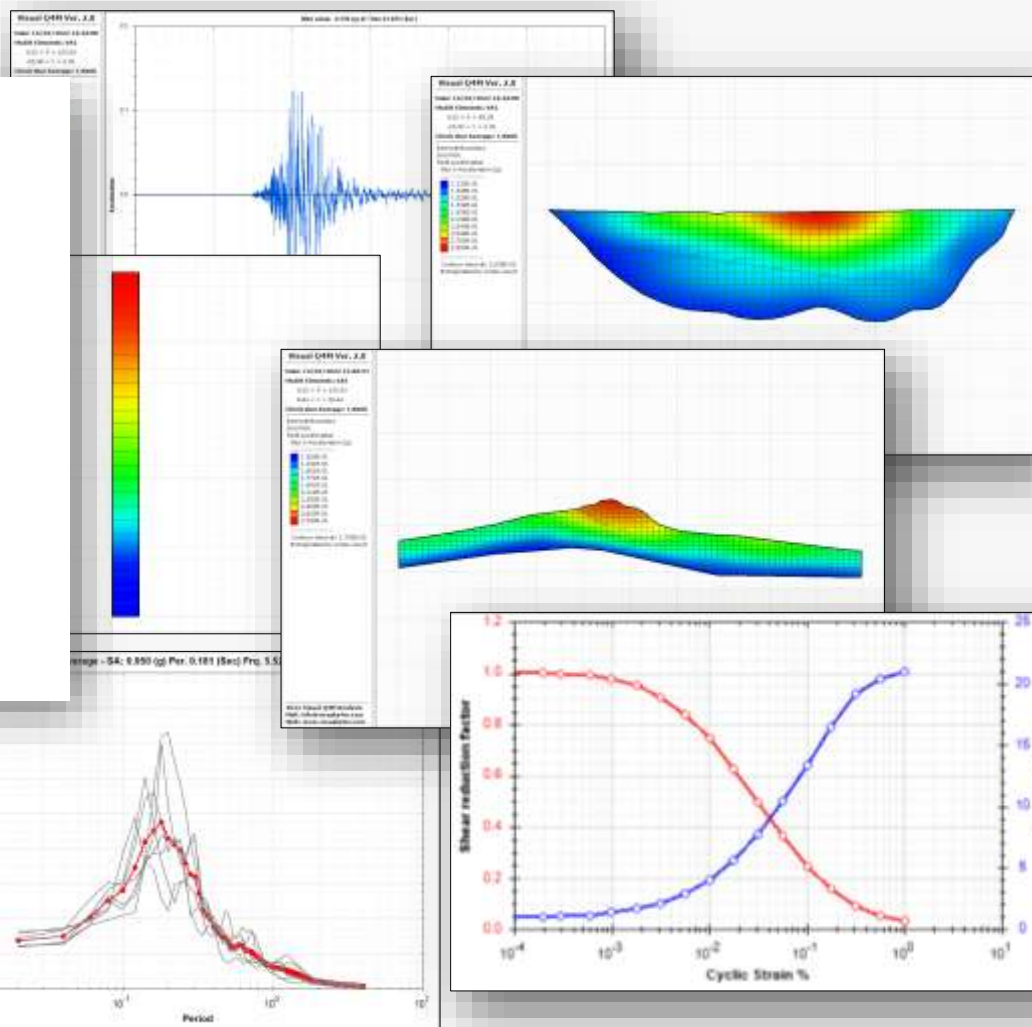


VisualQ4M

Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

www.visualq4m.com/OGI2022/Ex.zip

Ex_01
Ex_02
Ex_03
Ex_04
Ex_05
Ex_06
Input
Soil



JOIN OUR LINKEDIN GROUP JOIN OUR YOUTUBE CHANNEL INFO@VISUALQ4M.COM CONTACT SALES [NEW OFFER 2022]

VISUAL Q4M V2.0 HOME FEATURES OPTIONS +SUPPORT VERSIONS DOWNLOAD + CHANNEL

HOME + DOWNLOAD INSTALLER AND MANUAL

VISUAL-Q4M Installer And Manual

Before installation, make sure you have:

- Administrator privilege
- The Framework .NET 4.5 or higher [link and download]
- C++ 2015-2019 Redistributable Package (x86: vc_redist.x86.exe) [link and download]

For download the **Visual-Q4M** software click on the link below, save the installation pack .msi file on your computer and follow the installation instructions.

 Visual-Q4M Release: V2.0.8047 - 2022 Last update: January 2022

 Visual-Q4M Release: V2.0 Beta - 2022 Last update: March 2022

www.visualq4m.com



VisualQ4M

Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

1 *Introduzione ai codici numerici*

2 *Case history*

3 *Introduzione al VisualQ4M*



www.visualq4m.com



VisualQ4M

Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

4 *Implementazione di modelli sismo-stratigrafici semplici*

5 *Discussione e condivisione esperienze professionali*



ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Definizione

Modello Geotecnico

Buona approssimazione nella definizione dell'andamento topografico con un estensione congrua con l'area in studio.

Individuazione caratteristiche meccaniche e contatti stratigrafici.

Definizione della profondità del bedrock sismico

Ricostruzione

Modello Numerico

Ricostruzione del modello numerico il più possibile aderente alle condizioni geologiche del sito da analizzare.

Definizione delle condizioni al contorno.

Individuazioni dei punti di monitoraggio per la registrazione delle accelerazioni/spettri in output.

Definizione

Input Sismico

Individuazione della pericolosità sismica di base e definizione della massima accelerazione attesa su suolo rigido.

Estrazione delle settuple di accelerogrammi (NTC2018).

Analisi

Risposta Sismica

Scelta del codice di calcolo

Interpretazione dei risultati globali.

Estrazione degli spettri in output sui punti di monitoraggio.

Calcolo delle amplificazioni sulle frequenze d'interesse.

Cosa significa utilizzare un codice numerico???

**Eseguire una simulazione di una condizione/evento reale
(Terremoti, Frane, Inondazioni...)**

Quanto tempo serve per eseguire un calcolo???

**Ogni processo ha bisogno di tempi di calcolo
più o meno lunghi assecondo della complessità del modello
(1D – 2D – 3D)**

Quale grado di errore è ammissibile???

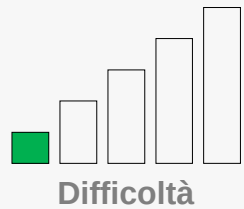
**In un qualsiasi processo di calcolo facciamo sempre delle assunzioni
(Topografia, Stratigrafia, Confini...)**

Modello monodimensionale con 1 grado di libertà

Effetti di amplificazione stratigrafica

NO effetti di amplificazione topografica

Parametri minimi richiesti: Spessori, Velocità...



Codici 1D →

Shake91 - Berkeley University

EERA – University of Southern California Los Angeles

Deepsoil - Illinois University

STRATA - NEES

NERA – University of Southern California Los Angeles

Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 24/02/2022 15:13:09

Initial Model: 1x30

0.00 < X < 2.00

0.00 < Y < 30.00

Check Run Average: 0.9998

Residual Vector
Displacement (m)

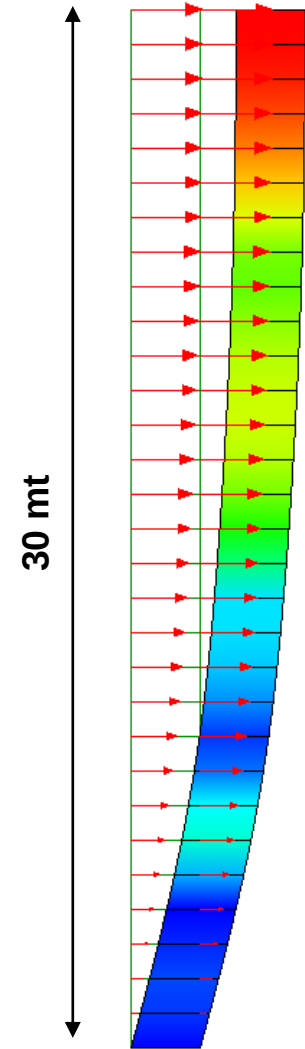
Scale factor: 5.000E00
Min vector: 0.000E00
Max vector: 1.011E-03

Distortion
Distortion 3.000E00
Peak Acceleration
Max X-Acceleration (g)

9.990E-02
1.048E-01
1.096E-01
1.145E-01
1.194E-01
1.242E-01
1.291E-01
1.340E-01
1.388E-01
1.437E-01

Scale factor: 5.000E00
Min vector: 0.000E00
Max vector: 1.011E-03

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com

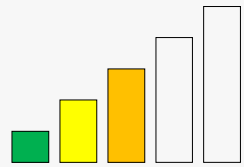


Modello bidimensionale con 2 grado di libertà

Effetti di amplificazione stratigrafica

Effetti di amplificazione topografici

Parametri minimi richiesti: Spessori, Velocità...



Difficoltà

Codici 2D



Quad4M - Berkeley University

BESOIL – Ing. Sanò

FLAC 2D – Itasca Consulting Group Inc.

MIDAS GTS 2D – Midas Group

QUAKE/W – Geostudio

Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 24/02/2022 15:59:28

Initial Model: 350x463

-600.00 < X < 504.62

-186.26 < Y < 278.00

Check Run Average: 1.0000

External Boundary

Internal Limits

Grid Plot

Peak Acceleration

Max X-Acceleration (g)

3.758E-01

4.452E-01

5.145E-01

5.839E-01

6.532E-01

7.226E-01

7.919E-01

8.613E-01

9.306E-01

1.000E00

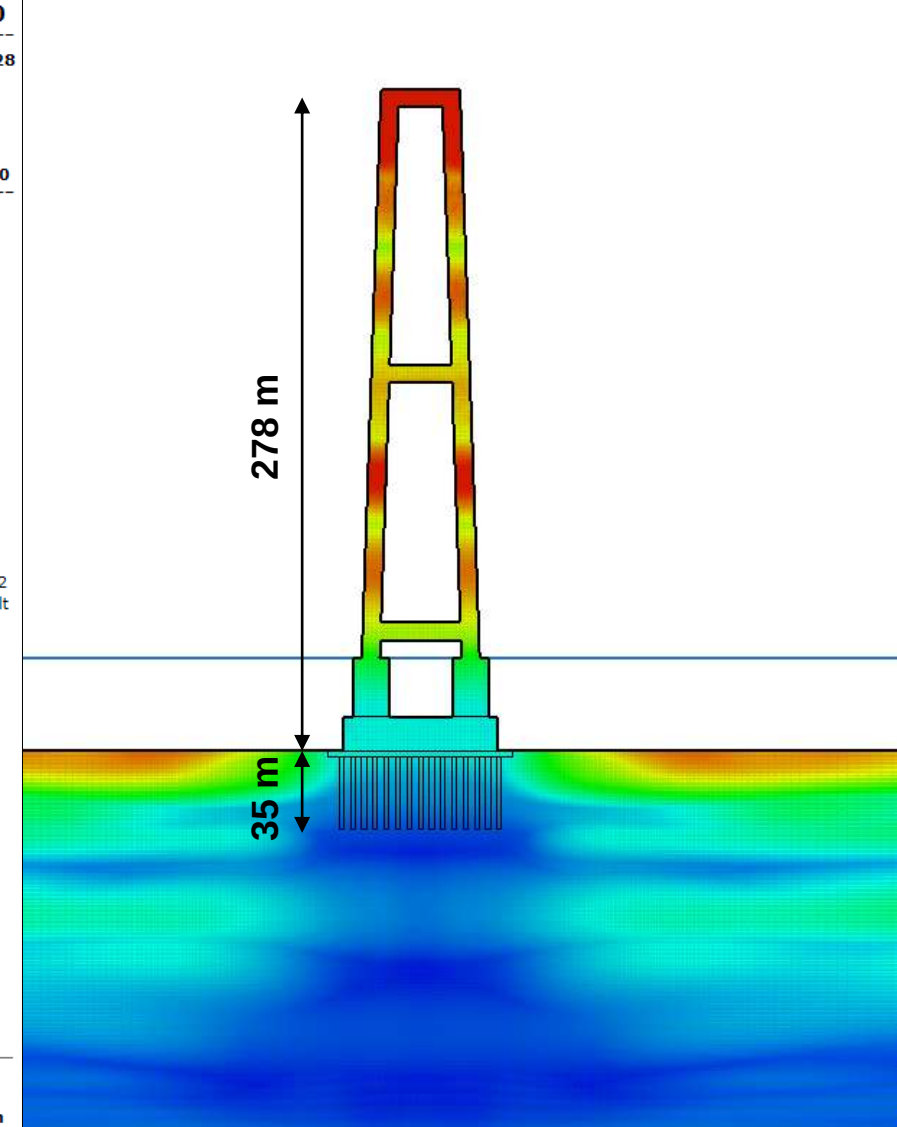
Contour interval: 6.936E-02

Extrapolated by nodes result

2022 Visual-Q4M Analysis

Mail: info@visualq4m.com

Web: www.visualq4m.com



ROMA

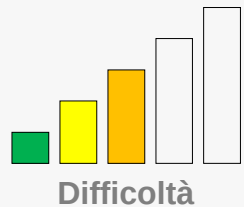
17 MARZO 2022

Modello bidimensionale con 2 grado di libertà

Effetti di amplificazione stratigrafica

Effetti di amplificazione topografici

Parametri minimi richiesti: Spessori, Velocità...

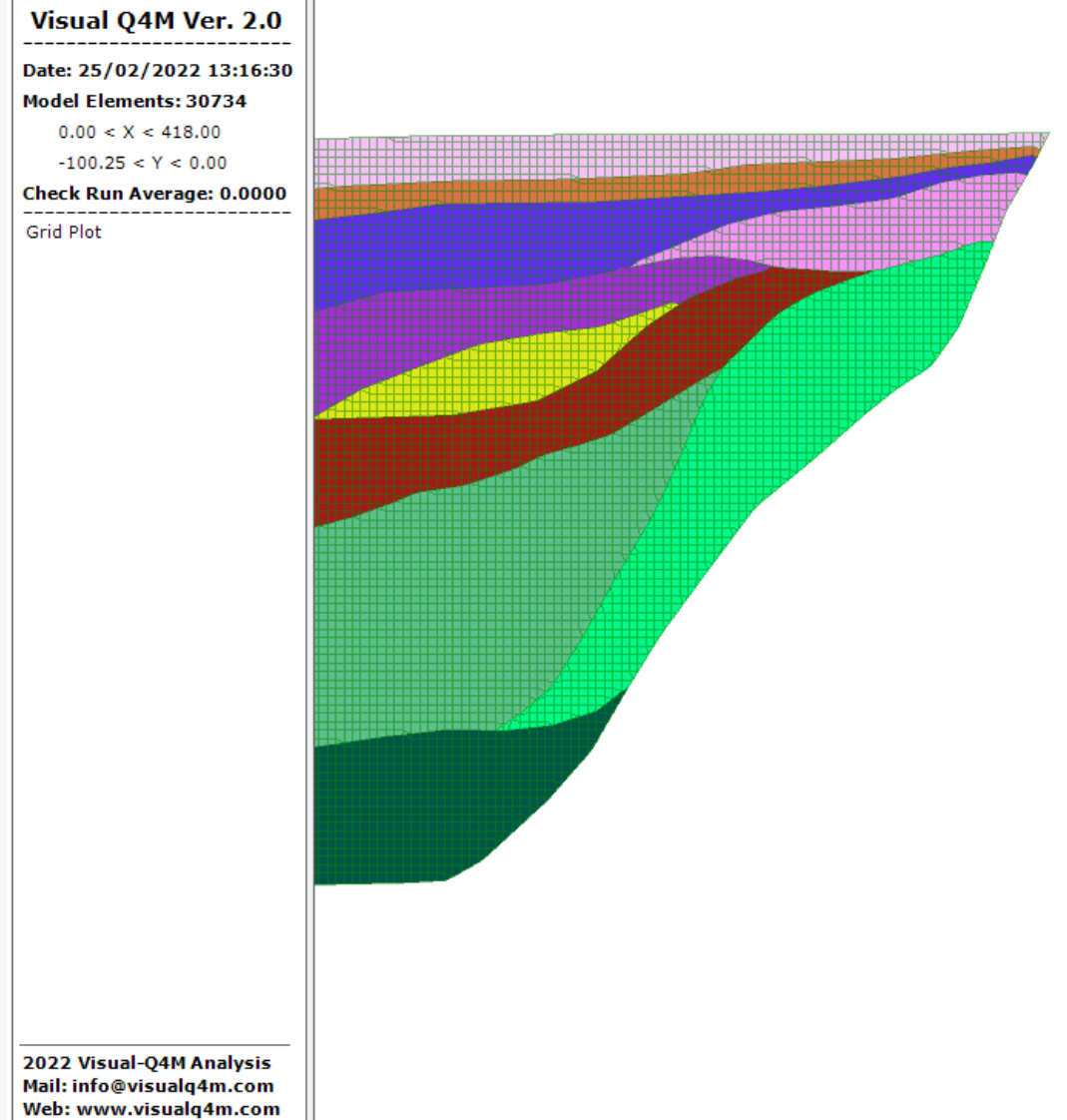


Codici 2D →

**Consentono di modellare sistemi molto complessi
in modo molto dettagliato**

**Richiedono la conoscenza dettagliata della stratigrafia
e delle caratteristiche sismo-meccaniche**

**Necessitano di attenzione da parte dell'utente
nell'interpretazione dei risultati**

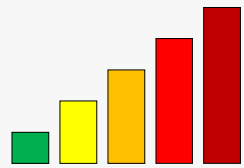


Modello tridimensionale con 3 grado di libertà

Effetti di amplificazione stratigrafica nello spazio

Effetti di amplificazione topografici nello spazio

Parametri minimi richiesti: Spessori, Velocità...



Difficoltà

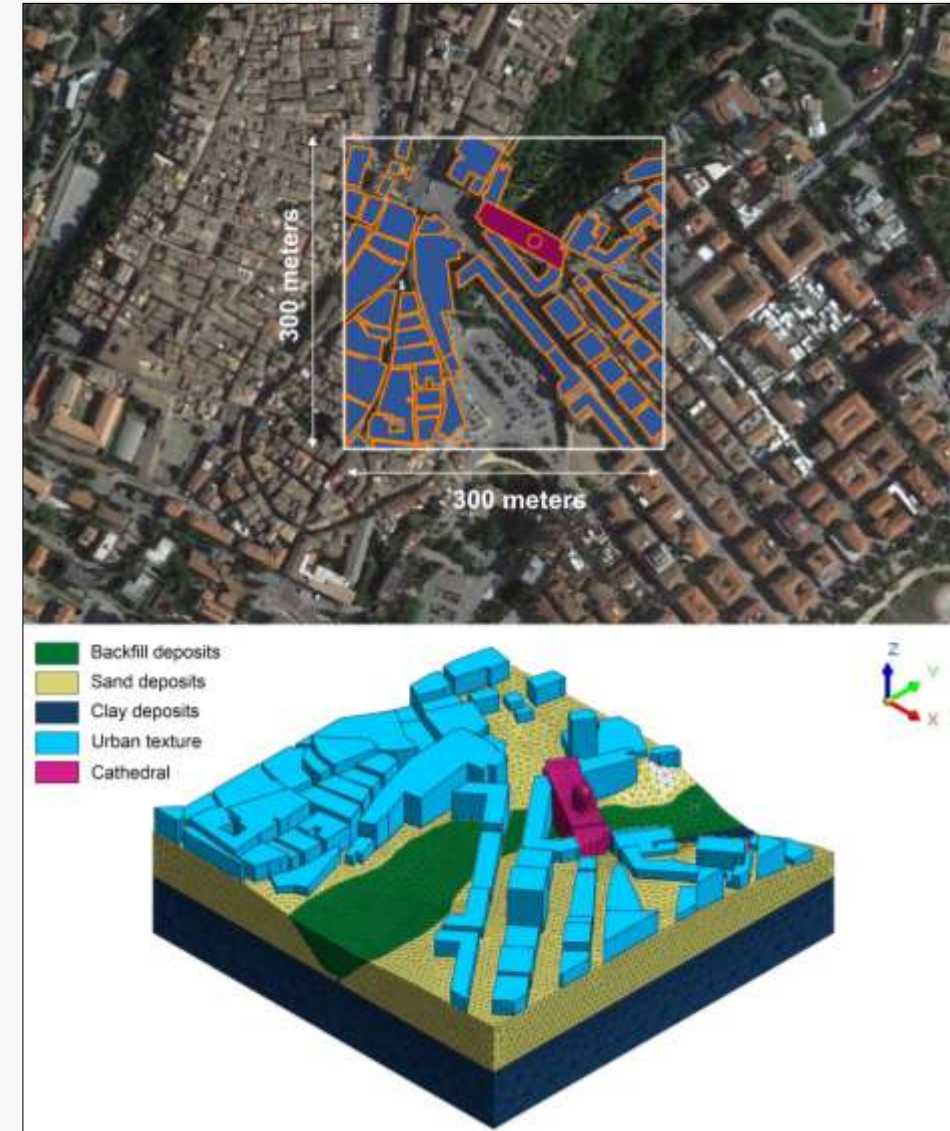
Codici 3D →

FLAC 3D – Itasca Consulting Group Inc.

PLAXIS 3D – Bentley Group

MIDAS GTS 3D – Midas Group

(Codici di calcolo Lineari e non Lineari)

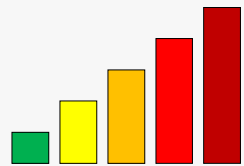


Modello tridimensionale con 3 grado di libertà

Effetti di amplificazione stratigrafica nello spazio

Effetti di amplificazione topografici nello spazio

Parametri minimi richiesti: Spessori, Velocità...



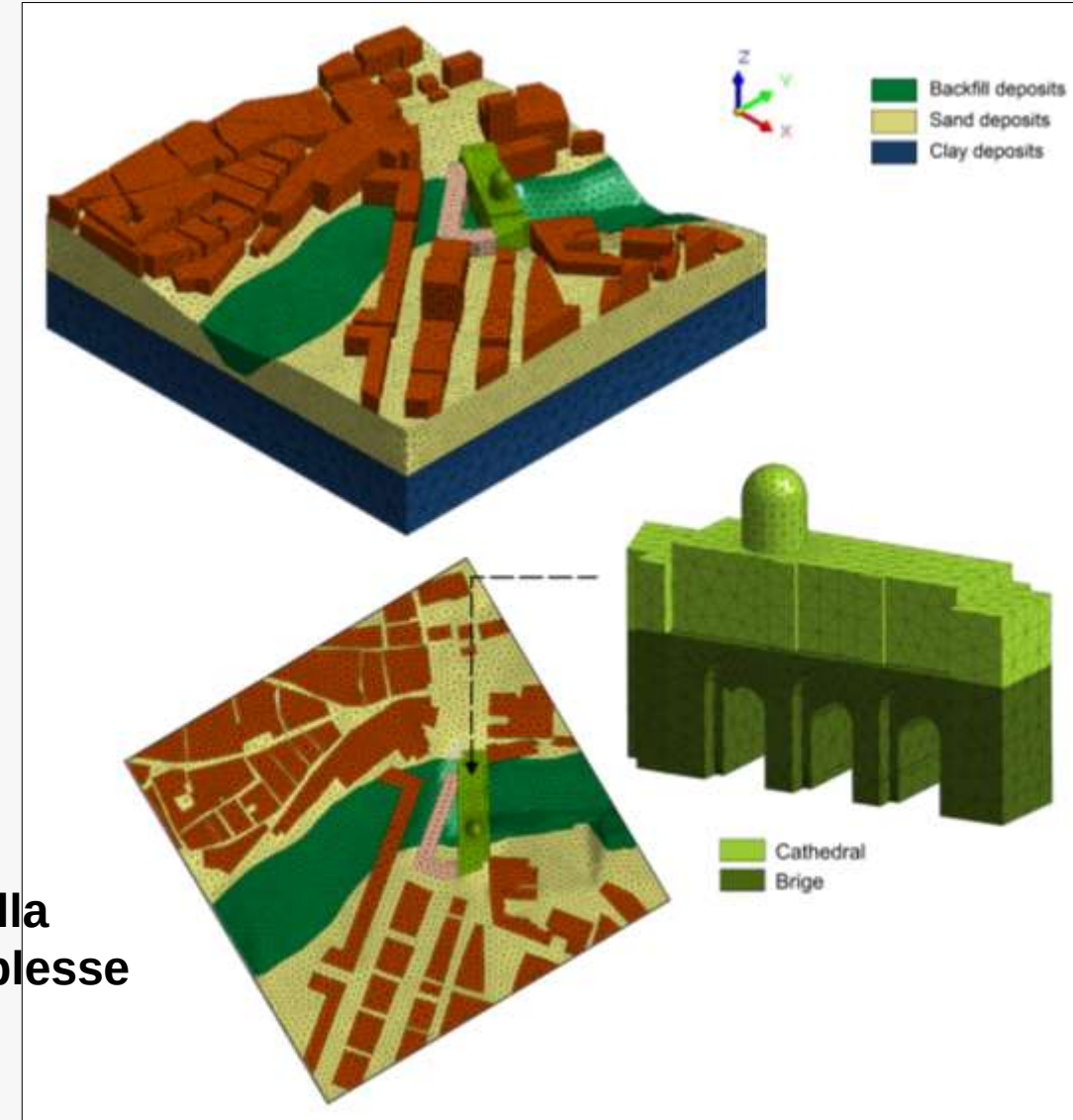
Difficoltà

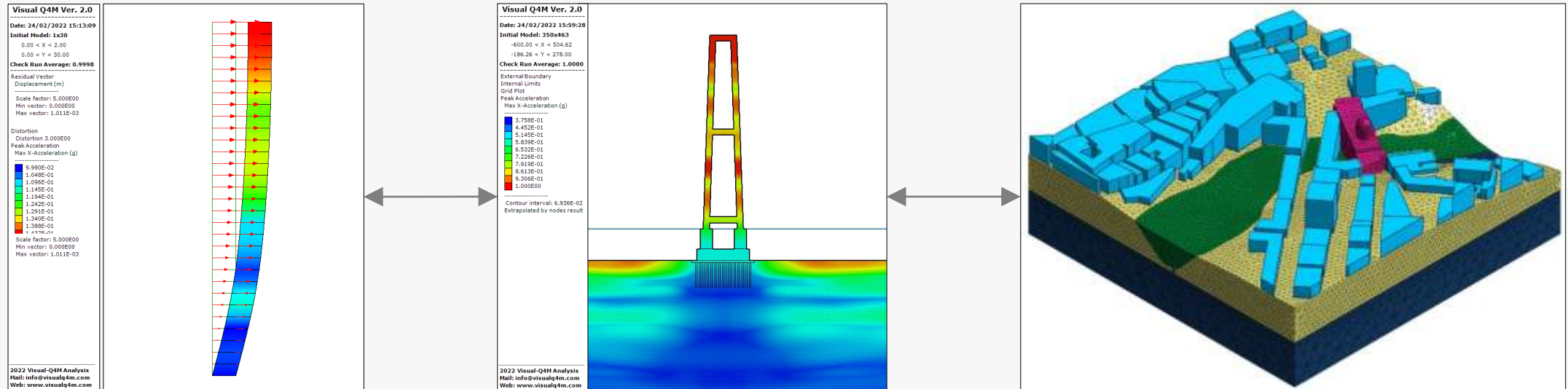
Codici 3D →

Consentono di modellare sistemi molto complessi in modo molto dettagliato

Richiedono la conoscenza estremamente dettagliata della stratigrafia da modellare con superfici più o meno complesse

Necessitano di grande attenzione da parte dell'utente nell'interpretazione dei risultati





EQUAZIONE DI MOTO

$$[M]\ddot{u} + [C]\dot{u} + [K]u = R$$

MODELLI COSTITUTIVI

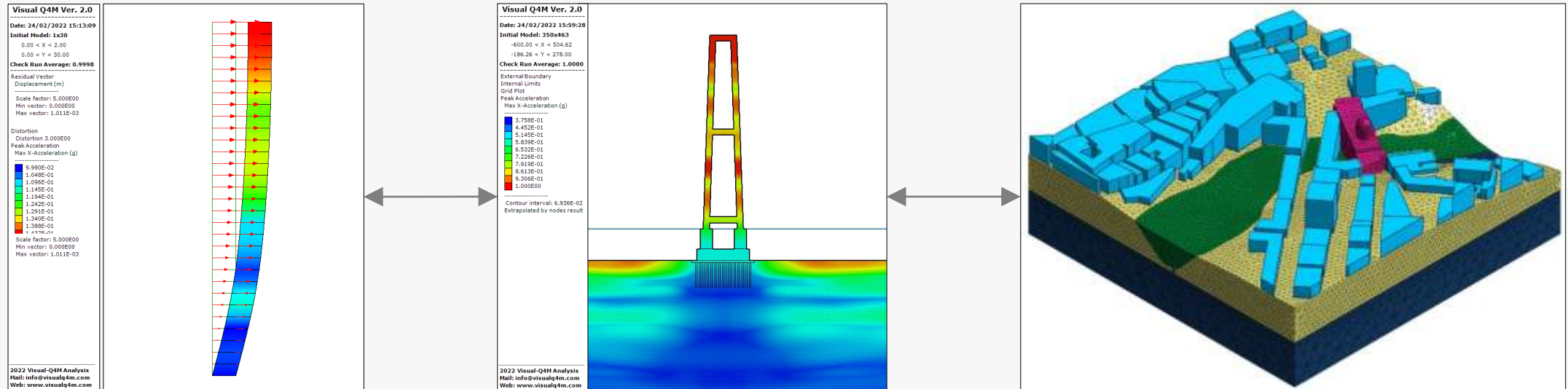
ELASTICI

$$\begin{pmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{pmatrix} = \frac{E}{(1+\nu) \cdot (1-2\nu)} \cdot \begin{pmatrix} (1-\nu) & \nu & 0 \\ \nu & (1-\nu) & 0 \\ 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{xy} \end{pmatrix}$$

MODELLI COSTITUTIVI

PLASTICI

Mohr-Coulomb, Drucker Prager, Hoek Brown,
Strain Softening, Cam Clay, Jardine, Soft
Soil, Creep, Hadin-Drnevich



EQUAZIONE DI MOTO

$$[M]\ddot{u} + [C]\dot{u} + [K]u = R$$

Forzante (Input motion)

$$\begin{bmatrix} M_{1,1} & M_{1,2} & M_{1,3} & \dots \\ M_{2,1} & M_{2,2} & M_{2,3} & \dots \\ M_{3,1} & M_{3,2} & M_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & M_{m,n} \end{bmatrix}$$

Pesi di Volume
(Forze inerziali)

$$\begin{bmatrix} C_{1,1} & C_{1,2} & C_{1,3} & \dots \\ C_{2,1} & C_{2,2} & C_{2,3} & \dots \\ C_{3,1} & C_{3,2} & C_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & C_{m,n} \end{bmatrix}$$

Damping Ratio
(Smorzamento)

$$\begin{bmatrix} K_{1,1} & K_{1,2} & K_{1,3} & \dots \\ K_{2,1} & K_{2,2} & K_{2,3} & \dots \\ K_{3,1} & K_{3,2} & K_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & K_{m,n} \end{bmatrix}$$

Modulo elastico
(Rigidezza)

EQUAZIONE DI MOTO

$$[M]\ddot{u} + [C]\dot{u} + [K]u = R$$

$$\begin{bmatrix} M_{1,1} & M_{1,2} & M_{1,3} & \dots \\ M_{2,1} & M_{2,2} & M_{2,3} & \dots \\ M_{3,1} & M_{3,2} & M_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & M_{m,n} \end{bmatrix}$$

[Masse]

$$\begin{bmatrix} C_{1,1} & C_{1,2} & C_{1,3} & \dots \\ C_{2,1} & C_{2,2} & C_{2,3} & \dots \\ C_{3,1} & C_{3,2} & C_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & C_{m,n} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} K_{1,1} & K_{1,2} & K_{1,3} & \dots \\ K_{2,1} & K_{2,2} & K_{2,3} & \dots \\ K_{3,1} & K_{3,2} & K_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & K_{m,n} \end{bmatrix}$$

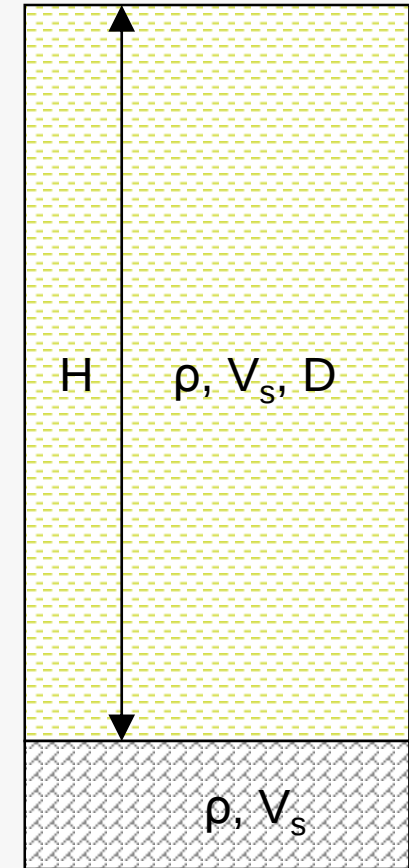
[Rigidezze]

$$k\phi^1 = \omega_1^2 M\phi^1$$

Frequenza fondamentale $f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{V_s}{4 * H}$

$$= 420 / (4 * 25) = 4.20 \text{ Hz}$$

Periodo fondamentale $T_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{4.20} = 0.238 \text{ s}$



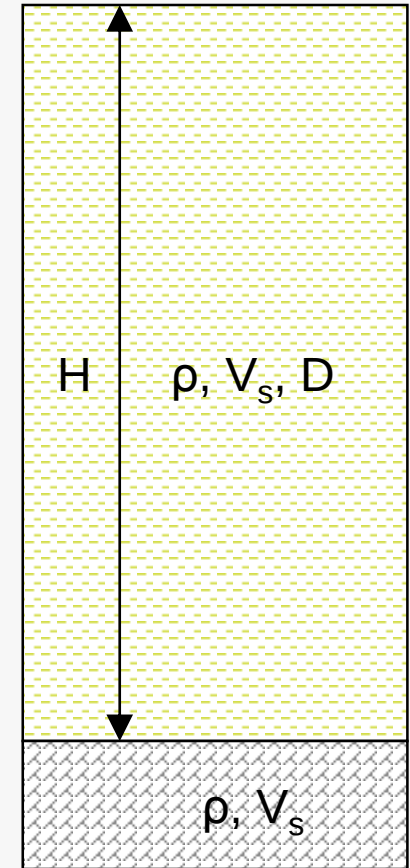
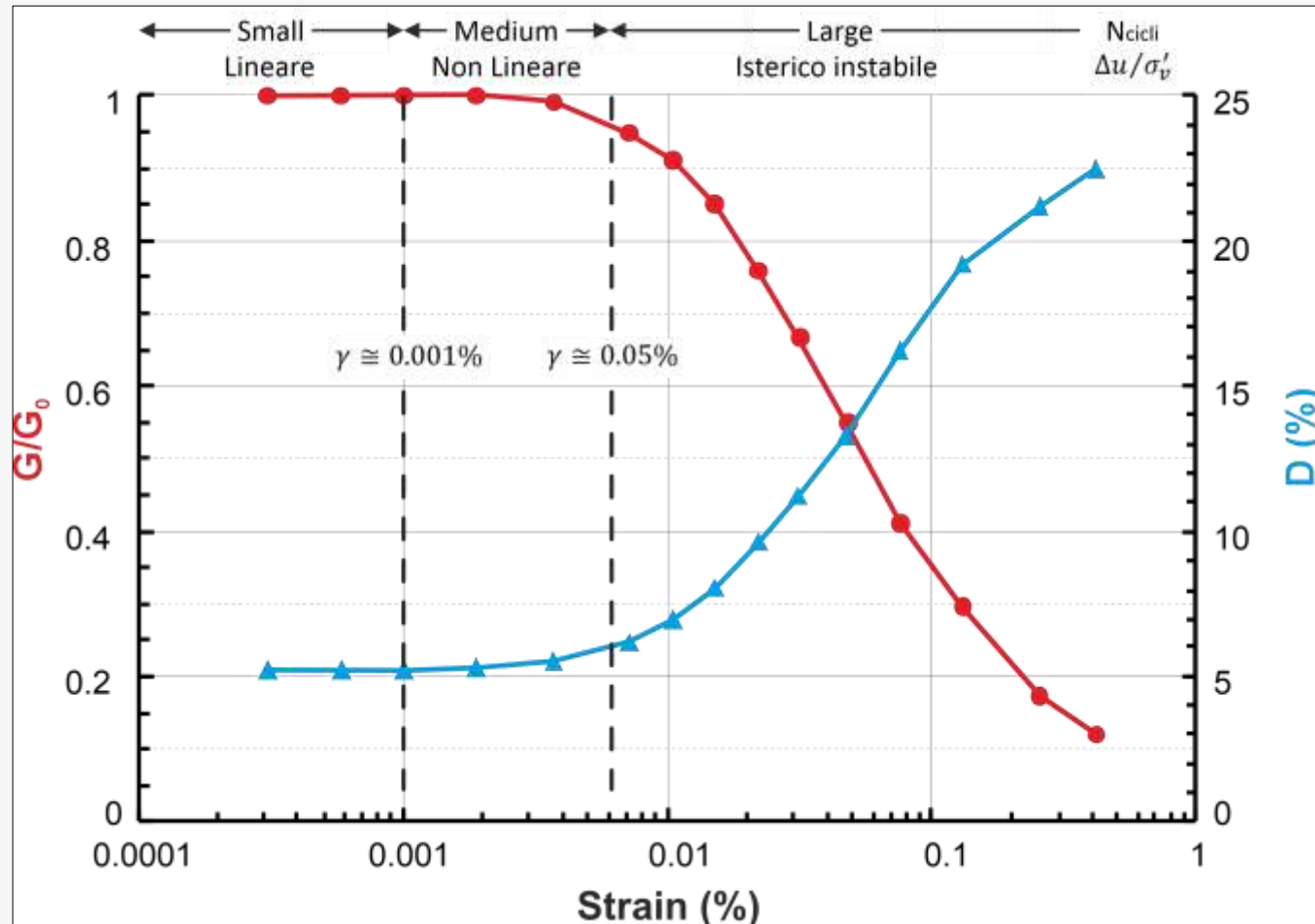
Onde Sismiche di Taglio

EQUAZIONE DI MOTO

$$[M]\ddot{u} + [C]\dot{u} + [K]u = R$$

$$\begin{bmatrix} M_{1,1} & M_{1,2} & M_{1,3} & \dots \\ M_{2,1} & M_{2,2} & M_{2,3} & \dots \\ M_{3,1} & M_{3,2} & M_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & M_{m,n} \end{bmatrix}$$

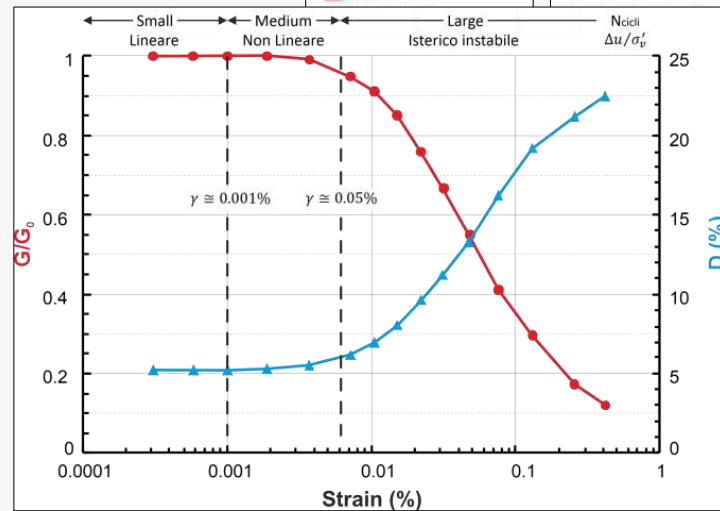
$$\begin{bmatrix} C_{1,1} & C_{1,2} & C_{1,3} & \dots \\ C_{2,1} & C_{2,2} & C_{2,3} & \dots \\ C_{3,1} & C_{3,2} & C_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & C_{m,n} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} K_{1,1} & K_{1,2} & K_{1,3} & \dots \\ K_{2,1} & K_{2,2} & K_{2,3} & \dots \\ K_{3,1} & K_{3,2} & K_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & K_{m,n} \end{bmatrix}$$


Onde Sismiche di Taglio

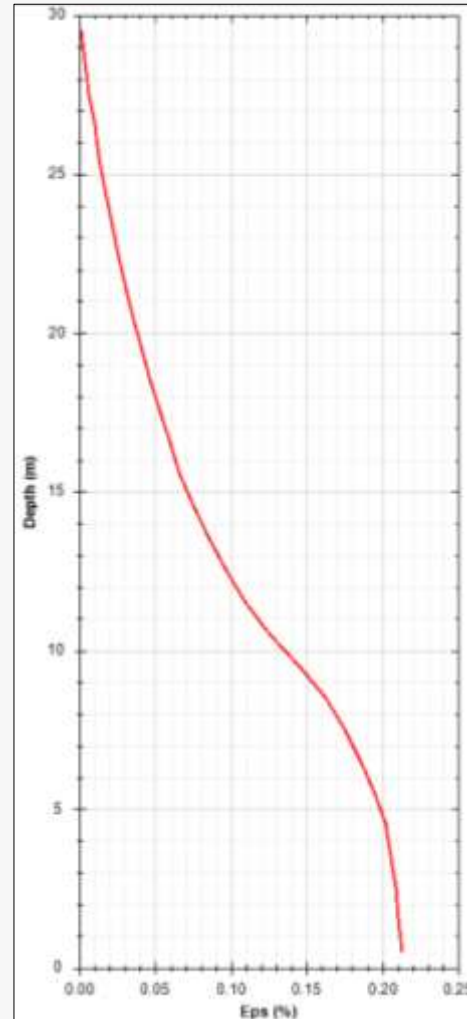
Accelerazione

Visual Q4M Ver. 2.0
 Date: 24/02/2022 15:59:28
 Initial Model: 1x30
 0.00 ≤ X ≤ 2.00
 0.00 ≤ Y ≤ 30.00
 Check Run Average: 0.9998
 Grid Plot
 External Boundary
 Peak Acceleration
 Max X-Acceleration (g)
 9.990E-02
 1.048E-01
 1.096E-01
 1.145E-01
 1.193E-01
 1.242E-01
 1.291E-01
 1.339E-01
 1.388E-01
 1.437E-01

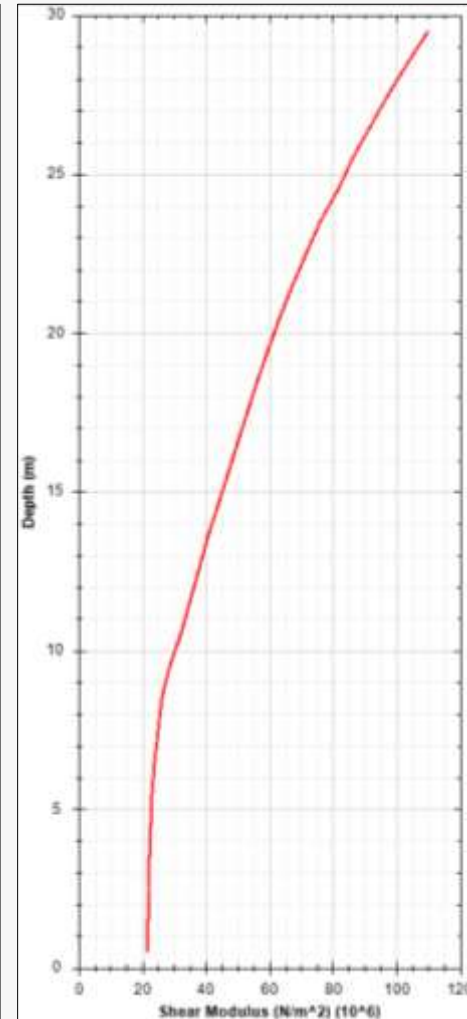


2022 Visual-Q4M Analysis
 Mail: info@visualq4m.com
 Web: www.visualq4m.com

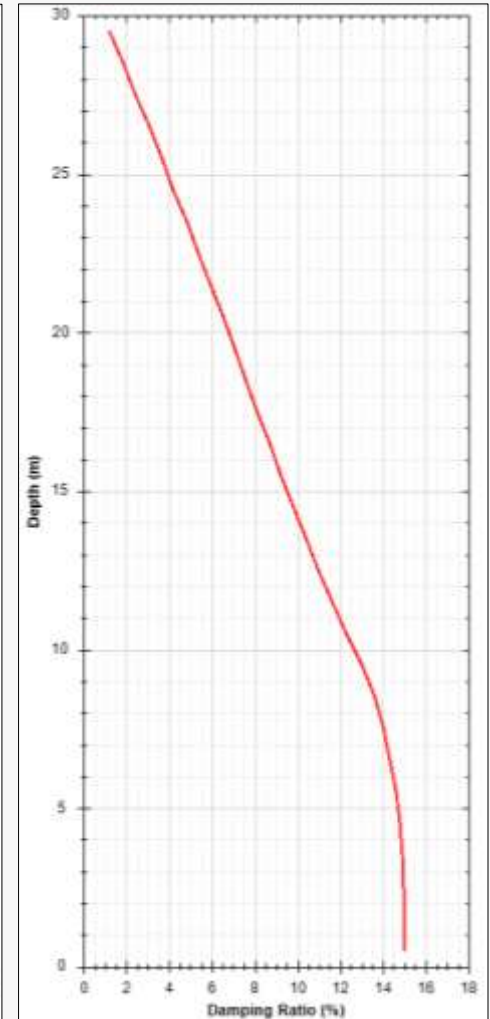
Deformazione



Modulo di Taglio

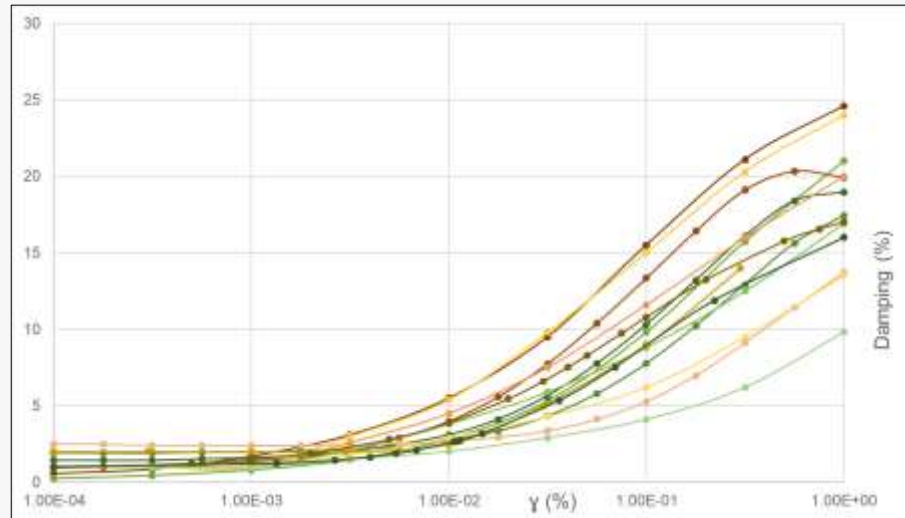
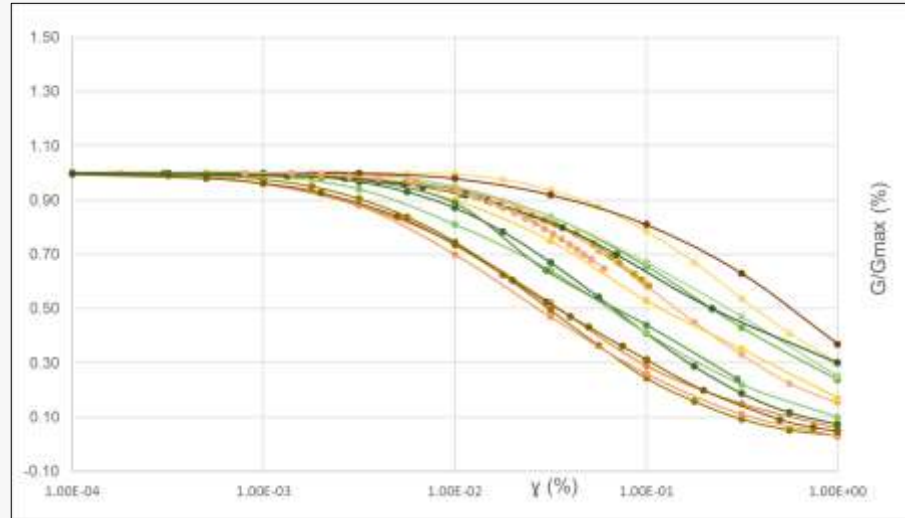


Smorzamento



Quale curva utilizzare nelle analisi ???

- Seed & Idriss sand Mean
- Idriss (1990) sand
- Idriss (1990) clay
- Darendeli & Stokoe (2001)
- EPRI PI 10
- EPRI PI 30
- EPRI I=50
- EPRI PI=70
- Vucetic & Dobry PI 0
- Vucetic & Dobry PI 15
- Vucetic & Dobry PI 30
- Vucetic & Dobry PI 50
- Vucetic & Dobry PI 100
- Amoroso et al., 2015
- Rollins et al., 1998
- Modoni & Gazzellone, 2010



M.B. DARENDELI

Development of a new family of normalized modulus reduction and material damping curves

- Mean Effective Stress (atm)
- Plasticity Index (%)
- Over Consolidation Ratio
- Frequency (Hz)
- Number of Cycles

FLAC – Itasca Consulting Group, Inc.

Sigmoidal models – sig3, sig4

Le curve sigmoidali sono monotoniche all'interno dell'intervallo definito. Sono adatte a rappresentare la degradazione del modulo.

Hardin/Drnevich model – hardin

Hardin and Drnevich (1972).

EQUAZIONE DI MOTO

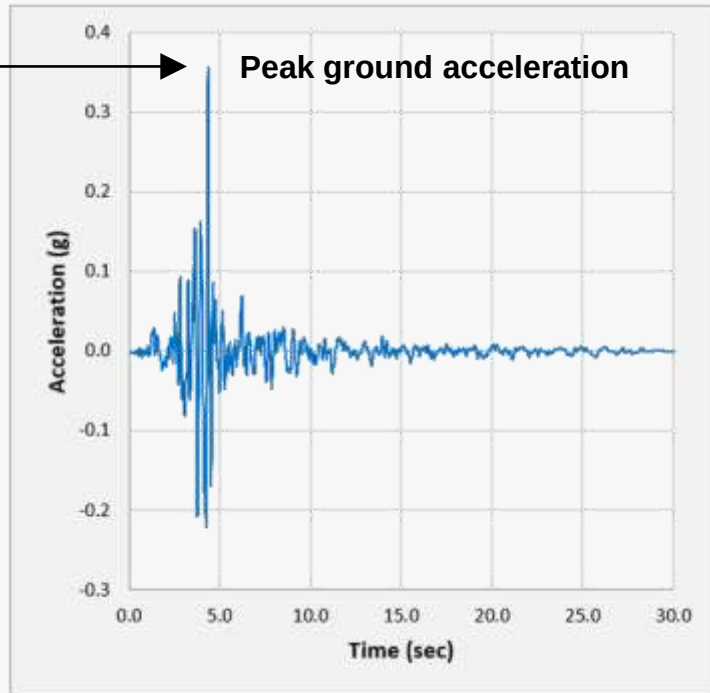
$$[M]\ddot{u} + [C]\dot{u} + [K]u = R$$

$$\begin{bmatrix} M_{1,1} & M_{1,2} & M_{1,3} & \dots \\ M_{2,1} & M_{2,2} & M_{2,3} & \dots \\ M_{3,1} & M_{3,2} & M_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & M_{m,n} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} C_{1,1} & C_{1,2} & C_{1,3} & \dots \\ C_{2,1} & C_{2,2} & C_{2,3} & \dots \\ C_{3,1} & C_{3,2} & C_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & C_{m,n} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} K_{1,1} & K_{1,2} & K_{1,3} & \dots \\ K_{2,1} & K_{2,2} & K_{2,3} & \dots \\ K_{3,1} & K_{3,2} & K_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & K_{m,n} \end{bmatrix}$$

PGA



Parametri Sismici Caratteristici

Maximum Acceleration:	0.35736g
at time t=	4.35000sec
Maximum Velocity:	0.21479m/sec
at time t=	4.28000sec
Maximum Displacement:	0.03810m
at time t=	3.04000sec
Vmax / Amax:	0.06127sec
Acceleration RMS:	0.03107g
Velocity RMS:	0.02456m/sec
Displacement RMS:	0.00906m
Arias Intensity:	0.45107m/sec
Characteristic Intensity (Ic):	0.03016
Specific Energy Density:	0.01829m2/sec
Cumulative Abs. Velocity:	3.58297m/sec
Acc. Spectrum Intensity:	0.30434g*sec
Vel. Spectrum Intensity:	0.72185m
Housner Intensity:	0.51535m
Sustained Maximum Acc.:	0.09400g
Sustained Maximum Vel.:	0.09891m/sec
Effective Design Acc.:	0.36000g
A95 parameter:	0.35646g
Predominant Period (Tp):	0.38000sec
Mean Period (Tm):	0.40496sec

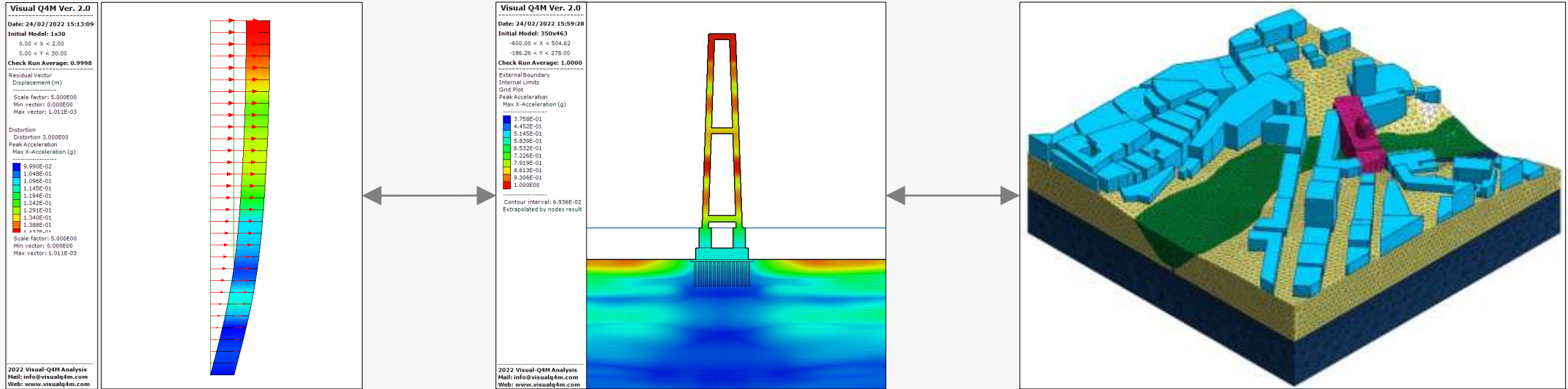
EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: EMSC-20161030_0000029

SAMPLING_INTERVAL_S: 0.005000
NDATA: 10151
DURATION_S: 50.755

STREAM: HNE
UNITS: cm/s^2
INSTRUMENT: sensor = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL: D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ:

FULL_SCALE_G:
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER:
PGA_CM/S^2: -356.084703
TIME_PGA_S: 21.930000
BASELINE_CORRECTION: BASELINE REMOVED
USER3:
USER4:
USER5:
0.000000
-0.039775
-0.079515
-0.079460
-0.079401
-0.079339
-0.079275
-0.079207

ESM (Engineering Strong-Motion database)



EQUAZIONE DI MOTO

$$[M]\ddot{u} + [C]\dot{u} + [K]u = R$$

Laboratorio Geotecnico

Pesi di Volume
Poisson Ratio
Modulo di Taglio (funzione delle Vs)
Damping Ratio

Input motion
(Database Nazionali o Internazionali)

ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Definizione

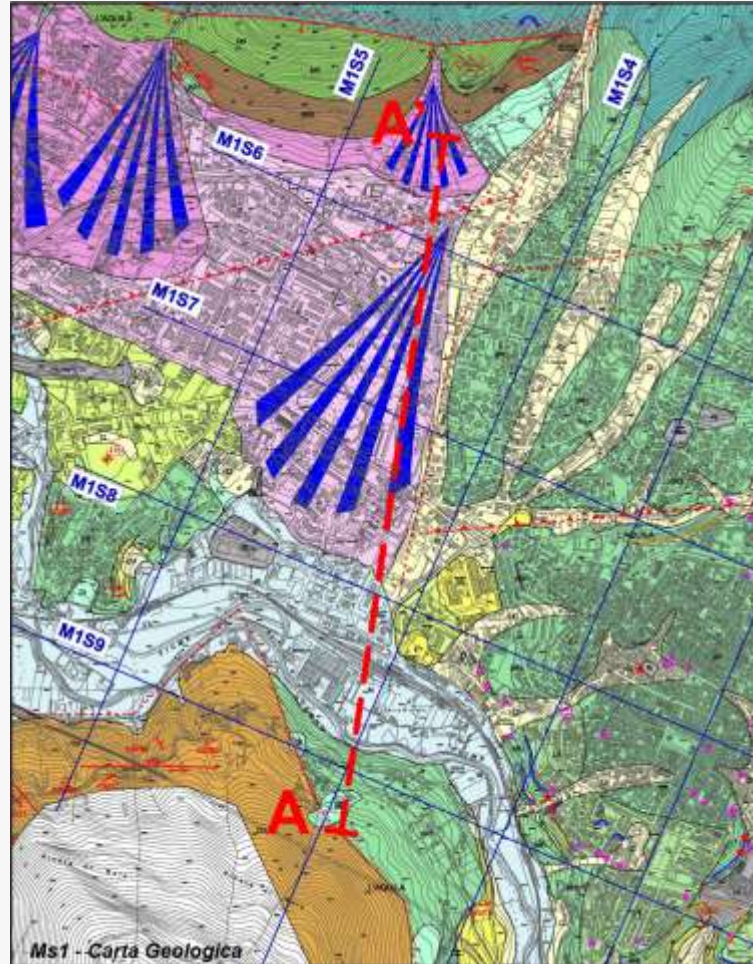
Modello Geotecnico

Buona approssimazione nella definizione dell'andamento topografico con un'estensione congrua con l'area in studio.

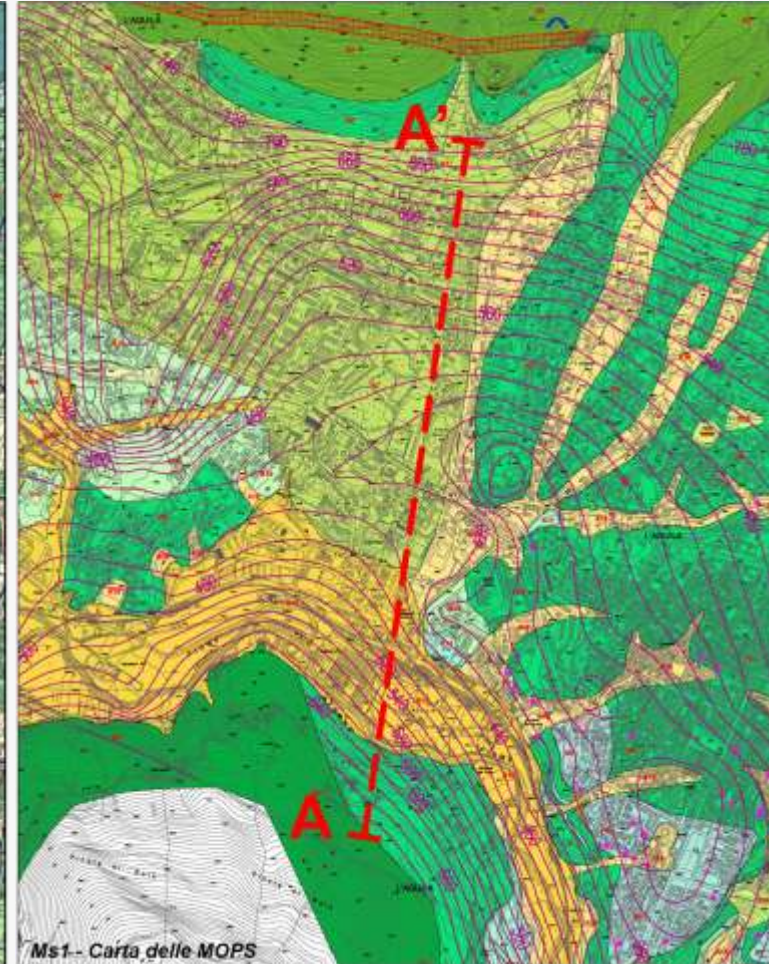
Individuazione caratteristiche meccaniche e contatti stratigrafici.

Definizione della profondità del bedrock sismico

Carta Geologica

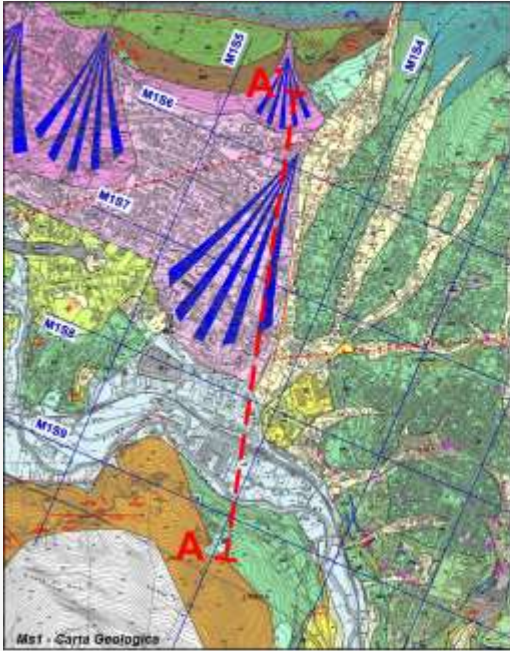


Isobate Bedrock

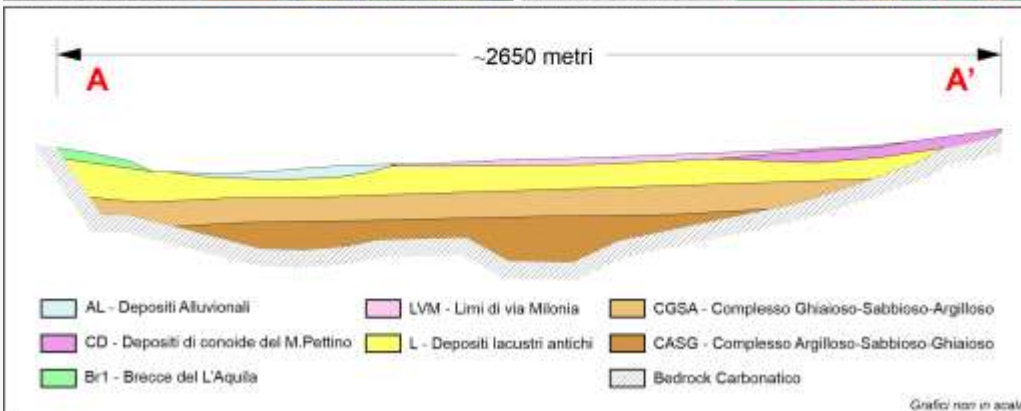


Modello Geotecnico del sottosuolo

Carta Geologica



Isobate Bedrock



Definizione topografia e rapporti stratigrafici

Rilievo di geometrie superficiali e sepolte
Individuazione della profondità del bedrock

Scelta del modello da utilizzare: 1D o 2D (o 3D)

Per analisi 1D

- Strati orizzontali infinitamente estesi
- Colonna di terreno sufficientemente lontana dai margini del deposito
- Larghezza del deposito molto più grande dello spessore

Per strutture geometriche complesse e consigliabile un modello 2D

Individuazione delle caratteristiche Sismo-Meccaniche

Terreni + Rocce

- Analisi dirette di laboratorio
- Profili di velocità
- Curve di variazione G/G_0 e D (laboratorio o bibliografia)

Modello Numerico del sottosuolo

Carta Geologica



Isobate Bedrock



Modello Numerico

Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

90.54 < X < 2769.23

355.05 < Y < 733.09

Check Run Average: 1.0000

External Boundary

Internal Limits

Grid Plot

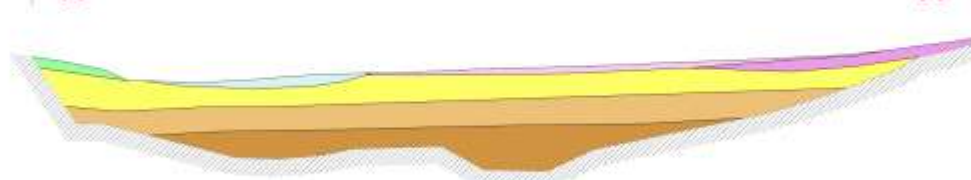
Lithology

- Layer 1
- Layer 2
- Layer 3
- Layer 4
- Layer 5
- Layer 6



2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com

~2650 metri



- AL - Depositi Alluvionali
- LVM - Limi di via Milonia
- CGSA - Complesso Ghiaioso-Sabbioso-Argilloso
- CD - Depositi di conoide del M. Pettino
- L - Depositi lacustri antichi
- CASG - Complesso Argilloso-Sabbioso-Ghiaioso
- Br1 - Breccie del L'Aquila
- Bedrock Carbonatico

Grafici non in scala

La trasformazione dei dati geologici e geotecnici in informazioni matematiche (Geometrie, Parametri, ecc..) in grado di rappresentazione la realtà fisica.

Modello Numerico del sottosuolo

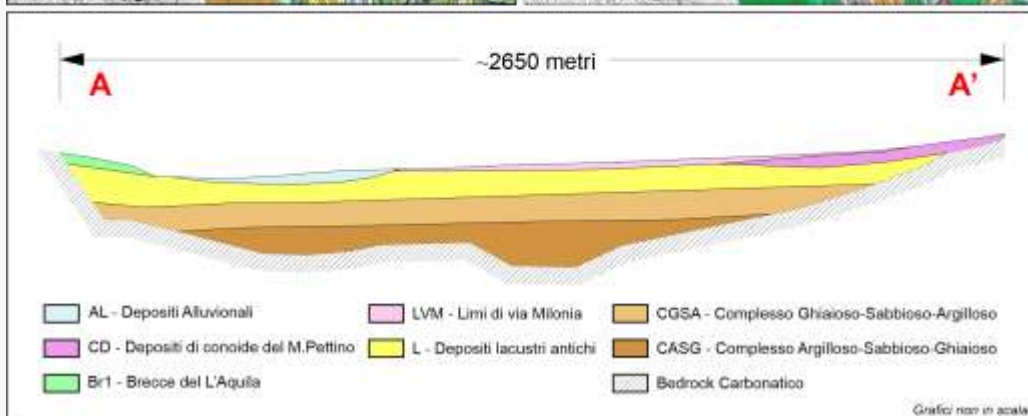
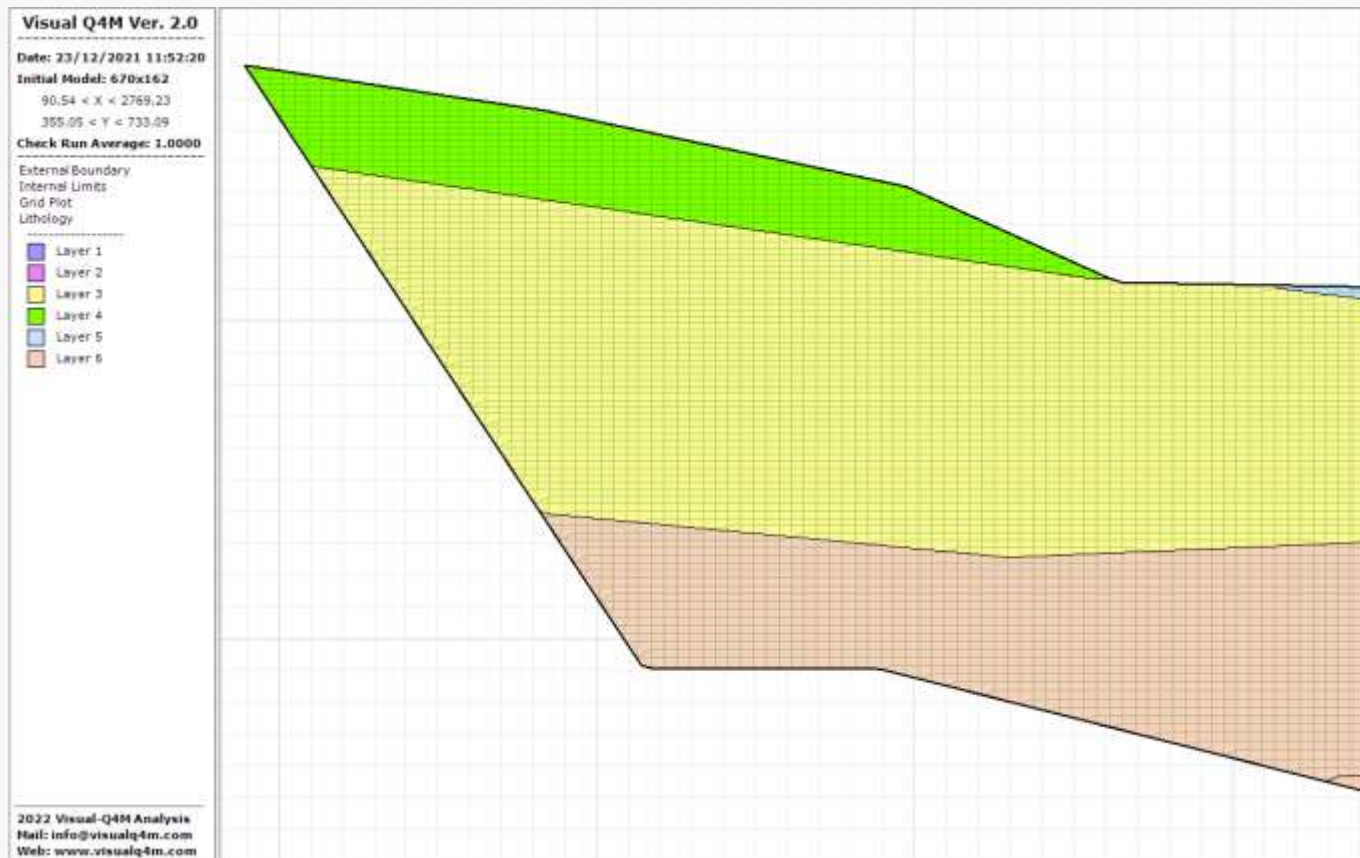
Carta Geologica



Isobate Bedrock



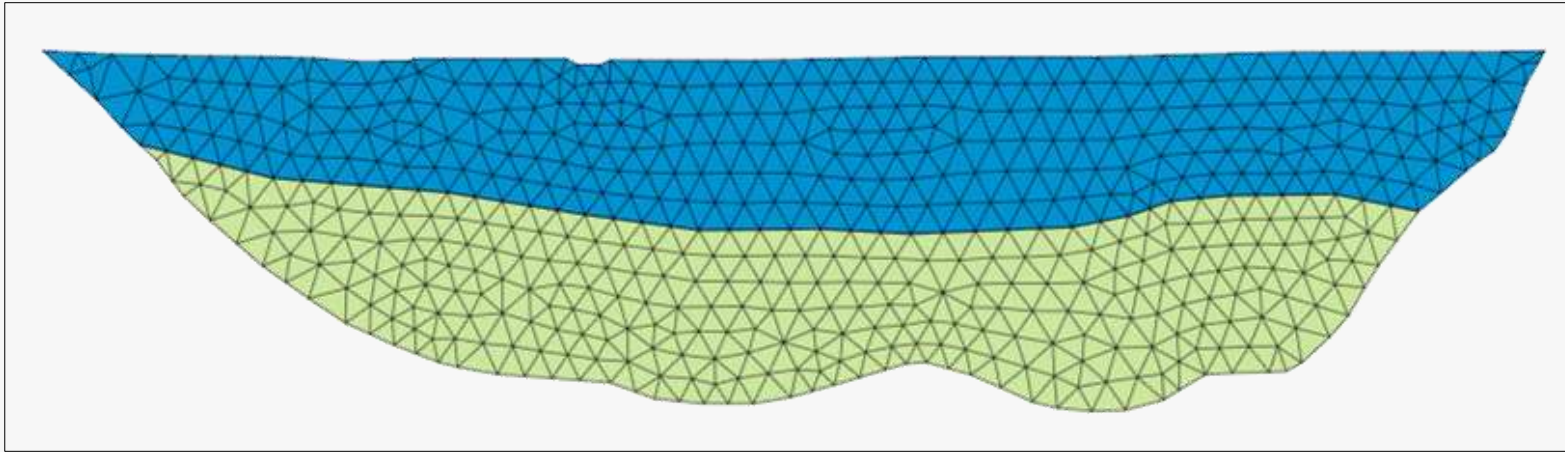
Modello Numerico



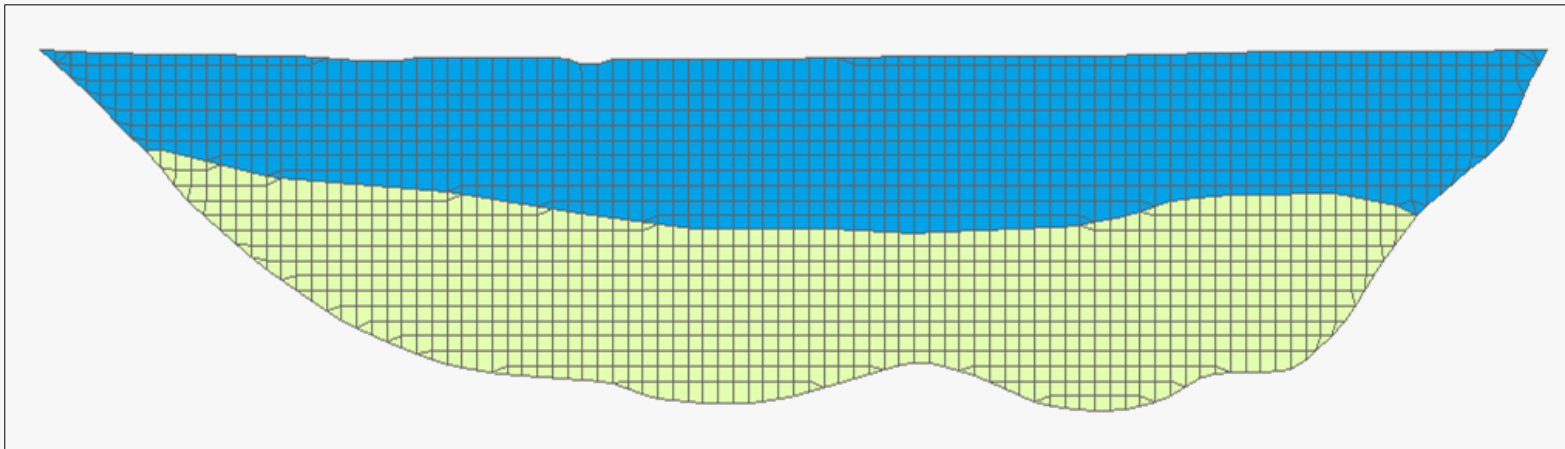
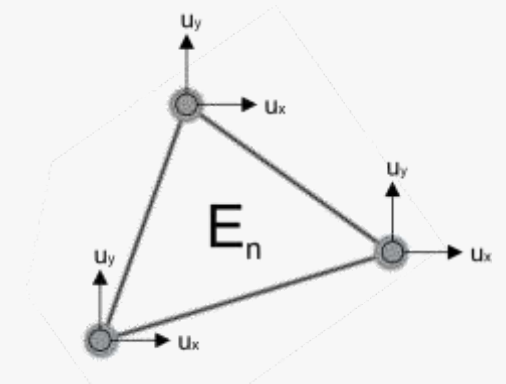
MESH di discretizzazione o GRIGLIA di discretizzazione

Modello Numerico del sottosuolo

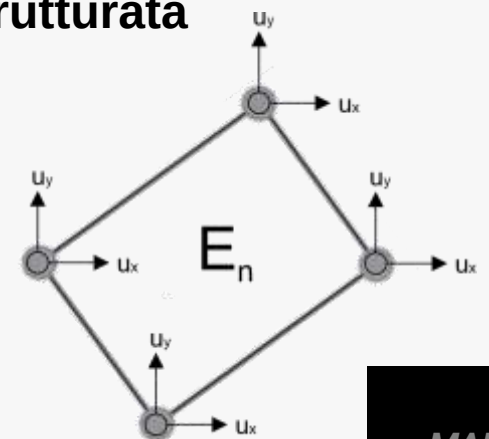
La Mesh rappresenta la discretizzazione del modello geometrico in di elementi di forma definita



Mesh NON Strutturata (Delaunay)



Mesh Strutturata

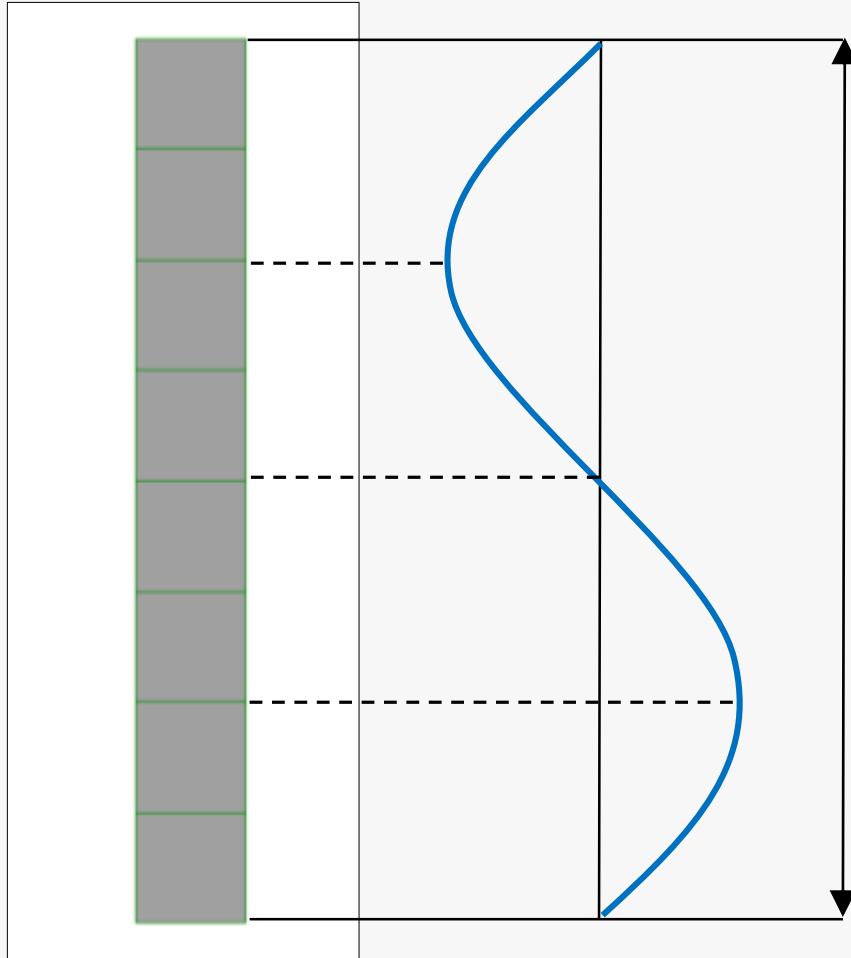


Modello Numerico del sottosuolo

Dimensionamento degli elementi di una Mesh

Visual Q4M Ver. 2.0
Date: 24/02/2022 15:12:55
Initial Model: 1x8
0.00 < X < 1.00
0.00 < Y < 8.00
Check Run Average: 1.0000
Grid Plot

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



L'uso di elementi eccessivamente grossolani genera un filtro delle componenti ad alta frequenza, poiché nodi troppo distanti non possono modellare adeguatamente piccole lunghezze d'onda.

La dimensione della discretizzazione spaziale è direttamente correlata all'accuratezza dello schema numerico

$$\lambda_{min} = \frac{V_s}{f_{max}} \quad h_{max} \leq \frac{\lambda_{min}}{10}$$

f_{max} = Massima frequenza che si vuole riprodurre (20÷25 Hz)

Larghezza degli elementi ≤ 5 volte l'altezza

Modello Numerico del sottosuolo

La Mesh rappresenta la discretizzazione del modello geometrico in di elementi di forma definita

$$\begin{bmatrix} M_{1,1} & M_{1,2} & M_{1,3} & \dots \\ M_{2,1} & M_{2,2} & M_{2,3} & \dots \\ M_{3,1} & M_{3,2} & M_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & M_{m,n} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} C_{1,1} & C_{1,2} & C_{1,3} & \dots \\ C_{2,1} & C_{2,2} & C_{2,3} & \dots \\ C_{3,1} & C_{3,2} & C_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & C_{m,n} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} K_{1,1} & K_{1,2} & K_{1,3} & \dots \\ K_{2,1} & K_{2,2} & K_{2,3} & \dots \\ K_{3,1} & K_{3,2} & K_{3,3} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\ & & & K_{m,n} \end{bmatrix}$$

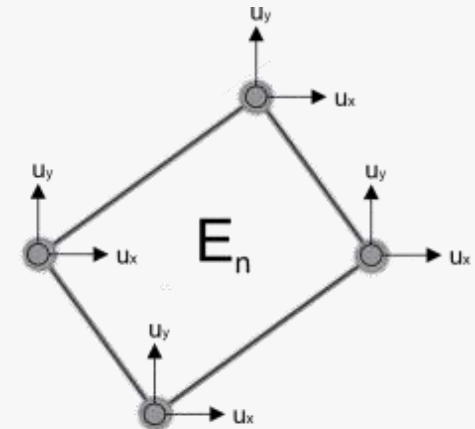
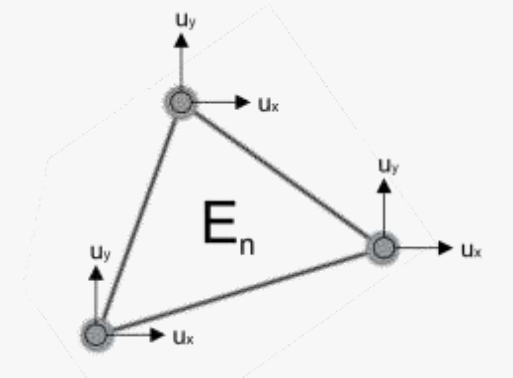
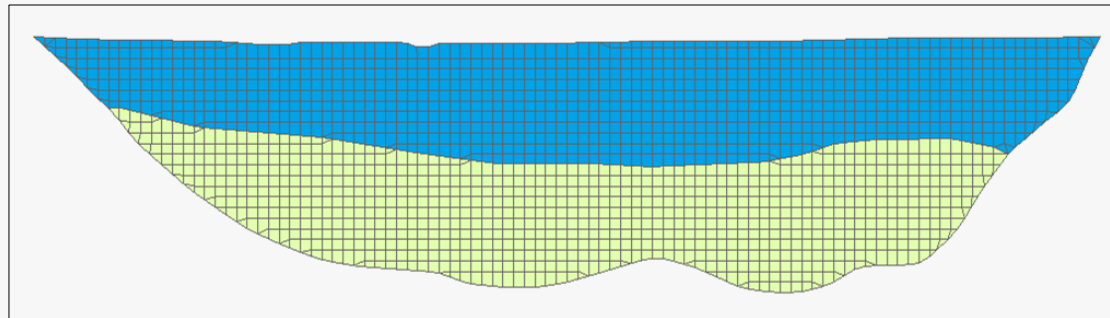
PROPRIETA' SISMO-MECCANICHE

Pesi di Volume

Poisson Ratio

Modulo di Taglio

Damping Ratio



Proprietà Sismo-Meccaniche

Material list

Selection: Usernew1

Edit Database

Class: User

Name: new1

Model:

☒ Elastic ☐ Mohr-Coulomb ☐ Ubiquitous ☐ Modified Hoek-Brown

Mass-Density [kg/m³]: 2000.0

Elastic Properties:

Bulk modulus [Pa]: 6.66667E7

Shear modulus [Pa]: 4E7

☒ Alternate input

Elastic modulus [Pa]: 1.0E8

Poisson's ratio: 0.25

Plastic Properties:

Cohesion [Pa]: 0.0

Tension [Pa]: 0.0

Angles (Degrees):

Friction angle: 0.0

Dilation angle: 0.0

Joint Properties:

Joint angle (Deg.): 0.0

Joint cohesion [Pa]: 0.0

Joint tension [Pa]: 0.0

Define Material Properties

Material 1

Name: Material 1

Material Color: [Color]

Initial Element Loading: Field Stress Only

Unit weight (kN/m³): 27

Elastic Properties:

Elastic Type: Isotropic

Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (kPa): 20000

Young's Modulus (ksi): 20000

Strength Parameters:

Failure Criterion: Mohr-Coulomb

Material Type: Elastic

Tensile Strength (peak) (kPa): 0

Friction Angle (peak) (deg): 35

Cohesion (peak) (kPa): 10.5

Dilation Angle (deg): 0

Friction Angle (resid) (deg): 35

Cohesion (resid) (kPa): 10.5

Tensile Strength (resid) (kPa): 0

Stage Properties: ☐ Datum Dependent: ☐ Unsaturated Shear Strength: ☐

OK Cancel

Material

ID: 1 Name: Isotropic Color: [Color]

Model Type: Elastic

General Porous Thermal Time Dependent

Elastic Modulus (E): 50000 MPa

Inc. of Elastic Modulus: 0 MPa

Inc. of Elastic Modulus Ref. Height: 0 m

Poisson's Ratio (ν): 0.3

Unit Weight (Gamma): 20 kN/m³

Initial Stress Parameters:

Ka Determination: ☒ Automatic ☐ Manual

Thermal Parameter:

Thermal Coefficient: 1e-006 1/°C

Molecular vapor diffusion coefficient: 0 m/sec

Thermal diffusion enhancement: 0

Damping Ratio (for Dynamic): 0.05

Safety Results (Mohr-Coulomb): ☐

Cohesion (k): 30 kPa

Friction Angle (φ): 35 (deg)

Tensile Strength: 0 MPa

OK Cancel Apply

Properties

Name set: New Material

Model Type: Linear Elastic

Distribution Type: None

Required:

Unit Weight: ☐ 17500.0 N/m³

Poisson Ratio: ☐ 0.300

Shear Modulus: ☒ 1.115E8 N/m²

Damping Ratio: ☐ 5.000 %

Optional:

Wave Vp: ☐ 750.0 m/s

Wave Vs: ☐ 250.0 m/s

Elastic Modulus: ☐ 3.210E8 N/m²

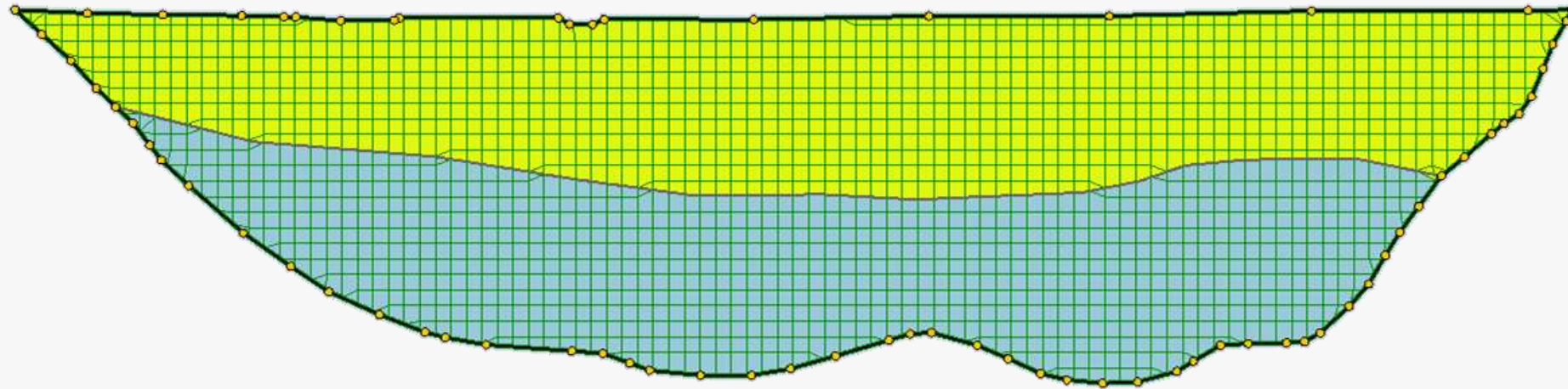
Coefficient Ko: ☐ 0.778

Void Ratio: ☐ 0.400

Cancel Apply

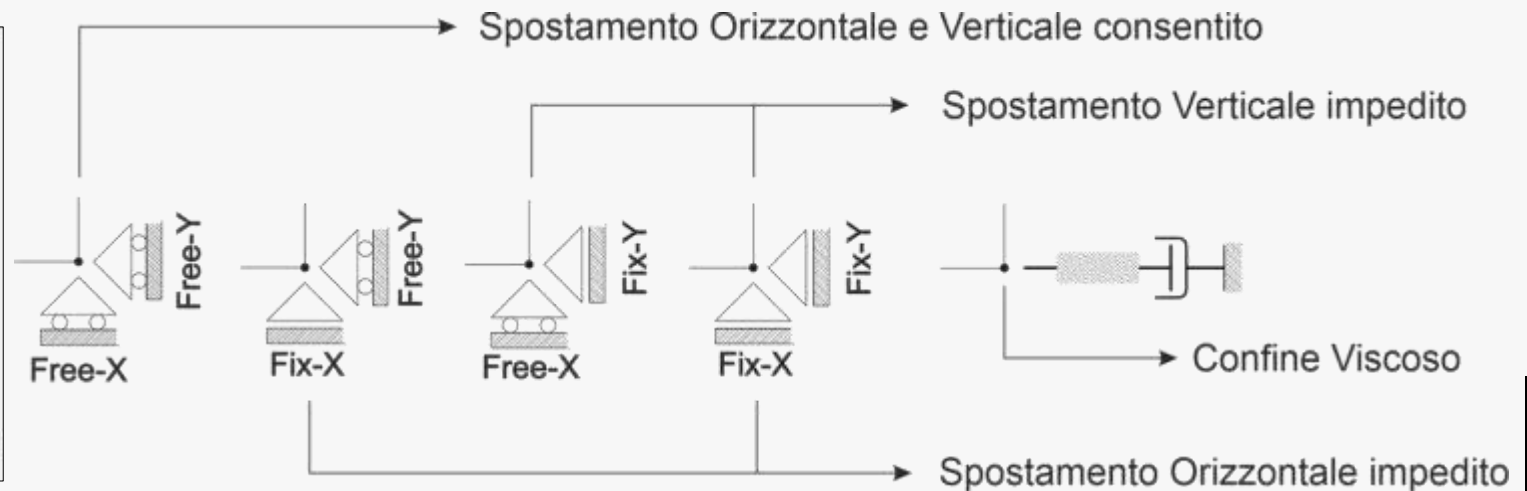
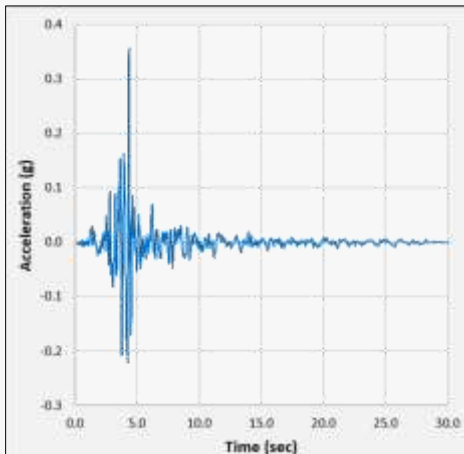
Condizioni al contorno

Confine Superiore: Topografia



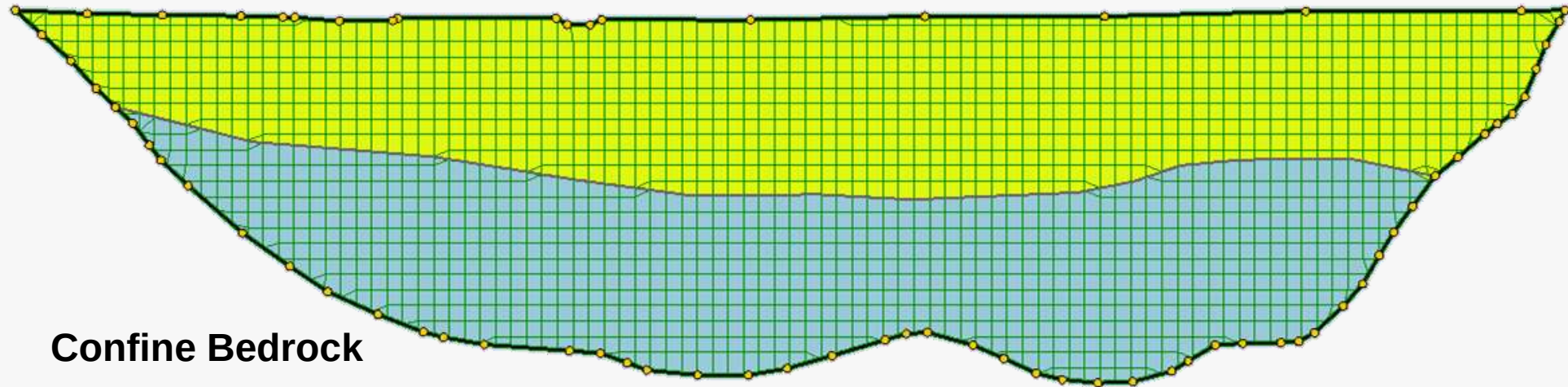
Confine Inferiore: Bedrock

Parametri Sismici Caratteristici
 Maximum Acceleration: 0.35736g
 at time t=4.35000sec
 Maximum Velocity: 0.21479m/sec
 at time t=4.28000sec
 Maximum Displacement: 0.03810m
 at time t=3.04000sec
 Vmax / Amax: 0.06127sec
 Acceleration RMS: 0.03107g
 Velocity RMS: 0.02456m/sec
 Displacement RMS: 0.00906m
 Arias Intensity: 0.45107m/sec
 Characteristic Intensity (Ig): 0.03016
 Specific Energy Density: 0.01829m2/sec
 Cumulative Abs. Velocity: 3.58297m/sec
 Acc. Spectrum Intensity: 0.30434g*sec
 Vel. Spectrum Intensity: 0.72185m
 Displacement Intensity: 0.51535m
 Sustained Maximum Acc.: 0.09400g
 Sustained Maximum Vel.: 0.09891m/sec
 Effective Design Acc.: 0.36000g
 A95 parameter: 0.35646g
 Predominant Period (Tg): 0.38000sec
 Mean Period (Tm): 0.40496sec

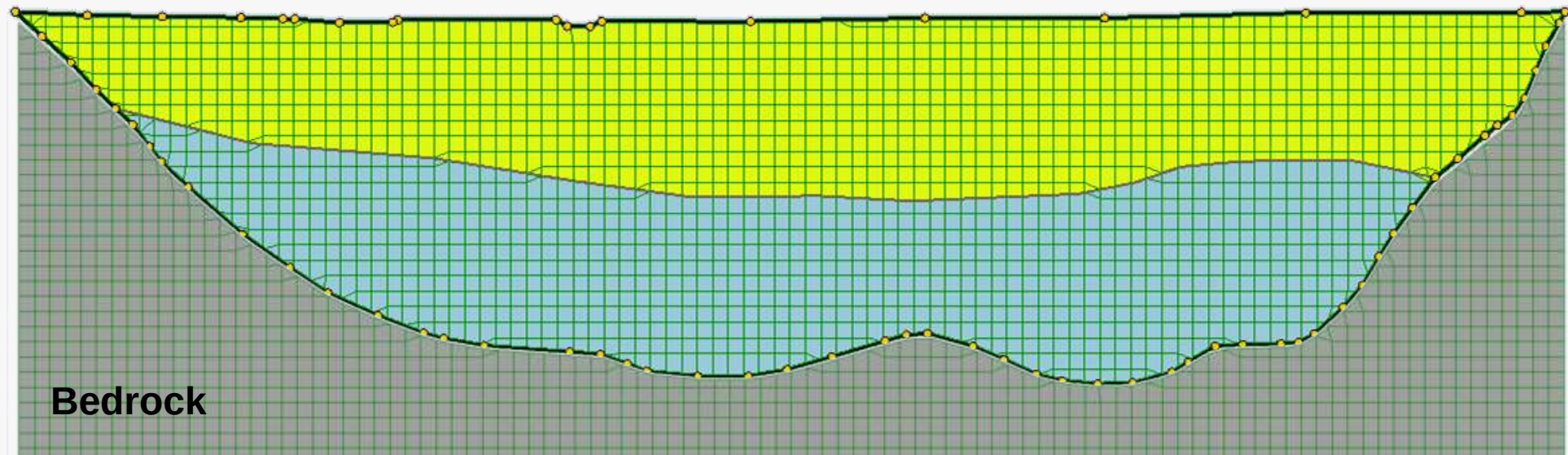


Condizioni al contorno (Bedrock)

Soluzione 1

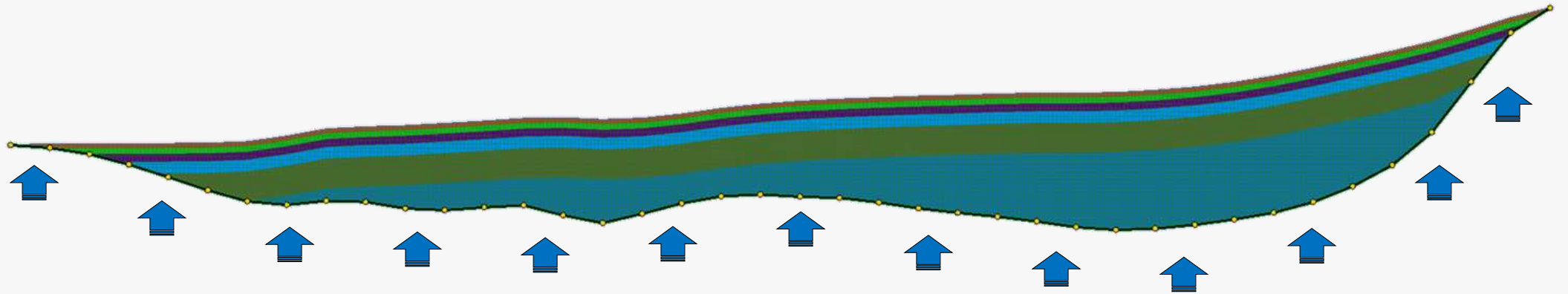


Soluzione 2

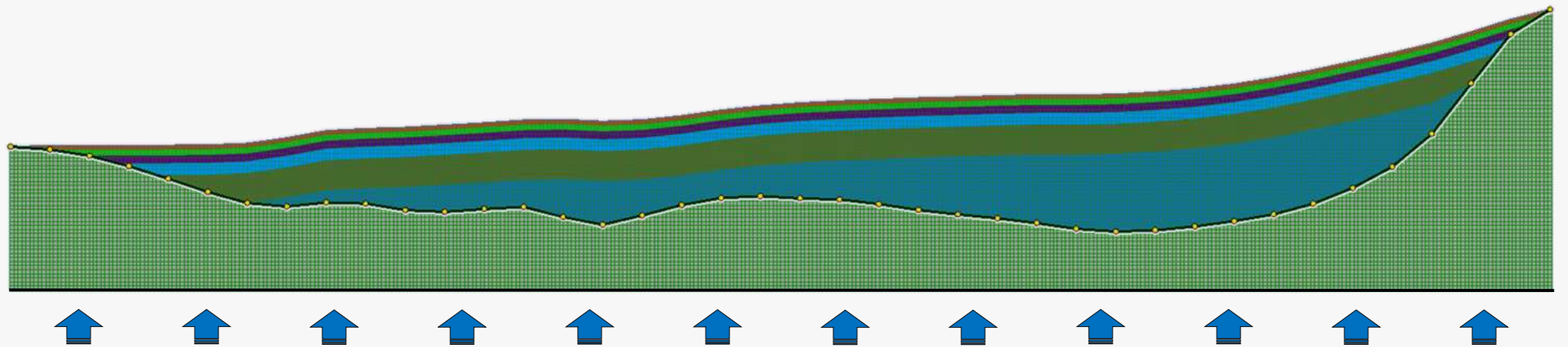


Condizioni al contorno (Bedrock)

Soluzione 1



Soluzione 2



???

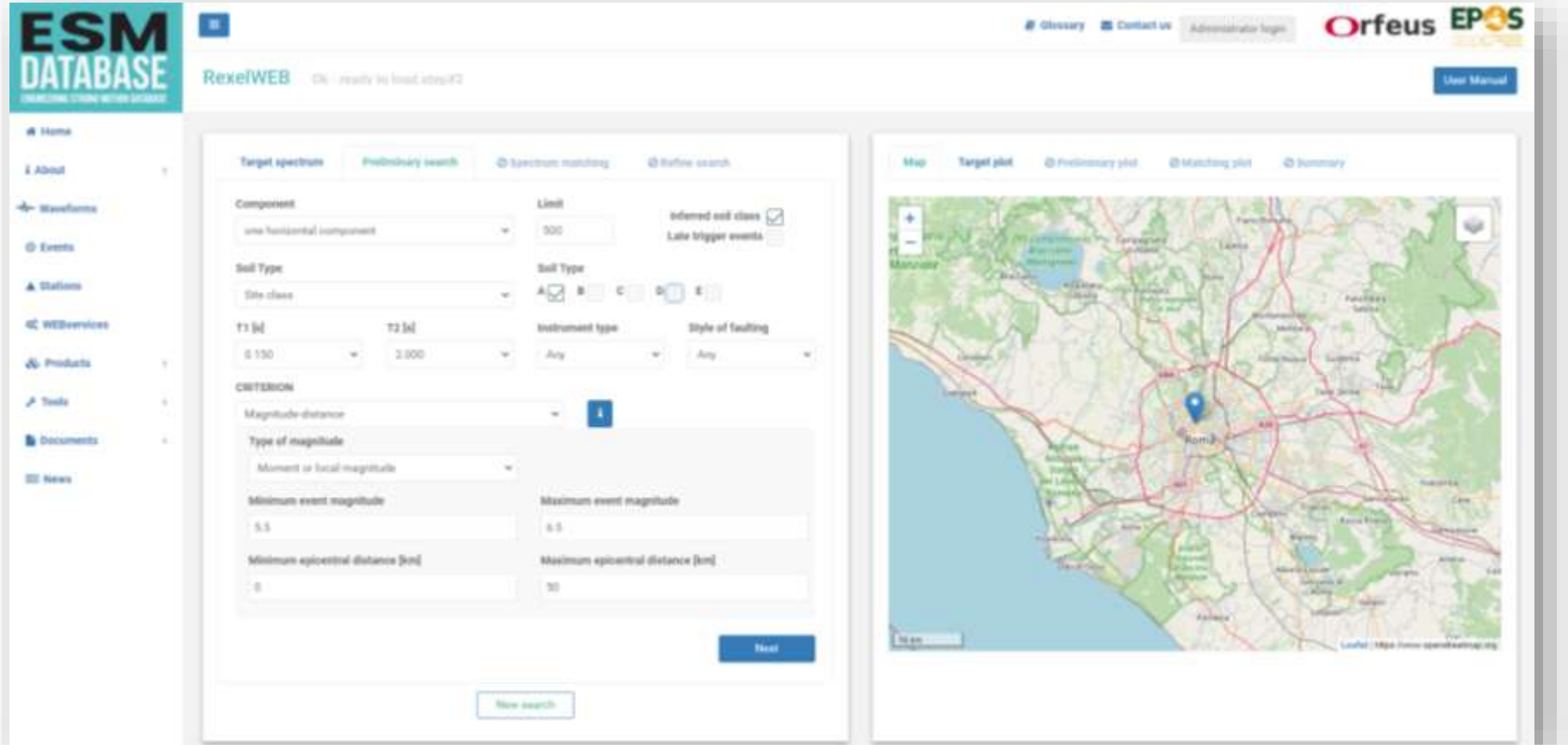
Definizione dell'Input Sismico

Definizione

Input Sismico

Individuazione della pericolosità sismica di base e definizione della massima accelerazione attesa su suolo rigido.

Estrazione delle settuple di accelerogrammi (NTC2018).



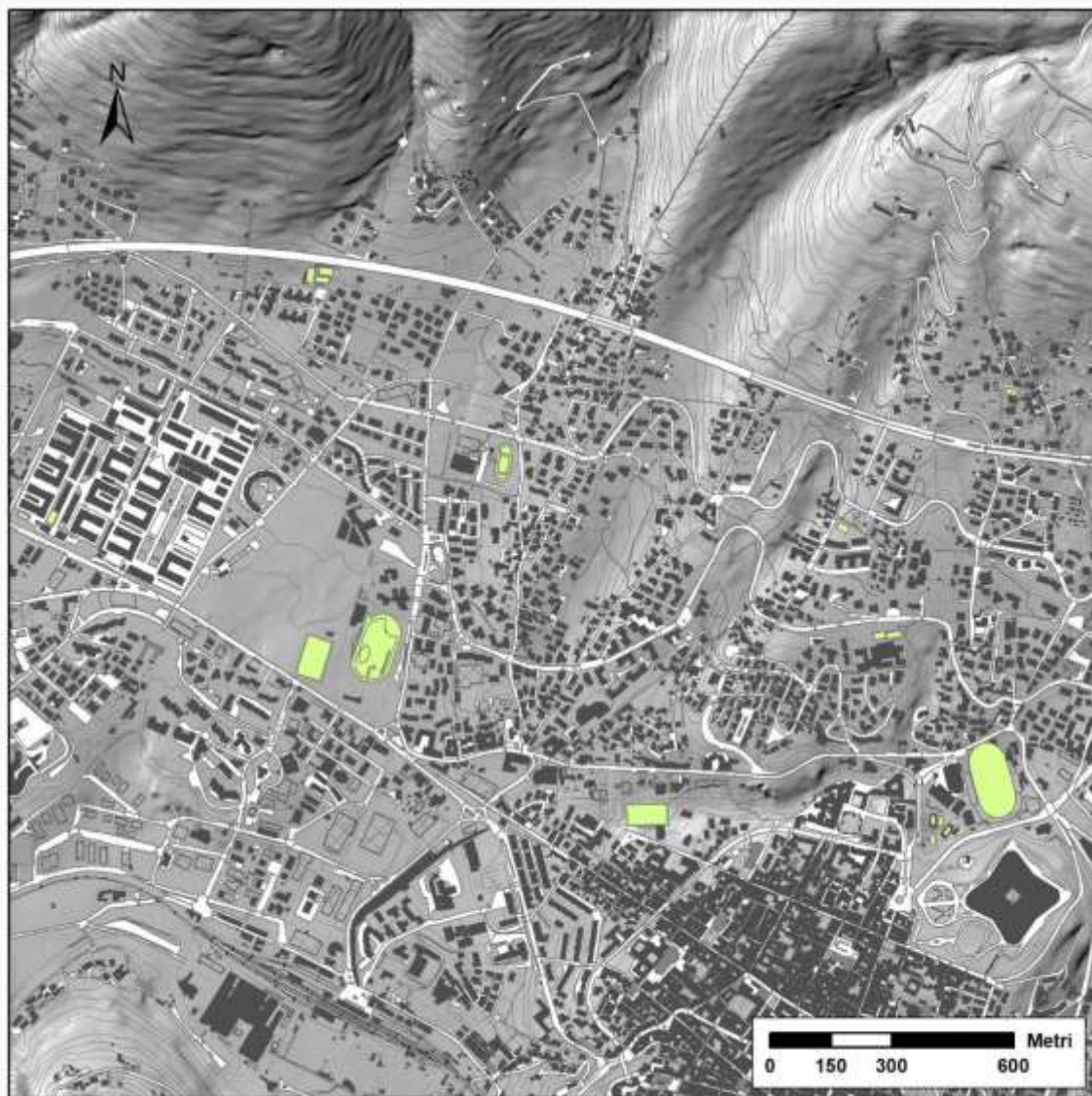
The screenshot displays the ESM DATABASE RexelWEB interface. The left sidebar contains navigation links: Home, About, Waveforms, Events, Stations, WEBServices, Products, Tools, Documents, and News. The main content area is titled 'Target spectrum' and includes a 'Preliminary search' tab. The search criteria are as follows:

- Component:** one horizontal component
- Limit:** 500
- Soil Type:** Site class
- Soil Type:** A, B, C, D, E (with A selected)
- T1 [s]:** 0.150
- T2 [s]:** 2.000
- Instrument type:** Any
- Style of faulting:** Any
- CRITERION:** Magnitude-distance
- Type of magnitude:** Moment or local magnitude
- Minimum event magnitude:** 5.5
- Maximum event magnitude:** 6.5
- Minimum epicentral distance [km]:** 0
- Maximum epicentral distance [km]:** 50

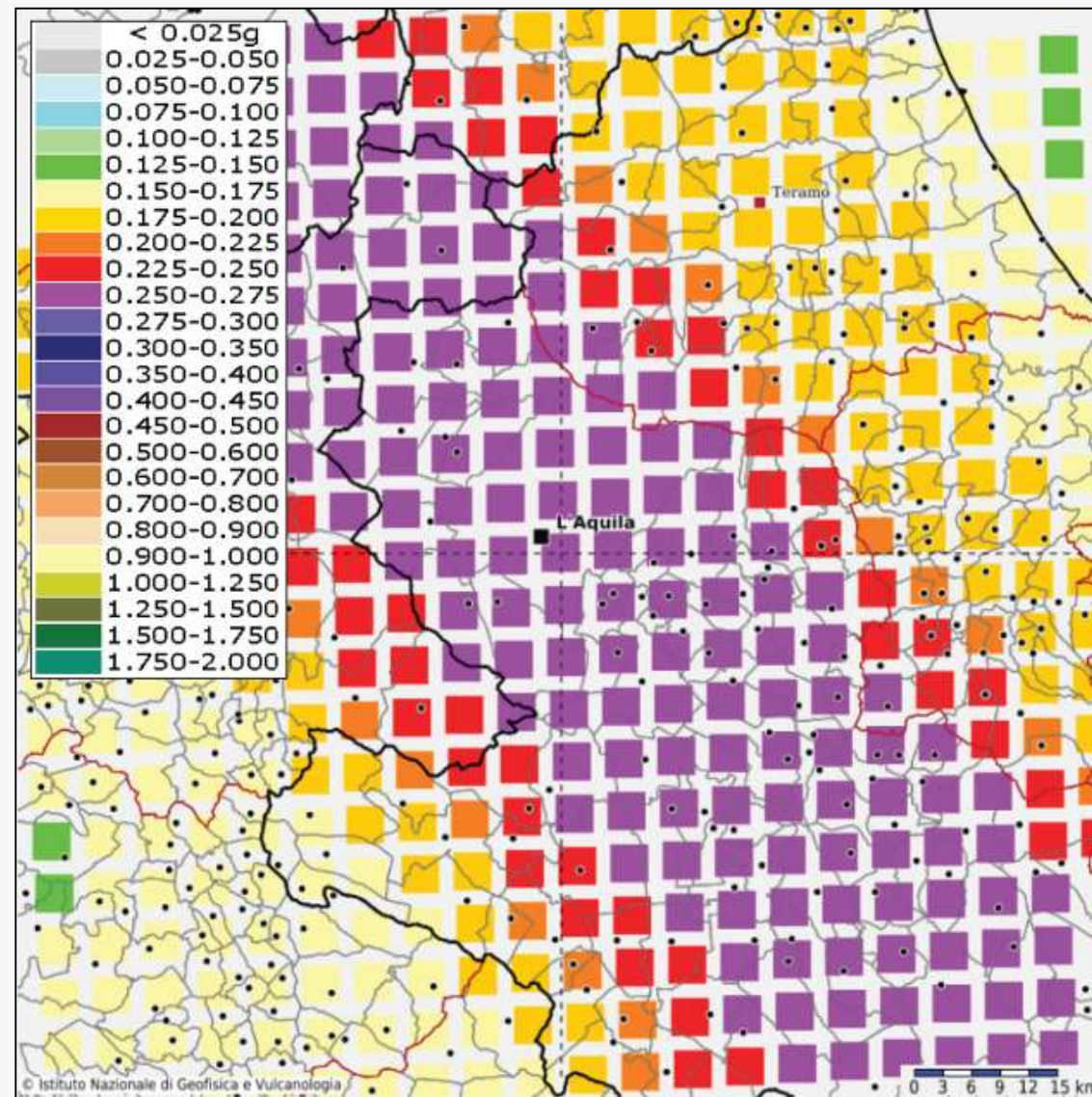
A 'New search' button is located at the bottom of the search criteria section. On the right side of the interface, there is a map showing the location of Rome, with a blue pin indicating the selected site. The map is titled 'Map' and includes a 'Target plot' tab.

<https://esm-db.eu/#/rexel>

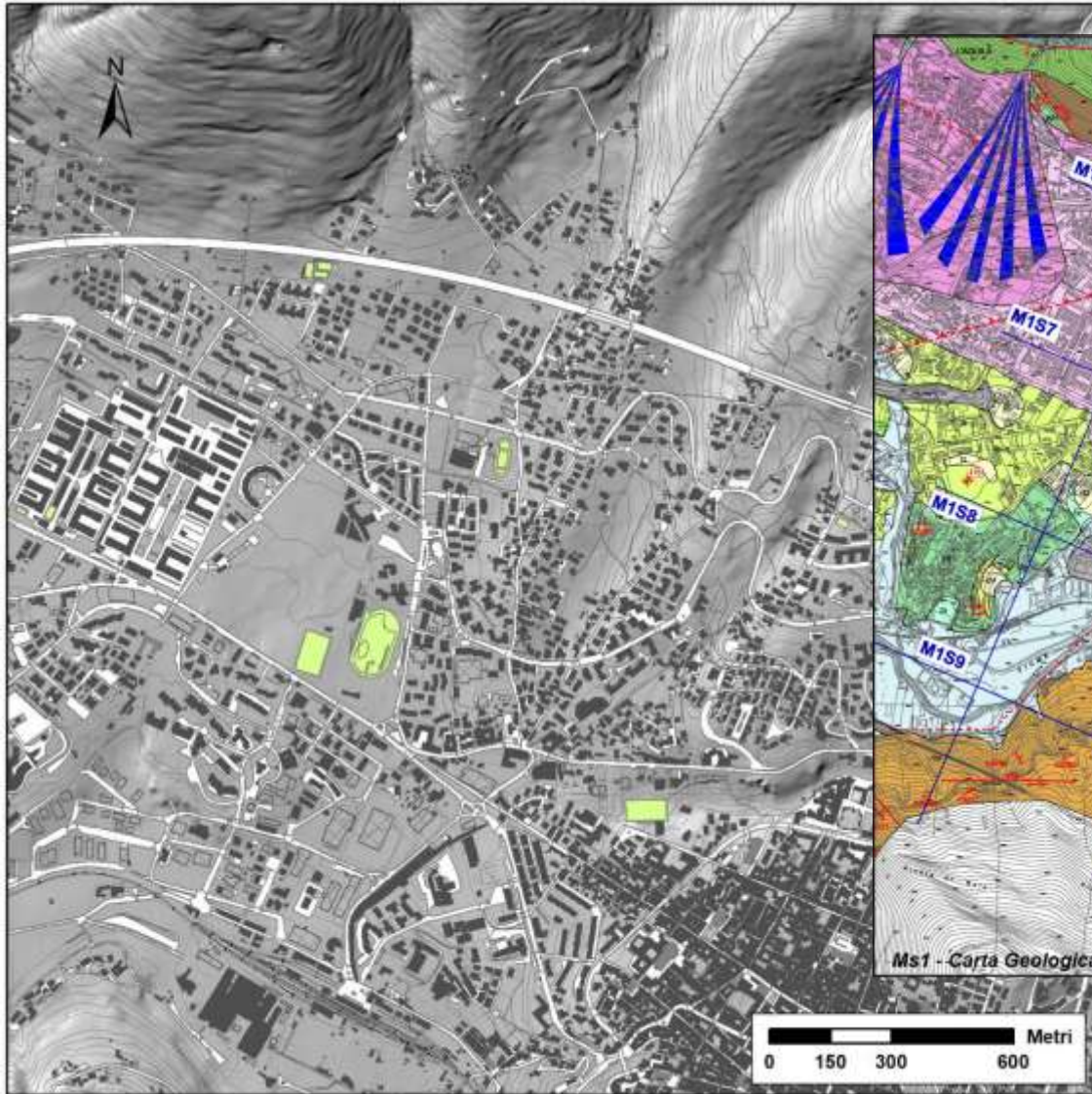
http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_30/#/home



Modello Hillshade a larga scala



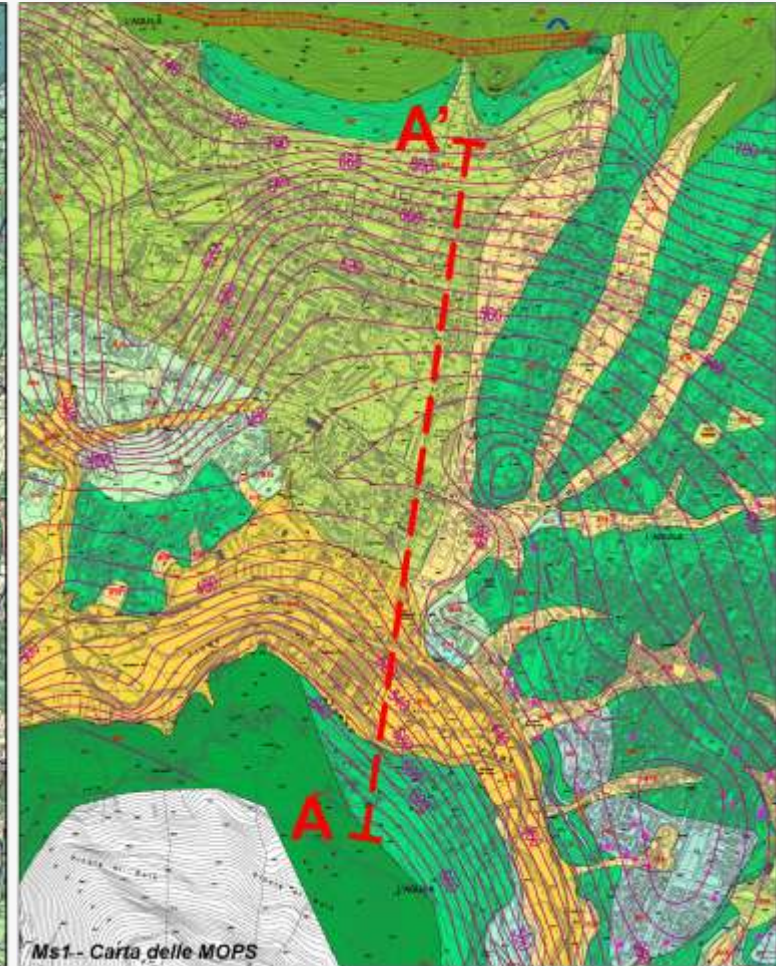
Pericolosità sismica da INGV



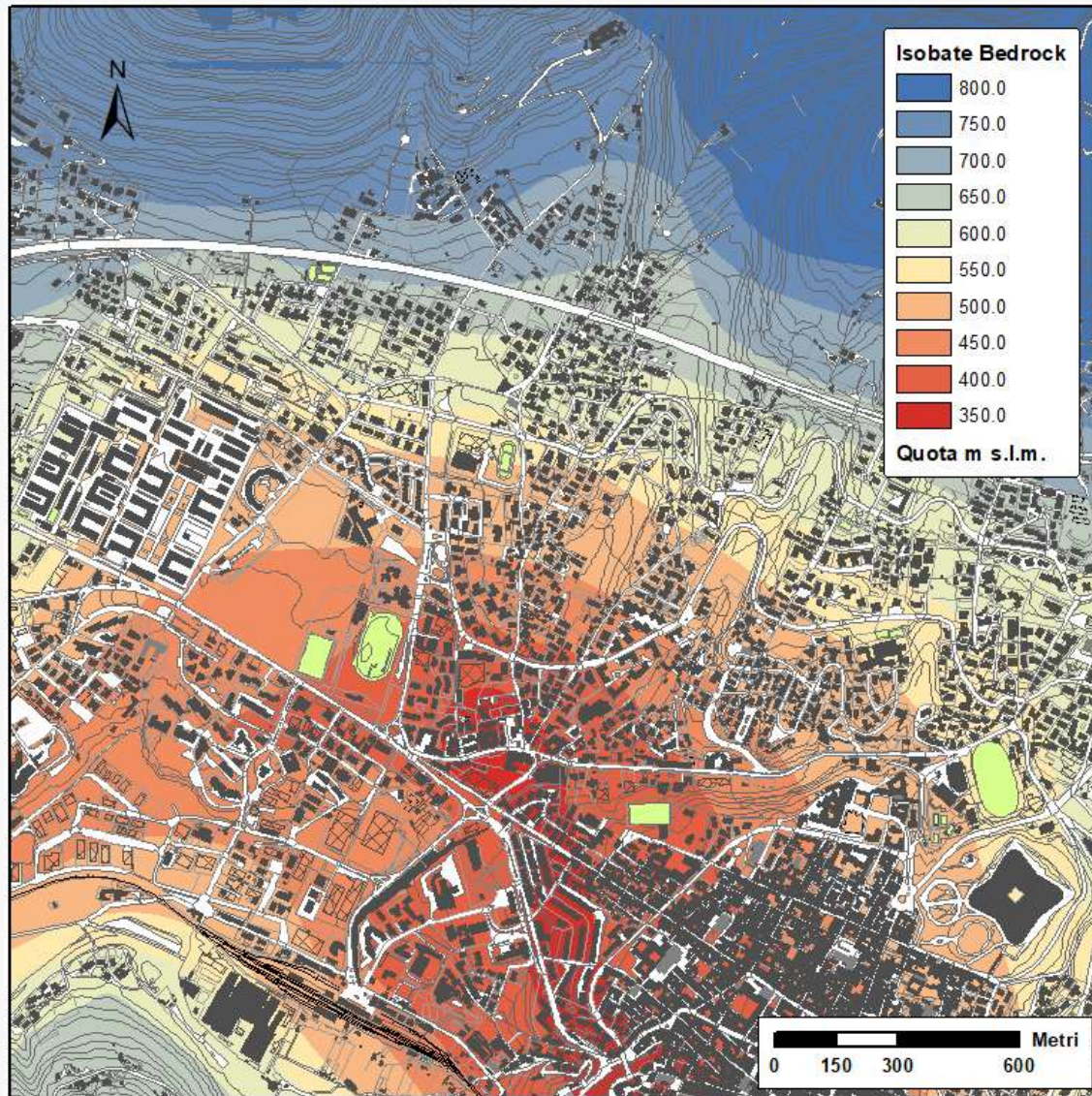
Modello Hillshade a larga scala



Carta Geologica



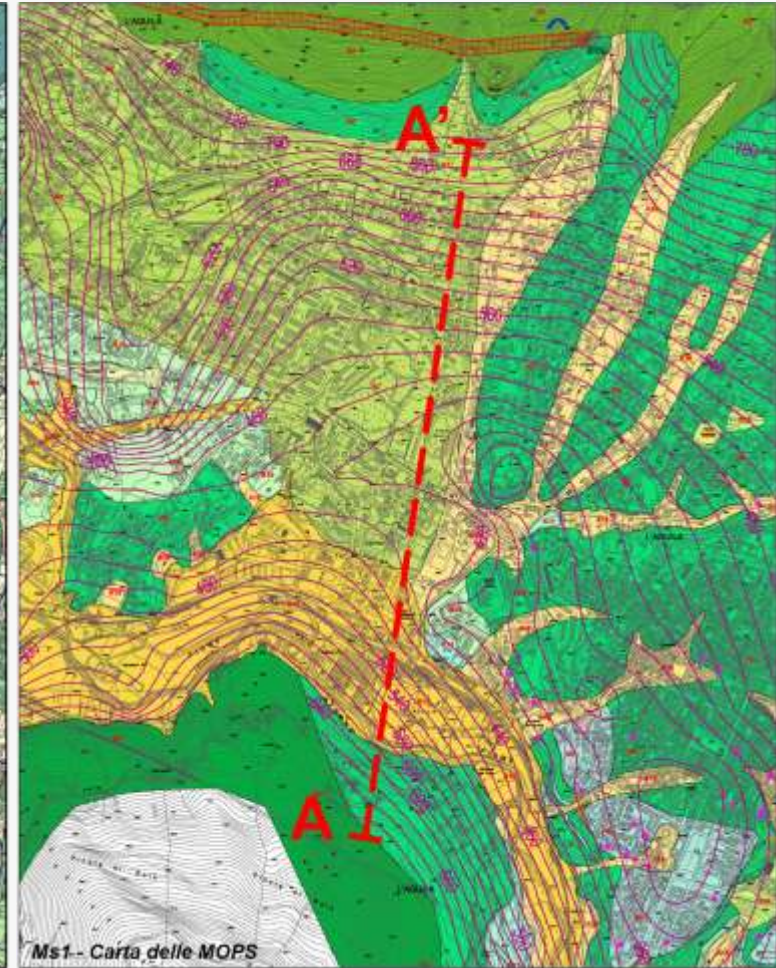
Isobate Bedrock



Tetto del bedrock



Carta Geologica



Isobate Bedrock

Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Model Elements: 51950

89.28 < X < 2769.23

355.14 < Y < 732.64

Check Run Average: 1.0000

External Boundary

Internal Limits

Grid Plot

Lithology

-  Layer 1
-  Layer 2
-  Layer 3
-  Layer 4
-  Layer 5
-  Layer 6

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Model Elements: 51950

89.28 < X < 2769.23

355.14 < Y < 732.64

Check Run Average: 1.0000

External Boundary

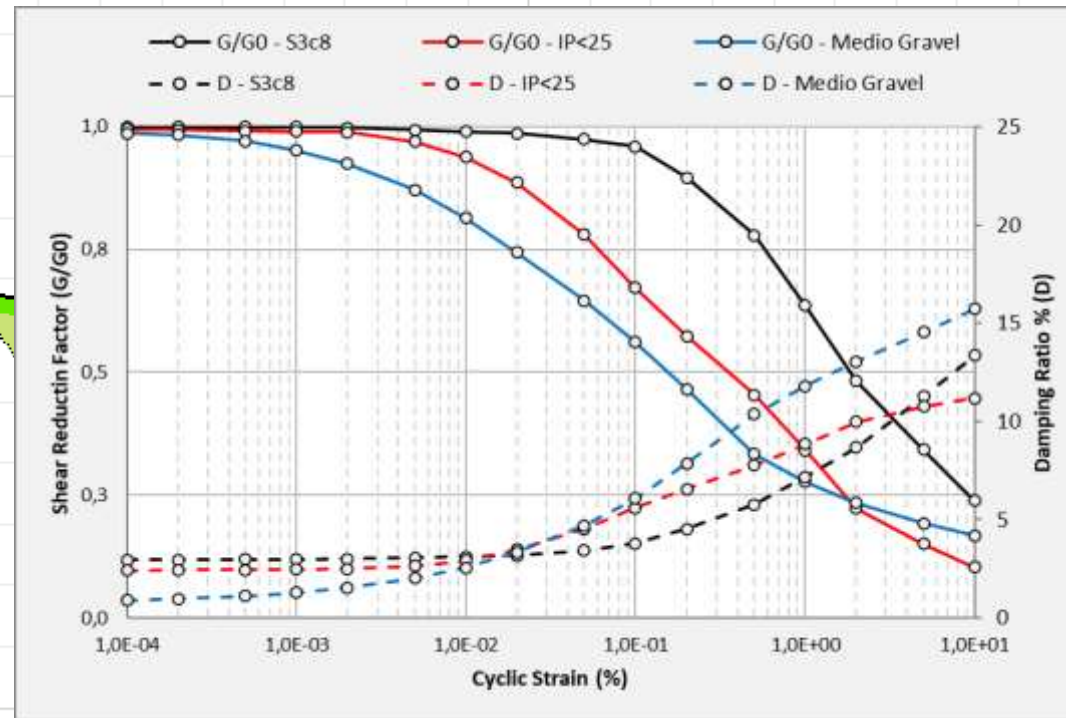
Internal Limits

Grid Plot

Lithology

- Layer 1
- Layer 2
- Layer 3
- Layer 4
- Layer 5
- Layer 6

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

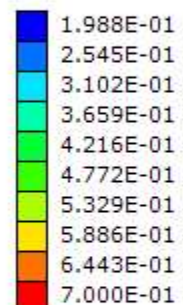
89.28 < X < 2769.23

355.05 < Y < 732.64

Check Run Average: 1.0000

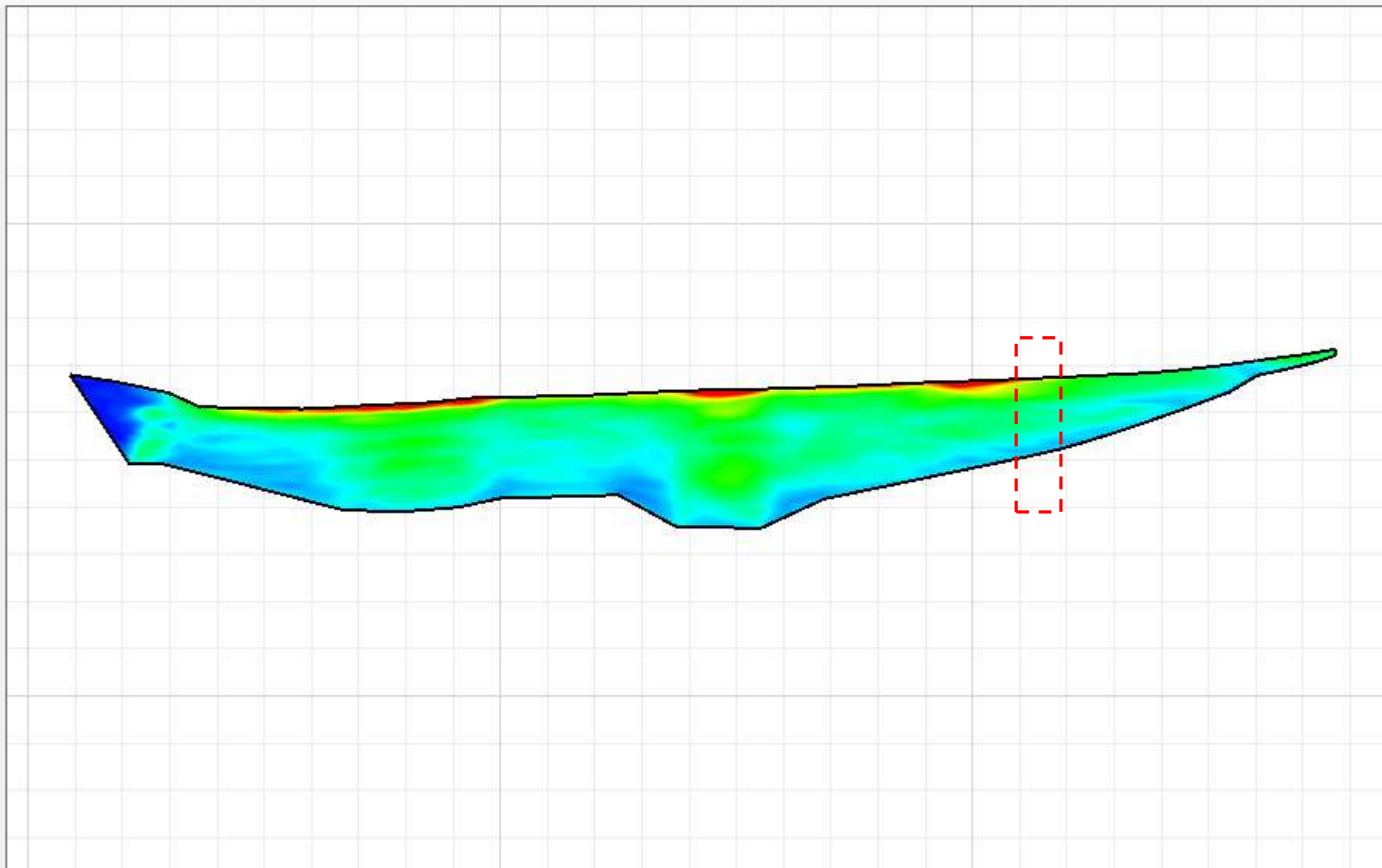
Peak Acceleration

Max X-Acceleration (g)



Contour interval: 5.569E-02
Extrapolated by nodes result
External Boundary

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

89.28 < X < 2769.23

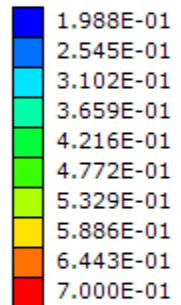
355.14 < Y < 733.09

Check Run Average: 1.0000

External Boundary

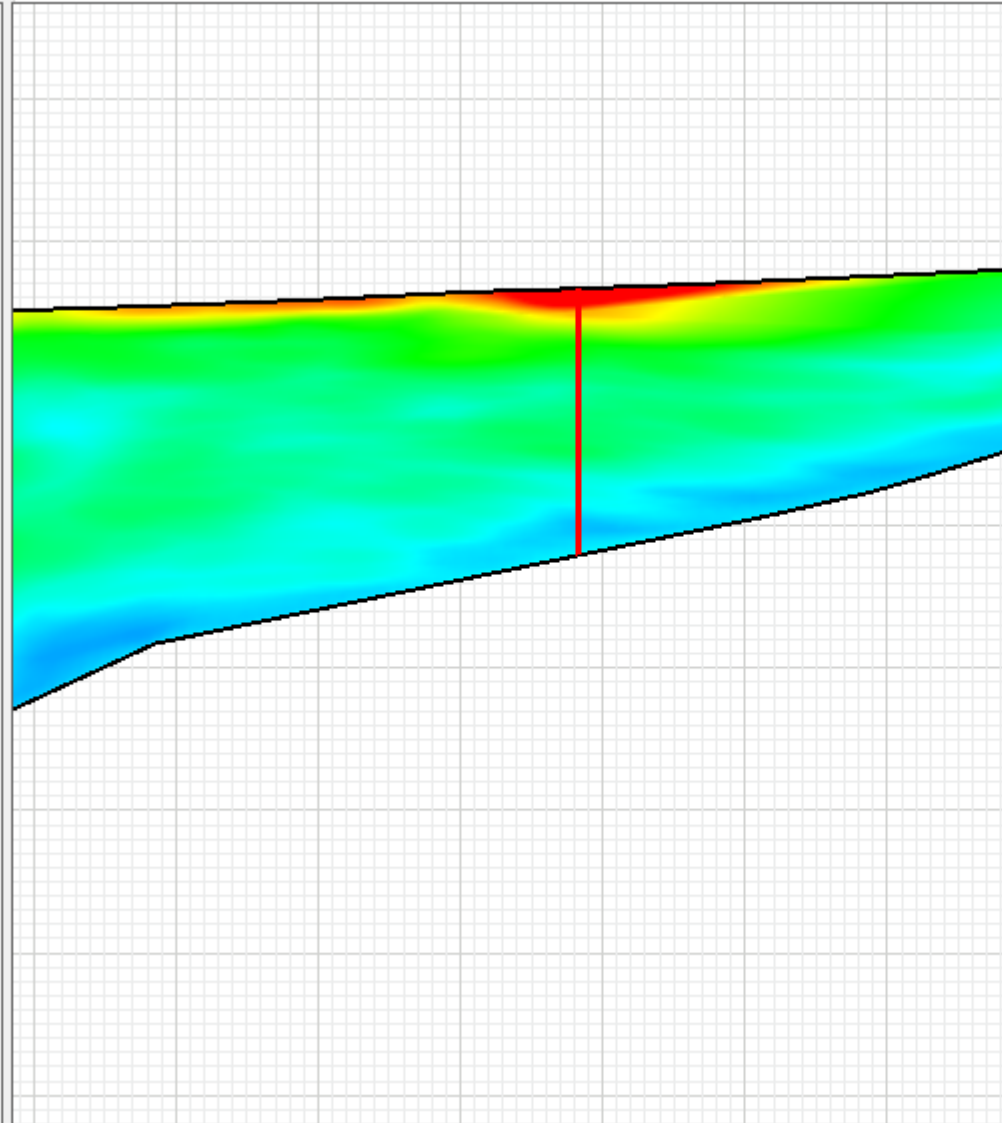
Peak Acceleration

Max X-Acceleration (g)

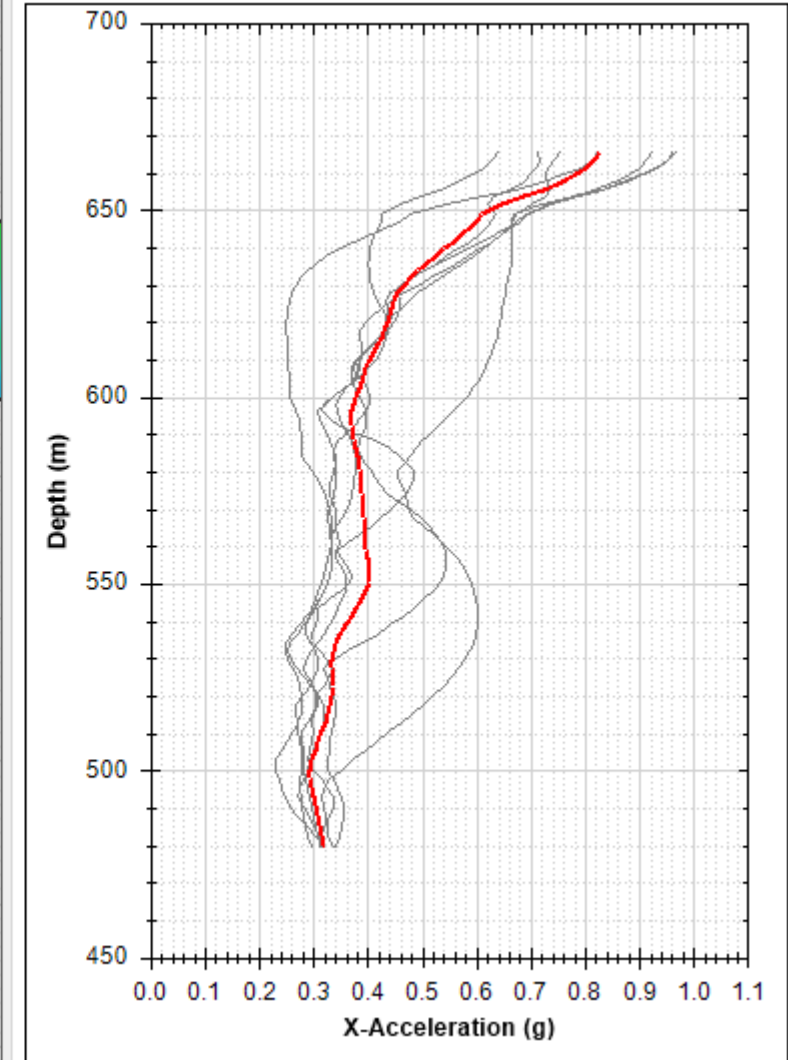


Contour interval: 5.569E-02
Extrapolated by nodes result

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



Vertical column 474



Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

89.28 < X < 2769.23

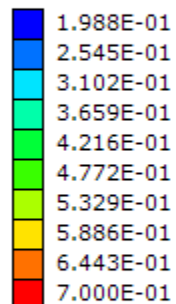
355.14 < Y < 733.09

Check Run Average: 1.0000

External Boundary

Peak Acceleration

Max X-Acceleration (g)



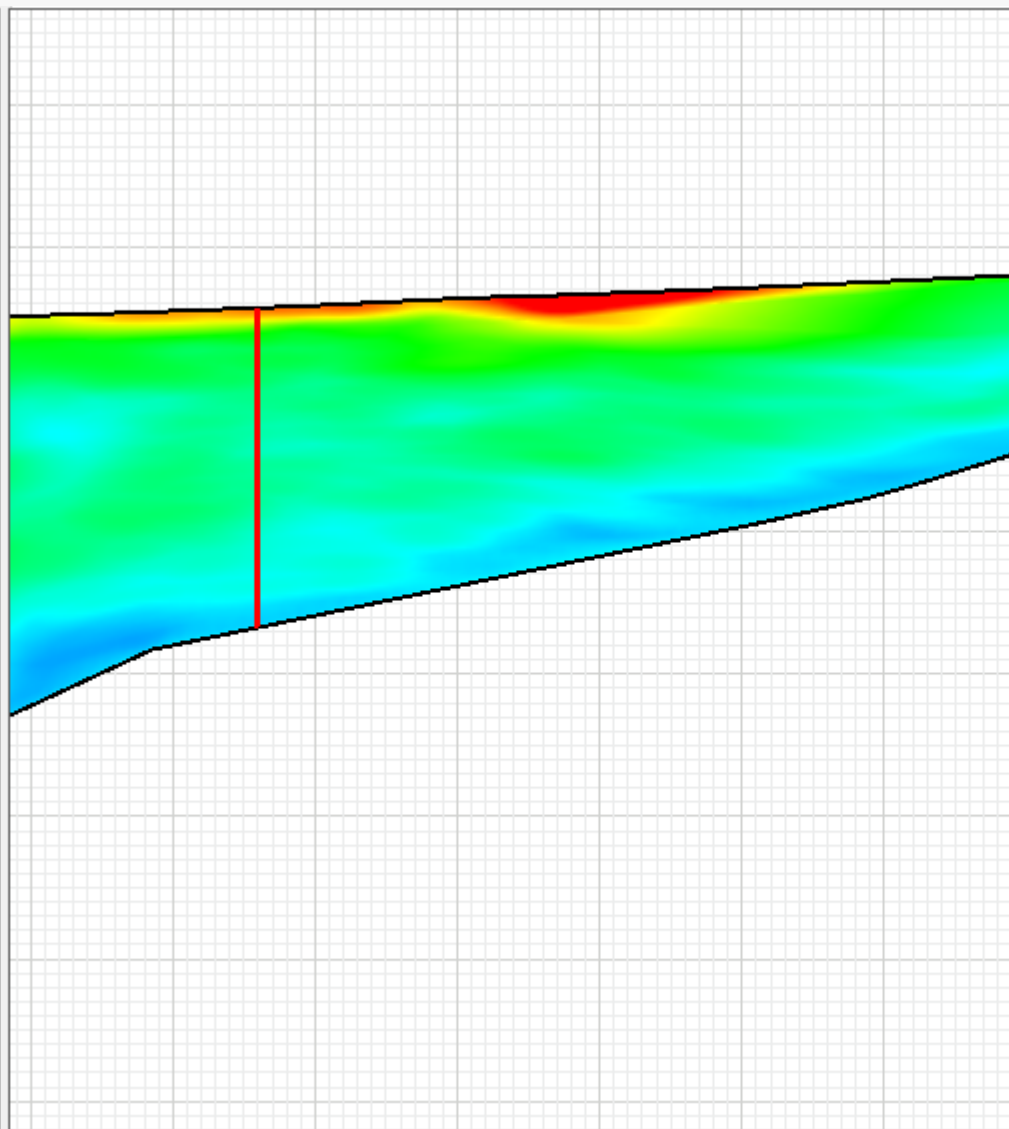
Contour interval: 5.569E-02

Extrapolated by nodes result

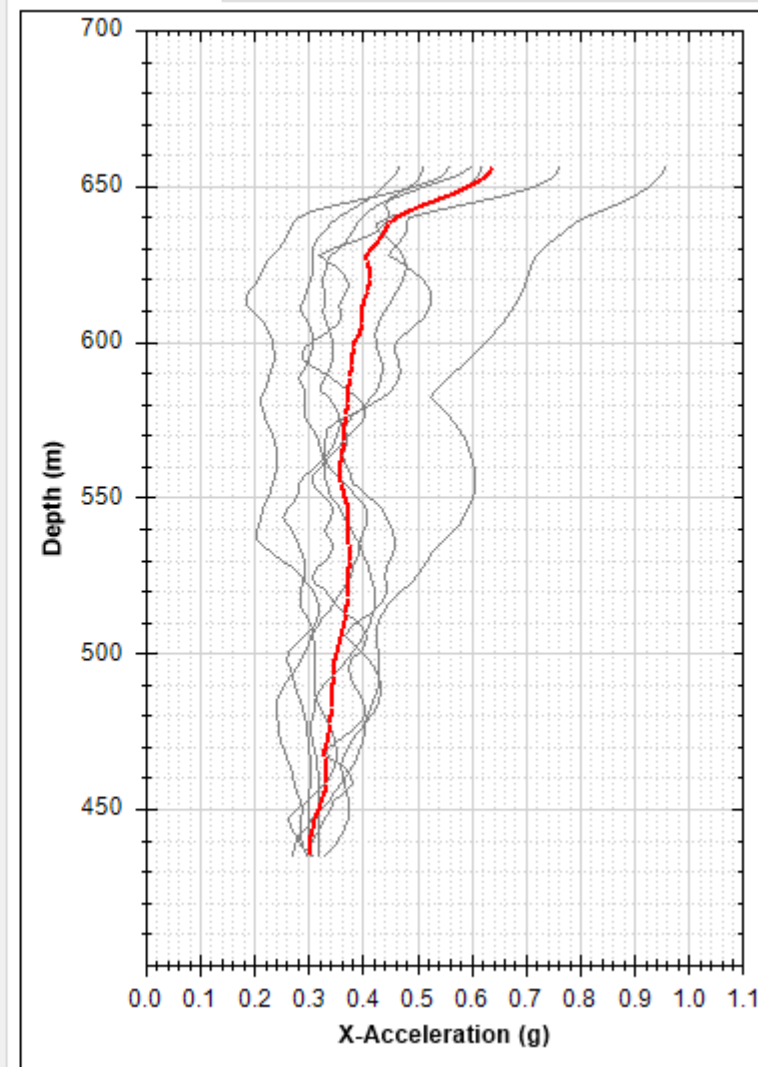
2022 Visual-Q4M Analysis

Mail: info@visualq4m.com

Web: www.visualq4m.com



Vertical column 418



Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

89.28 < X < 2769.23

355.05 < Y < 733.09

Check Run Average: 1.0000

History 1: node[540,135]

Pseudo X-Acceleration (g)

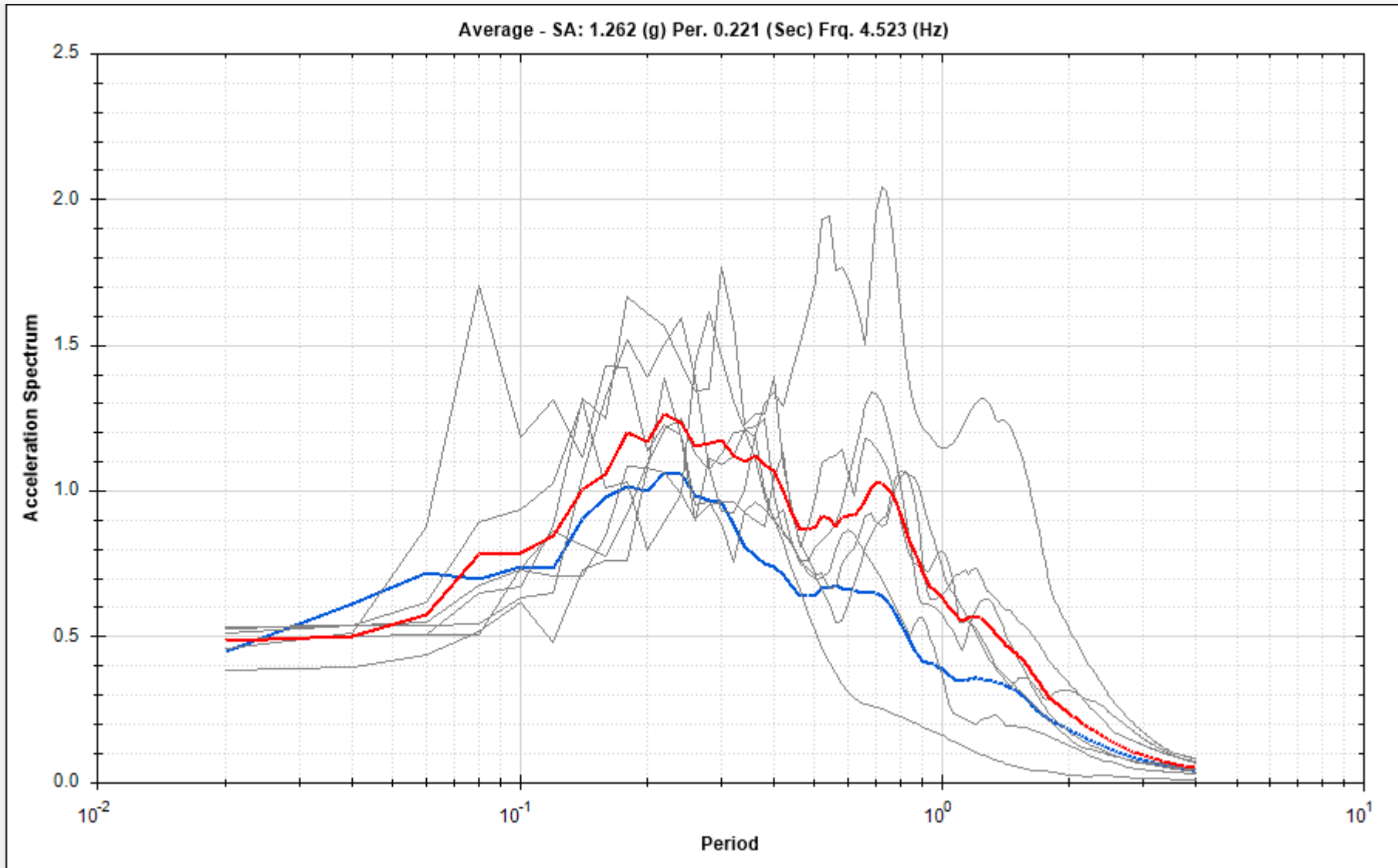
X: Period

Y: Average Values

Y: Input Values

Y: Realizations

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

89.28 < X < 2769.23

355.05 < Y < 733.09

Check Run Average: 1.0000

History 1: node[540,135]

Pseudo X-Acceleration (g)

X: Period

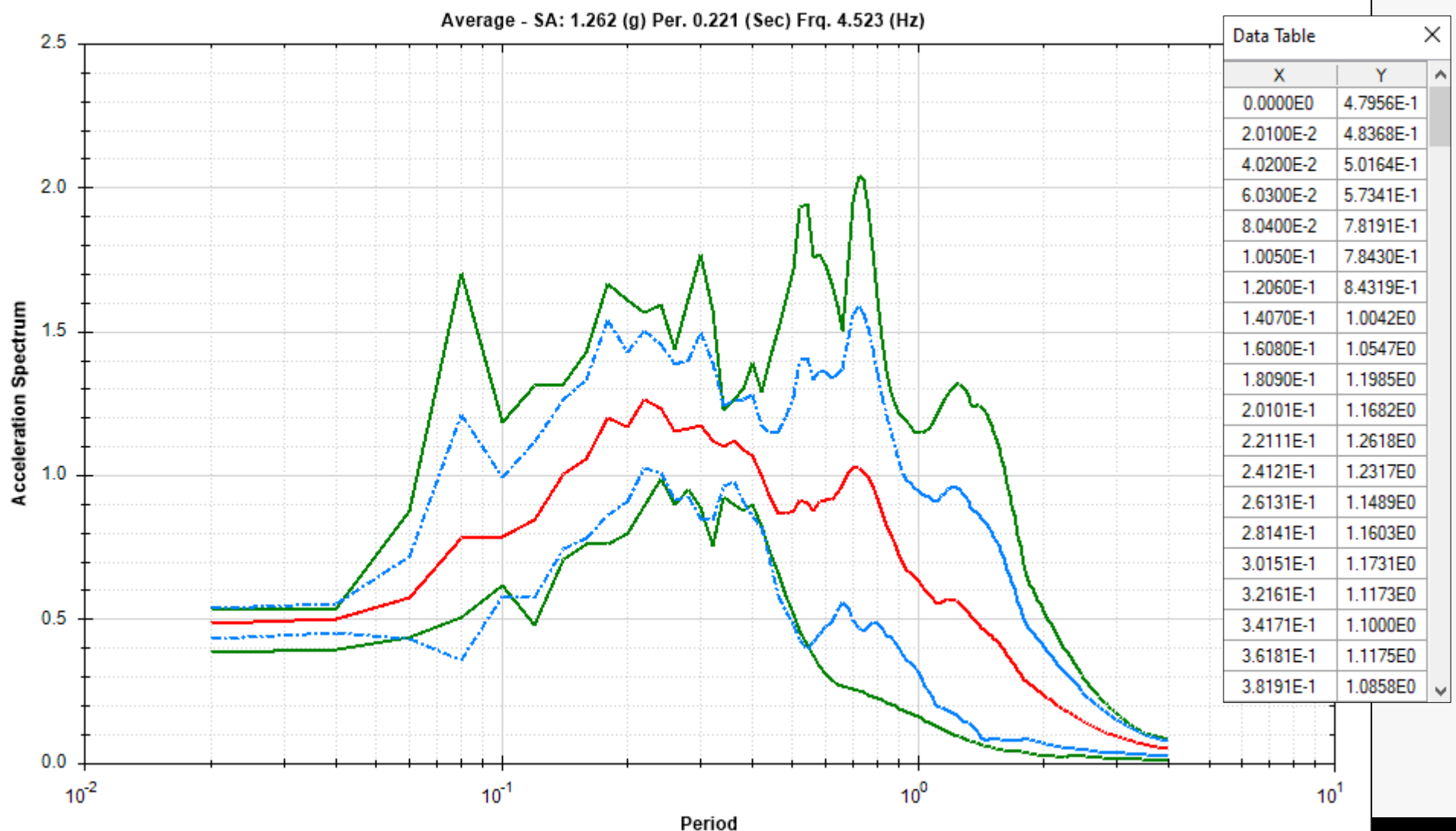
Y: Average Values

Y: Standard Deviation

Y: Envelope Max

Y: Envelope Min

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

89.28 < X < 2769.23

355.05 < Y < 733.09

Check Run Average: 1.0000

History 1: node[540,135]

Pseudo X-Acceleration (g)

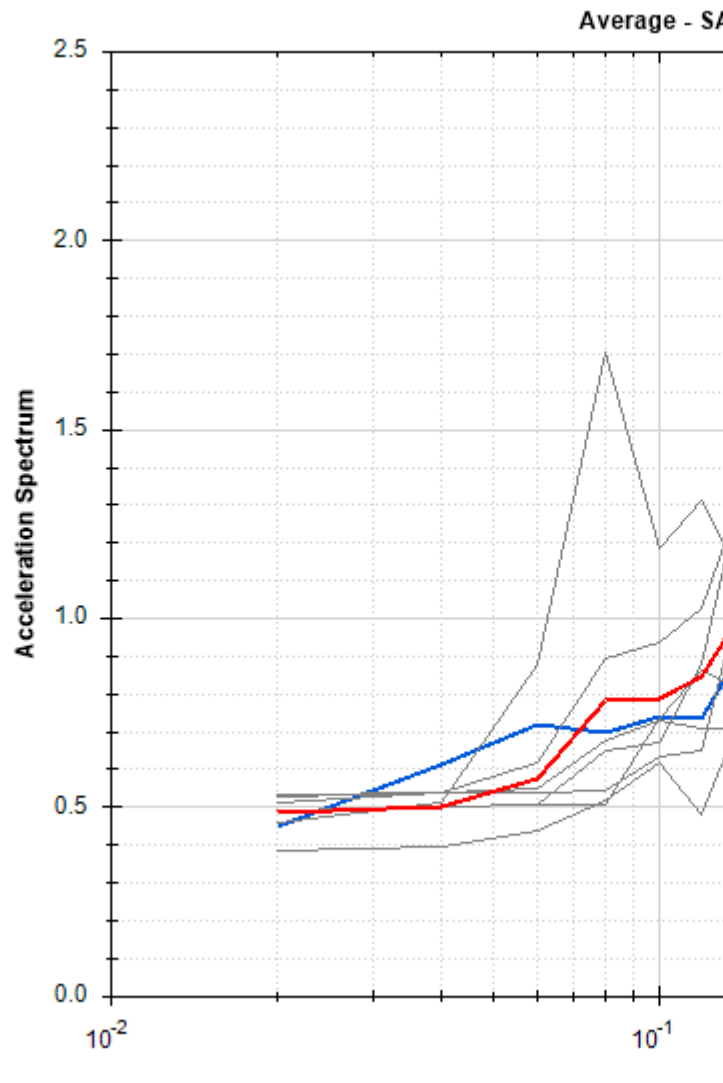
X: Period

Y: Average Values

Y: Input Values

Y: Realizations

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



Data Table

X	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
0.0000E0	5.2397E-1	4.8898E-1	5.3183E-1	4.8591E-1	3.8078E-1	5.0036E-1	4.4512E-1
2.0100E-2	5.2600E-1	4.9108E-1	5.3251E-1	4.8812E-1	3.8332E-1	5.0811E-1	4.5663E-1
4.0200E-2	5.3893E-1	4.9812E-1	5.3498E-1	4.9873E-1	3.9212E-1	5.3842E-1	5.1020E-1
6.0300E-2	5.4838E-1	5.0229E-1	5.3595E-1	5.0360E-1	4.3320E-1	6.1679E-1	8.7365E-1
8.0400E-2	6.7436E-1	6.4628E-1	5.4286E-1	5.0263E-1	5.1651E-1	8.9094E-1	1.6998E0
1.0050E-1	7.2468E-1	6.6928E-1	6.3121E-1	7.3383E-1	6.1421E-1	9.3224E-1	1.1846E0
1.2060E-1	7.0615E-1	8.7642E-1	6.4686E-1	8.6152E-1	4.7702E-1	1.0228E0	1.3116E0
1.4070E-1	7.0674E-1	1.3131E0	1.0516E0	8.1160E-1	7.2655E-1	1.3059E0	1.1140E0
1.6080E-1	8.4379E-1	1.2440E0	1.3229E0	7.7635E-1	7.6100E-1	1.0089E0	1.4259E0
1.8090E-1	1.0802E0	1.6646E0	1.5166E0	9.1678E-1	7.6076E-1	1.0275E0	1.4229E0
2.0101E-1	1.0774E0	1.6092E0	1.3913E0	1.0911E0	1.0772E0	7.9479E-1	1.1364E0
2.2111E-1	1.0605E0	1.5632E0	1.5014E0	1.2098E0	1.3833E0	8.9192E-1	1.2226E0
2.4121E-1	9.8519E-1	1.4390E0	1.5893E0	1.2486E0	1.1840E0	9.8579E-1	1.1899E0
2.6131E-1	1.4359E0	1.3413E0	1.3865E0	1.1257E0	8.9857E-1	9.0424E-1	9.4999E-1
2.8141E-1	1.6131E0	1.3452E0	1.0766E0	1.0714E0	1.1081E0	9.4905E-1	9.5860E-1
3.0151E-1	1.4594E0	1.7667E0	9.2728E-1	1.1222E0	1.0871E0	9.6179E-1	8.8714E-1
3.2161E-1	1.3037E0	1.5671E0	9.2173E-1	1.1986E0	1.1196E0	9.5889E-1	7.5115E-1
3.4171E-1	1.2068E0	1.2254E0	1.0043E0	1.2023E0	1.2069E0	9.2414E-1	9.3010E-1
3.6181E-1	1.2195E0	1.2634E0	1.1931E0	1.1088E0	1.1829E0	8.9609E-1	9.5861E-1

Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

89.28 < X < 2769.23

355.14 < Y < 733.09

Check Run Average: 1.0000

History 1: node[540,135]

Pseudo X-Acceleration (g)

X: Period

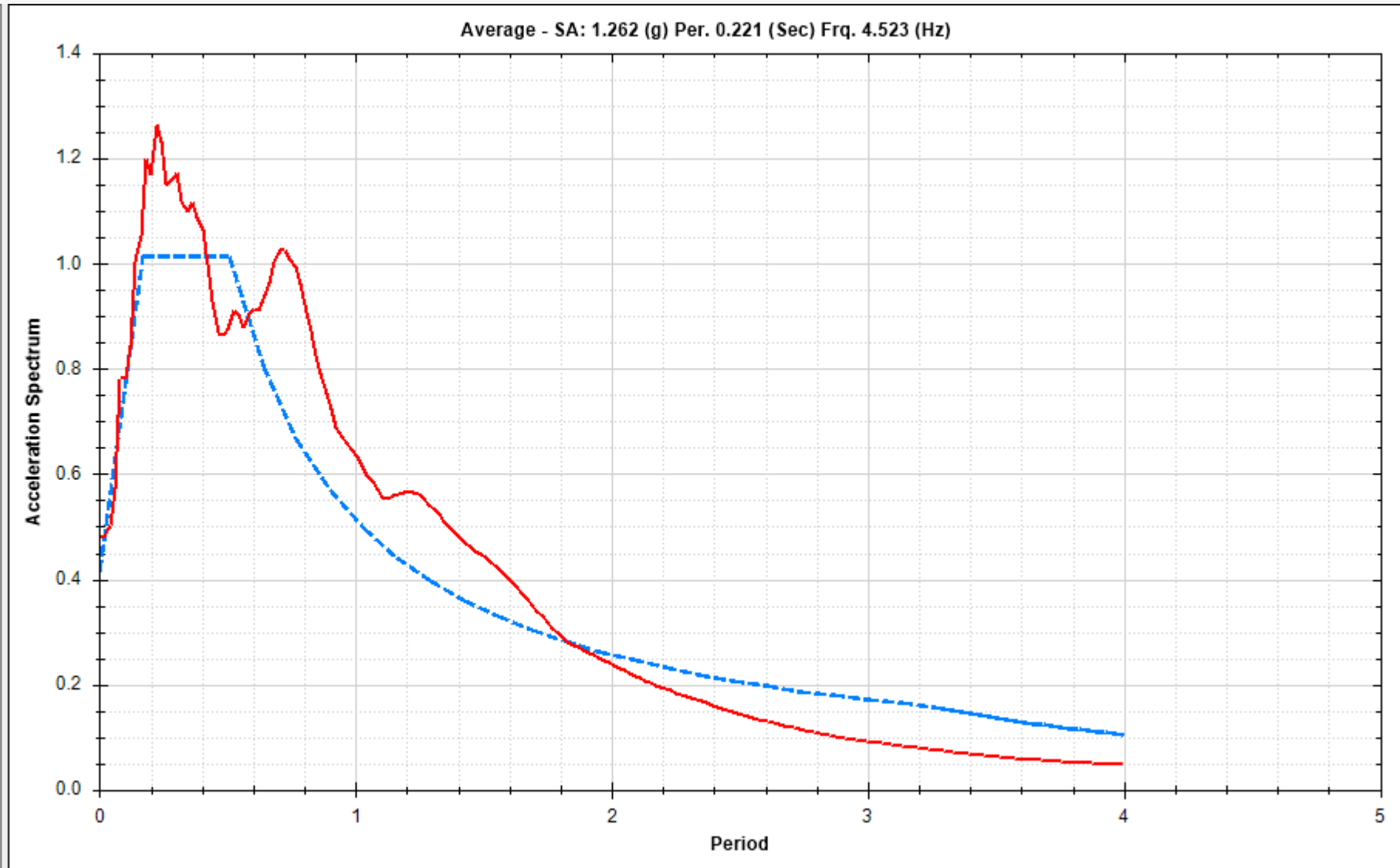
Y: Average Values

Y: SLV_B_T1

2022 Visual-Q4M Analysis

Mail: info@visualq4m.com

Web: www.visualq4m.com



Spettro Medio

Spettro per ogni realizzazione

X	Y
0.0000E0	4.7956E-1
2.0100E-2	4.8368E-1
4.0200E-2	5.0164E-1
6.0300E-2	5.7341E-1
8.0400E-2	7.8191E-1
1.0050E-1	7.8430E-1
1.2060E-1	8.4319E-1
1.4070E-1	1.0042E0
1.6080E-1	1.0547E0
1.8090E-1	1.1985E0
2.0101E-1	1.1682E0
2.2111E-1	1.2618E0
2.4121E-1	1.2317E0
2.6131E-1	1.1489E0
2.8141E-1	1.1603E0
3.0151E-1	1.1731E0
3.2161E-1	1.1173E0
3.4171E-1	1.1000E0
3.6181E-1	1.1175E0
3.8191E-1	1.0858E0

X	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
0.0000E0	5.2397E-1	4.8898E-1	5.3183E-1	4.8591E-1	3.8078E-1	5.0036E-1	4.4512E-1
2.0100E-2	5.2600E-1	4.9108E-1	5.3251E-1	4.8812E-1	3.8332E-1	5.0811E-1	4.5663E-1
4.0200E-2	5.3893E-1	4.9812E-1	5.3498E-1	4.9873E-1	3.9212E-1	5.3842E-1	5.1020E-1
6.0300E-2	5.4838E-1	5.0229E-1	5.3595E-1	5.0360E-1	4.3320E-1	6.1679E-1	8.7365E-1
8.0400E-2	6.7436E-1	6.4628E-1	5.4286E-1	5.0263E-1	5.1651E-1	8.9094E-1	1.6998E0
1.0050E-1	7.2468E-1	6.6928E-1	6.3121E-1	7.3383E-1	6.1421E-1	9.3224E-1	1.1846E0
1.2060E-1	7.0615E-1	8.7642E-1	6.4686E-1	8.6152E-1	4.7702E-1	1.0228E0	1.3116E0
1.4070E-1	7.0674E-1	1.3131E0	1.0516E0	8.1160E-1	7.2655E-1	1.3059E0	1.1140E0
1.6080E-1	8.4379E-1	1.2440E0	1.3229E0	7.7635E-1	7.6100E-1	1.0089E0	1.4259E0
1.8090E-1	1.0802E0	1.6646E0	1.5166E0	9.1678E-1	7.6076E-1	1.0275E0	1.4229E0
2.0101E-1	1.0774E0	1.6092E0	1.3913E0	1.0911E0	1.0772E0	7.9479E-1	1.1364E0
2.2111E-1	1.0605E0	1.5632E0	1.5014E0	1.2098E0	1.3833E0	8.9192E-1	1.2226E0
2.4121E-1	9.8519E-1	1.4390E0	1.5893E0	1.2486E0	1.1840E0	9.8579E-1	1.1899E0
2.6131E-1	1.4359E0	1.3413E0	1.3865E0	1.1257E0	8.9857E-1	9.0424E-1	9.4999E-1
2.8141E-1	1.6131E0	1.3452E0	1.0766E0	1.0714E0	1.1081E0	9.4905E-1	9.5860E-1
3.0151E-1	1.4594E0	1.7667E0	9.2728E-1	1.1222E0	1.0871E0	9.6179E-1	8.8714E-1
3.2161E-1	1.3037E0	1.5671E0	9.2173E-1	1.1986E0	1.1196E0	9.5889E-1	7.5115E-1
3.4171E-1	1.2068E0	1.2254E0	1.0043E0	1.2023E0	1.2069E0	9.2414E-1	9.3010E-1
3.6181E-1	1.2195E0	1.2634E0	1.1931E0	1.1088E0	1.1829E0	8.9609E-1	9.5861E-1

Fattore di Amplificazione

Il fattore di amplificazione più semplice ed immediato da calcolare è sicuramente il FPGA.

Rapporto tra le ordinate massime in valore assoluto dell'accelerogramma calcolato in superficie e dell'accelerogramma di input.

Questo approccio risulta limitante, in quanto il solo picco di accelerazione è poco rappresentativo delle modifiche in frequenza e durata che un segnale subisce nell'attraversare un deposito.

Spettro Medio

Spettro per ogni realizzazione

Data Table	
X	Y
0.0000E0	4.7956E-1
2.0100E-2	4.8368E-1
4.0200E-2	5.0164E-1
6.0300E-2	5.7341E-1
8.0400E-2	7.8191E-1
1.0050E-1	7.8430E-1
1.2060E-1	8.4319E-1
1.4070E-1	1.0042E0
1.6080E-1	1.0547E0
1.8090E-1	1.1985E0
2.0101E-1	1.1682E0
2.2111E-1	1.2618E0
2.4121E-1	1.2317E0
2.6131E-1	1.1489E0
2.8141E-1	1.1603E0
3.0151E-1	1.1731E0
3.2161E-1	1.1173E0
3.4171E-1	1.1000E0
3.6181E-1	1.1175E0
3.8191E-1	1.0858E0

Data Table								
X	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
0.0000E0	5.2397E-1	4.8898E-1	5.3183E-1	4.8591E-1	3.8078E-1	5.0036E-1	4.4512E-1	
2.0100E-2	5.2600E-1	4.9108E-1	5.3251E-1	4.8812E-1	3.8332E-1	5.0811E-1	4.5663E-1	
4.0200E-2	5.3893E-1	4.9812E-1	5.3498E-1	4.9873E-1	3.9212E-1	5.3842E-1	5.1020E-1	
6.0300E-2	5.4838E-1	5.0229E-1	5.3595E-1	5.0360E-1	4.3320E-1	6.1679E-1	8.7365E-1	
8.0400E-2	6.7436E-1	6.4628E-1	5.4286E-1	5.0263E-1	5.1651E-1	8.9094E-1	1.6998E0	
1.0050E-1	7.2468E-1	6.6928E-1	6.3121E-1	7.3383E-1	6.1421E-1	9.3224E-1	1.1846E0	
1.2060E-1	7.0615E-1	8.7642E-1	6.4686E-1	8.6152E-1	4.7702E-1	1.0228E0	1.3116E0	
1.4070E-1	7.0674E-1	1.3131E0	1.0516E0	8.1160E-1	7.2655E-1	1.3059E0	1.1140E0	
1.6080E-1	8.4379E-1	1.2440E0	1.3229E0	7.7635E-1	7.6100E-1	1.0089E0	1.4259E0	
1.8090E-1	1.0802E0	1.6646E0	1.5166E0	9.1678E-1	7.6076E-1	1.0275E0	1.4229E0	
2.0101E-1	1.0774E0	1.6092E0	1.3913E0	1.0911E0	1.0772E0	7.9479E-1	1.1364E0	
2.2111E-1	1.0605E0	1.5632E0	1.5014E0	1.2098E0	1.3833E0	8.9192E-1	1.2226E0	
2.4121E-1	9.8519E-1	1.4390E0	1.5893E0	1.2486E0	1.1840E0	9.8579E-1	1.1899E0	
2.6131E-1	1.4359E0	1.3413E0	1.3865E0	1.1257E0	8.9857E-1	9.0424E-1	9.4999E-1	
2.8141E-1	1.6131E0	1.3452E0	1.0766E0	1.0714E0	1.1081E0	9.4905E-1	9.5860E-1	
3.0151E-1	1.4594E0	1.7667E0	9.2728E-1	1.1222E0	1.0871E0	9.6179E-1	8.8714E-1	
3.2161E-1	1.3037E0	1.5671E0	9.2173E-1	1.1986E0	1.1196E0	9.5889E-1	7.5115E-1	
3.4171E-1	1.2068E0	1.2254E0	1.0043E0	1.2023E0	1.2069E0	9.2414E-1	9.3010E-1	
3.6181E-1	1.2195E0	1.2634E0	1.1931E0	1.1088E0	1.1829E0	8.9609E-1	9.5861E-1	

Fattore di Amplificazione

Il fattore di amplificazione FH_A viene calcolato come rapporto di intensità spettrale:

$$FH_A = ASI / ASI_0$$

ASI è l'Intensità di Amplificazione Spettrale (Von Thun et al., 1988):

$$ASI = \int_{T_1}^{T_2} SA(T_{5\%}) dt$$

Stato Limite	FH_A		
Range di Periodo	0.10 - 0.50	0.40 - 0.80	0.70 - 1.10
SLO - Operatività	1.237	1.467	1.775
SLD - Danno	1.264	1.441	1.639
SLV - Salvaguardia vita	1.256	1.466	1.660
SLC - Prevenzione collasso	1.260	1.504	1.689

Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

89.28 < X < 2769.23

355.14 < Y < 733.09

Check Run Average: 1.0000

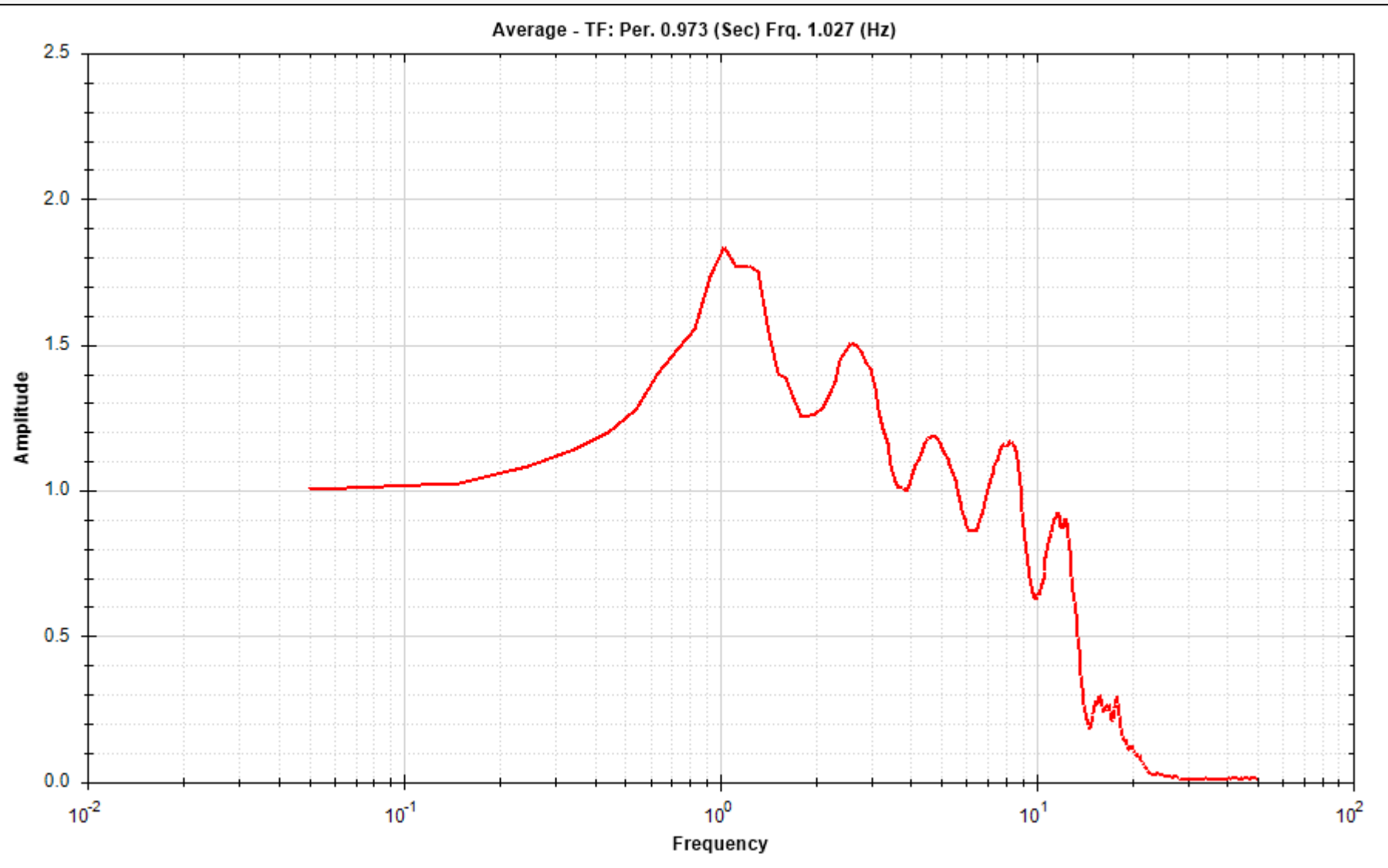
History 1: node[540,135]

Transfer X-Functions

X: Frequency

Y: Average Values

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



Visual Q4M Ver. 2.0

Date: 23/12/2021 11:52:20

Initial Model: 670x162

89.28 < X < 2769.23

355.14 < Y < 733.09

Check Run Average: 1.0000

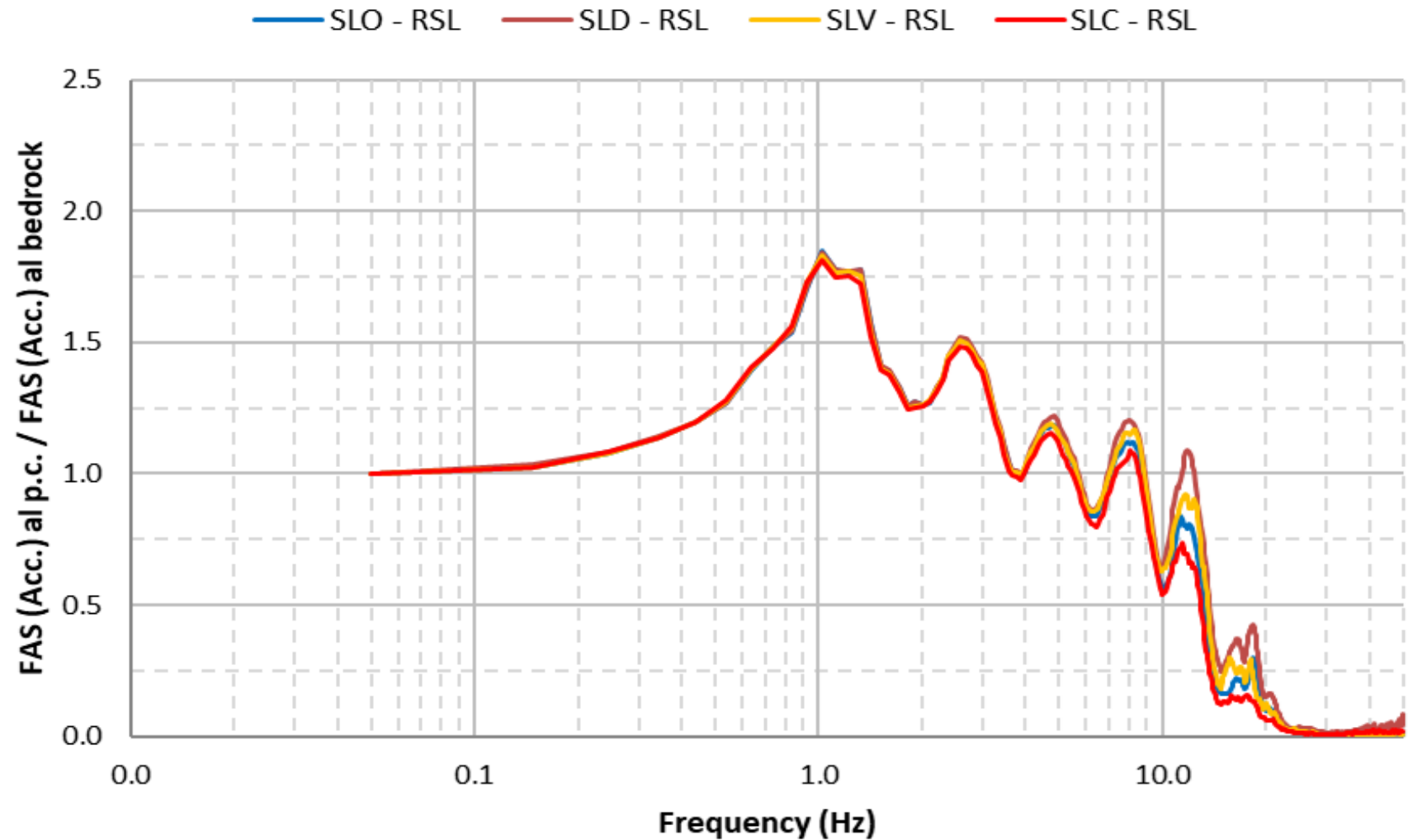
History 1: node[540,135]

Transfer X-Functions

X: Frequency

Y: Average Values

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com



ANALISI NUMERICA DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Definizione

Modello Geotecnico

Buona approssimazione nella definizione dell'andamento topografico con un estensione congrua con l'area in studio.

Individuazione caratteristiche meccaniche e contatti stratigrafici.

Definizione della profondità del bedrock sismico

Ricostruzione

Modello Numerico

Ricostruzione del modello numerico il più possibile aderente alle condizioni geologiche del sito da analizzare.

Definizione delle condizioni al contorno.

Individuazioni dei punti di monitoraggio per la registrazione delle accelerazioni/spettri in output.

Definizione

Input Sismico

Individuazione della pericolosità sismica di base e definizione della massima accelerazione attesa su suolo rigido.

Estrazione delle settuple di accelerogrammi (NTC2018).

Analisi

Risposta Sismica

Scelta del codice di calcolo

Interpretazione dei risultati globali.

Estrazione degli spettri in output sui punti di monitoraggio.

Calcolo delle amplificazioni sulle frequenze d'interesse.

```
FILE RUN: 1dst.txt
UNITS (E for English, S for SI)
S
DRF      MMN      KOC
1      0.65      1
HELM NGPT NSLP
58 62 0
HGSX HSGZ HSGZ HSGZ HSGZ H
8800 8800 1 1 8800
DTEQ SQMUL EQN
0.01 1.0000 0.0
EARTHQUAKE INPUT FILE NAME:
node_in_sse.dat
(SPP:6)
SOUT AOUT KOUT
0 1 0
ACCELERATION OUTPUT FORMAT
COMBINED
1dst
ACC
SYSTEM STATE OUTPUT FILE
1dst.Q4R
N NP1 NP2 NP3 NP4 TYPE DENS
1 59 60 61 62 4 20000.0 0.
2 62 61 57 58 4 20000.0 0.
4 68 47 45 46 4 19000.0 0.45000 4.56E05 1.19E05 0.05000 0
9 48 45 43 44 4 19000.0 0.45000 4.56E05 1.19E05 0.05000 0
10 44 41 41 42 4 19000.0 0.45000 4.56E05 1.19E05 0.05000 0
11 42 41 39 40 4 19000.0 0.45000 4.56E05 1.19E05 0.05000 0
12 40 39 37 38 4 19000.0 0.45000 4.56E05 1.19E05 0.05000 0
13 38 37 35 36 4 19000.0 0.45000 4.56E05 1.19E05 0.05000 0
14 36 35 33 34 3 10000.0 0.45000 1.03E05 2.12E05 0.05000 0
15 34 33 31 32 3 10000.0 0.45000 1.03E05 2.12E05 0.05000 0
16 32 31 29 30 3 10000.0 0.45000 1.03E05 2.12E05 0.05000 0
17 30 29 27 28 3 10000.0 0.45000 1.03E05 2.12E05 0.05000 0
18 28 27 25 26 2 18440.0 0.45000 1.17E05 1.66E05 0.05000 0
19 26 25 23 24 2 18440.0 0.45000 1.17E05 1.66E05 0.05000 0
20 24 23 21 22 2 18440.0 0.45000 1.17E05 1.66E05 0.05000 0
21 22 21 19 20 2 18440.0 0.45000 1.17E05 1.66E05 0.05000 0
```

SOUT AOUT KOUT
0 1 0

ACCELERATION OUTPUT FORMAT (M or C), FILE PRE
COMBINED
1dst
ACC
SYSTEM STATE OUTPUT FILE
1dst.Q4R

N	NP1	NP2	NP3	NP4	TYPE	DENS
1	59	60	61	62	4	20000.0
2	62	61	57	58	4	20000.0

```
FILE RUN: 1dst.txt
Acceleration Histories (g's)
Time-sec Node 1X Node 2X Node 3X N
.010 -.000067 -.000067 -.000082
.020 -.000222 -.000222 -.000245
.030 -.000402 -.000402 -.000410
.040 -.000579 -.000579 -.000574
.050 -.000737 -.000737 -.000727
.060 -.000873 -.000873 -.000862
.070 -.000888 -.000888 -.000878
```

```
.280 -.000139 -.000140 -.000245 -.000249 -.000303 -.000301 -.000102
.290 -.000100 -.000101 -.000230 -.000225 -.000356 -.000358 -.000243
.300 -.0007315 -.0007315 -.0007460 -.0007462 -.0008244 -.0008245 -.000837
.310 -.000802 -.000797 -.0008559 -.0008558 -.0009507 -.0009511 -.010235
.320 -.010543 -.010544 -.010715 -.010714 -.011599 -.011594 -.012013
.330 -.012579 -.012575 -.012720 -.012711 -.013560 -.013564 -.013951
.340 -.014809 -.014812 -.014923 -.014927 -.015672 -.015672 -.015589
.350 -.017194 -.017203 -.017268 -.017260 -.017868 -.017866 -.018059
.360 -.019463 -.019467 -.019701 -.019691 -.020055 -.020057 -.020195
.370 -.022109 -.022102 -.022093 -.022085 -.022205 -.022206 -.022201
.380 -.024487 -.024451 -.024392 -.024395 -.024229 -.024228 -.024097
.390 -.026405 -.026406 -.026486 -.026490 -.026061 -.026065 -.025821
.400 -.028487 -.028489 -.028334 -.028345 -.027481 -.027477 -.027319
.410 -.030058 -.030056 -.029877 -.029875 -.029009 -.029005 -.028577
.420 -.031255 -.031258 -.031068 -.031070 -.030089 -.030089 -.029604
.430 -.032109 -.032108 -.031921 -.031919 -.030845 -.030838 -.030344
.440 -.032591 -.032591 -.032398 -.032407 -.031349 -.031333 -.030804
.450 -.032751 -.032742 -.032580 -.032584 -.031568 -.031579 -.031129
```

Solutore

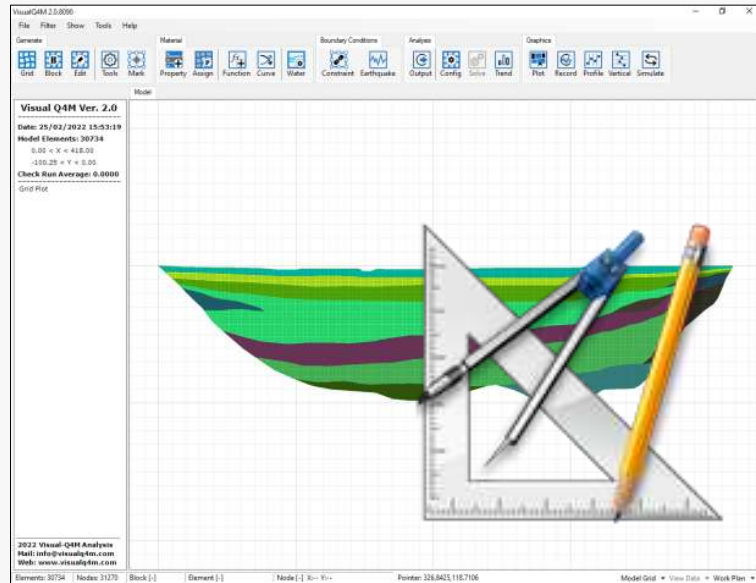
```
E:\Progetto VQ\QUAD4M\Quad4m.exe

*****
** QUAD4M A COMPUTER PROGRAM FOR EVALUATING THE **
** SEISMIC RESPONSE OF SOIL STRUCTURES **
** U.C.Davis, 1993 **
** by Martin Byrd Hudson, **
** I.M.Idriss, **
** and Mohsen Beikae **
** MODIFIED FROM QUAD4, 1973 **
** by I.M.Idriss, **
** J. Lynner, **
** R. Huang and **
** R. Bolton Seed **
*****
Enter Input File Name:
```

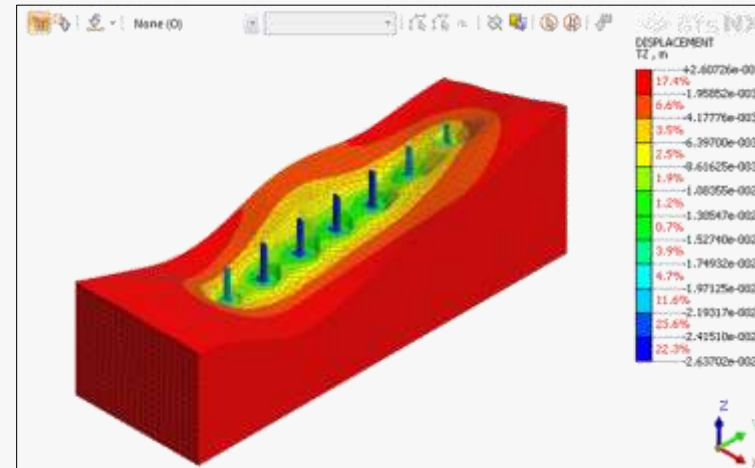
*Il solutore è
costituito da tutte
quelle equazioni
necessarie a
risolvere il
sistema dinamico*

*Tutti i software
sono
caratterizzati da
un Solutore
proprietario o di
terze parti*

Pre-Processore



Post-Processore



Il Pre-Processore ci aiuta a costruire il modello numerico da inviare al Solutore

Il Post-Processore interpreta l'output del solutore in ogni sua parte

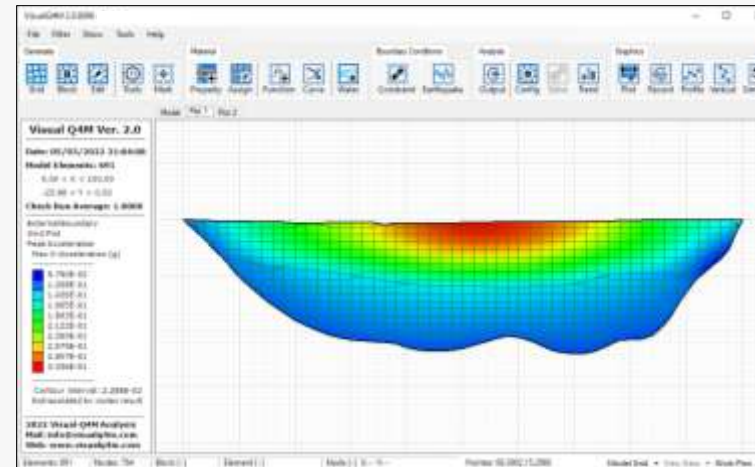
Solutore

```

E:\Progetto VQ\QUAD4M\Quad4m.exe

*****
** QUAD4M A COMPUTER PROGRAM FOR EVALUATING THE **
** SEISMIC RESPONSE OF SOIL STRUCTURES **
** U.C. Davis, 1993 **
** by Martin Byrd Hudson, **
** I.M. Idriss, **
** and Mohsen Beikae **
** MODIFIED FROM QUAD4, 1973 **
** by I.M. Idriss, **
** J. Lysmer, **
** R. Huang and **
** R. Bolton Seed **
*****

Enter Input File Name:
    
```

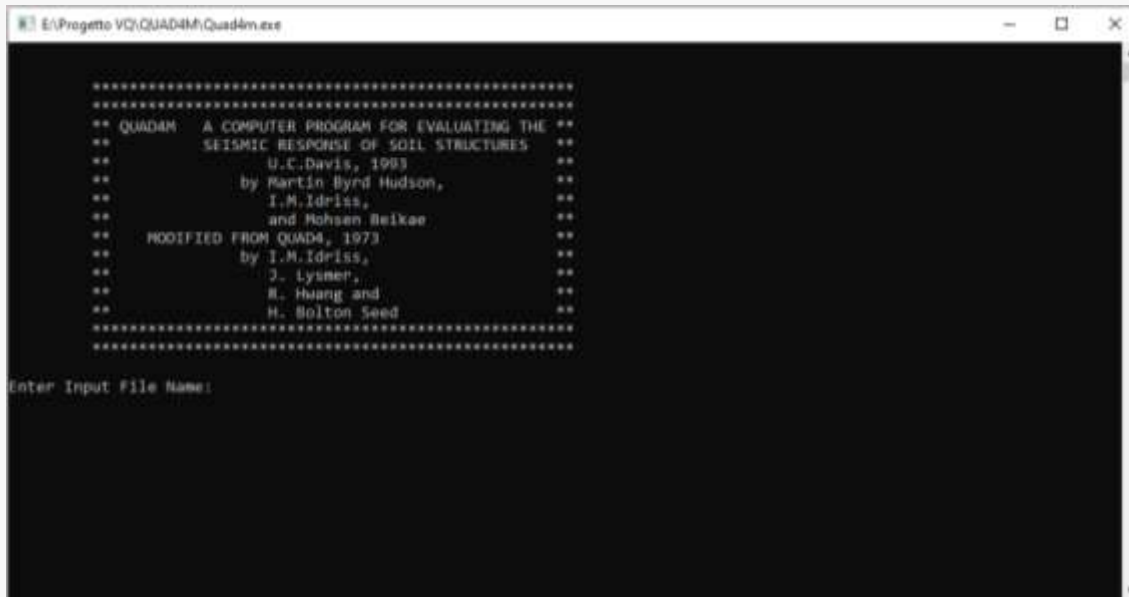


QUAD4M (Università di Berkeley in California)

Hudson, M., Idriss, I.M., Beikae, M. 1994

Idriss, I.M., Lysmer, J., Hwang, R., Seed, H. B. 1973

- Utilizza un'integrazione diretta nel dominio del tempo
- Schema di Hughes (Hughes, 1987)
- Schema a masse concentrate
- Analisi Lineari Elastiche e Analisi Lineari Equivalenti
- Confine di base viscoso



```
*****  
** QUAD4M  A COMPUTER PROGRAM FOR EVALUATING THE **  
**          SEISMIC RESPONSE OF SOIL STRUCTURES **  
**          U.C.Davis, 1993 **  
**          by Martin Byrd Hudson, **  
**          I.M.Idriss, **  
**          and Mohsen Beikae **  
** MODIFIED FROM QUAD4, 1973 **  
**          by I.M.Idriss, **  
**          J. Lysmer, **  
**          R. Huang and **  
**          H. Bolton Seed **  
*****  
Enter Input File Name:
```



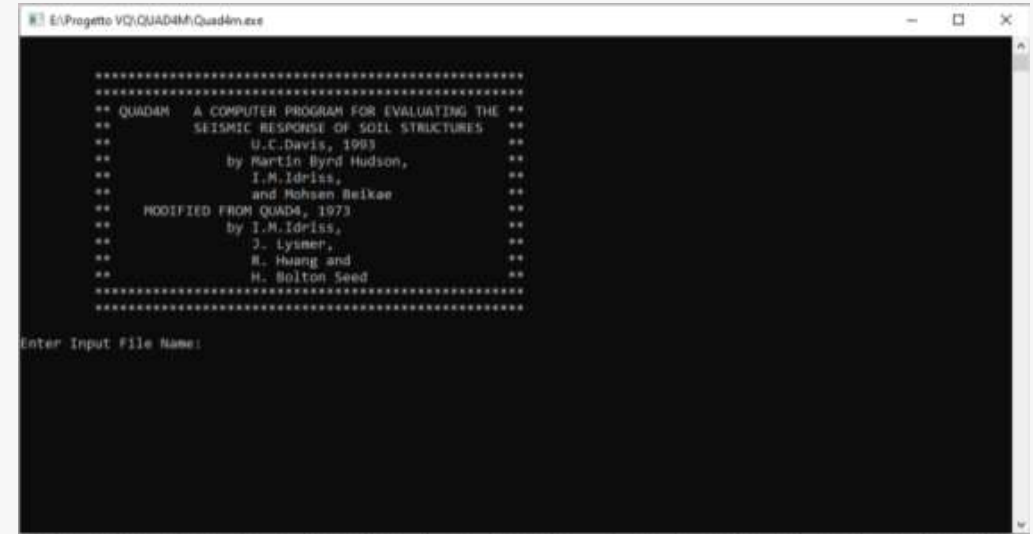
<https://nisee.berkeley.edu/elibrary/getpkg?id=QUAD4>

QUAD4M (Università di Berkeley in California)

Hudson, M., Idriss, I.M., Beikae, M. 1994

Idriss, I.M., Lysmer, J., Hwang, R., Seed, H. B. 1973

- Utilizza un'integrazione diretta nel dominio del tempo
- Schema di Hughes (Hughes, 1987)
- Schema a masse concentrate
- **Analisi Lineari Elastiche e Analisi Lineari Equivalenti**
- Confine di base viscoso



```
*****  
** QUAD4M  A COMPUTER PROGRAM FOR EVALUATING THE **  
**          SEISMIC RESPONSE OF SOIL STRUCTURES **  
**          U.C.Davis, 1983 **  
**          by Martin Byrd Hudson, **  
**          I.M.Idriss, **  
**          and Mohsen Beikae **  
** MODIFIED FROM QUAD4, 1973 **  
**          by I.M.Idriss, **  
**          J. Lysmer, **  
**          R. Hwang and **  
**          H. Bolton Seed **  
*****  
Enter Input File Name:
```

Idriss (1991) suggerisce di determinare n in funzione della magnitudo del terremoto

$$n = \frac{M - 1}{10}$$

Il comportamento non lineare del terreno è tenuto in conto mediante un procedimento lineare equivalente con un procedimento di tipo iterativo.

1. Si assegno valori iniziali di Shear Modulus (G) e Damping Ratio (D).
2. Si risolve il sistema calcolando una deformazione efficace come un'aliquota della deformazione di taglio massima (generalmente $0.55 \div 0.75$)

$$\gamma_{eff} = n * \gamma_{max}$$

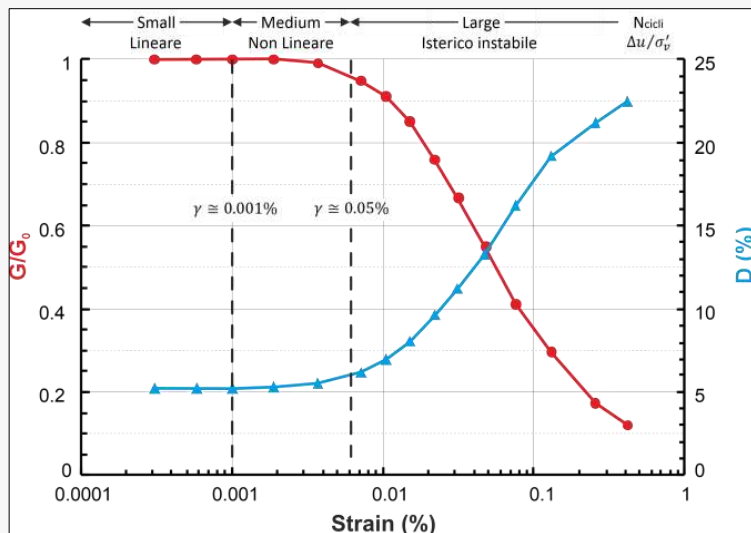
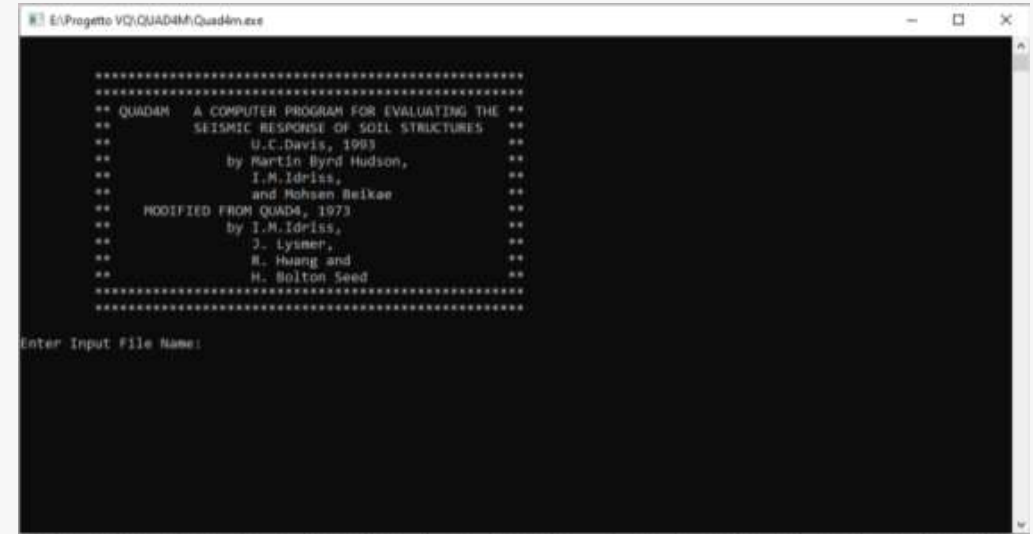


QUAD4M (Università di Berkeley in California)

Hudson, M., Idriss, I.M., Beikae, M. 1994

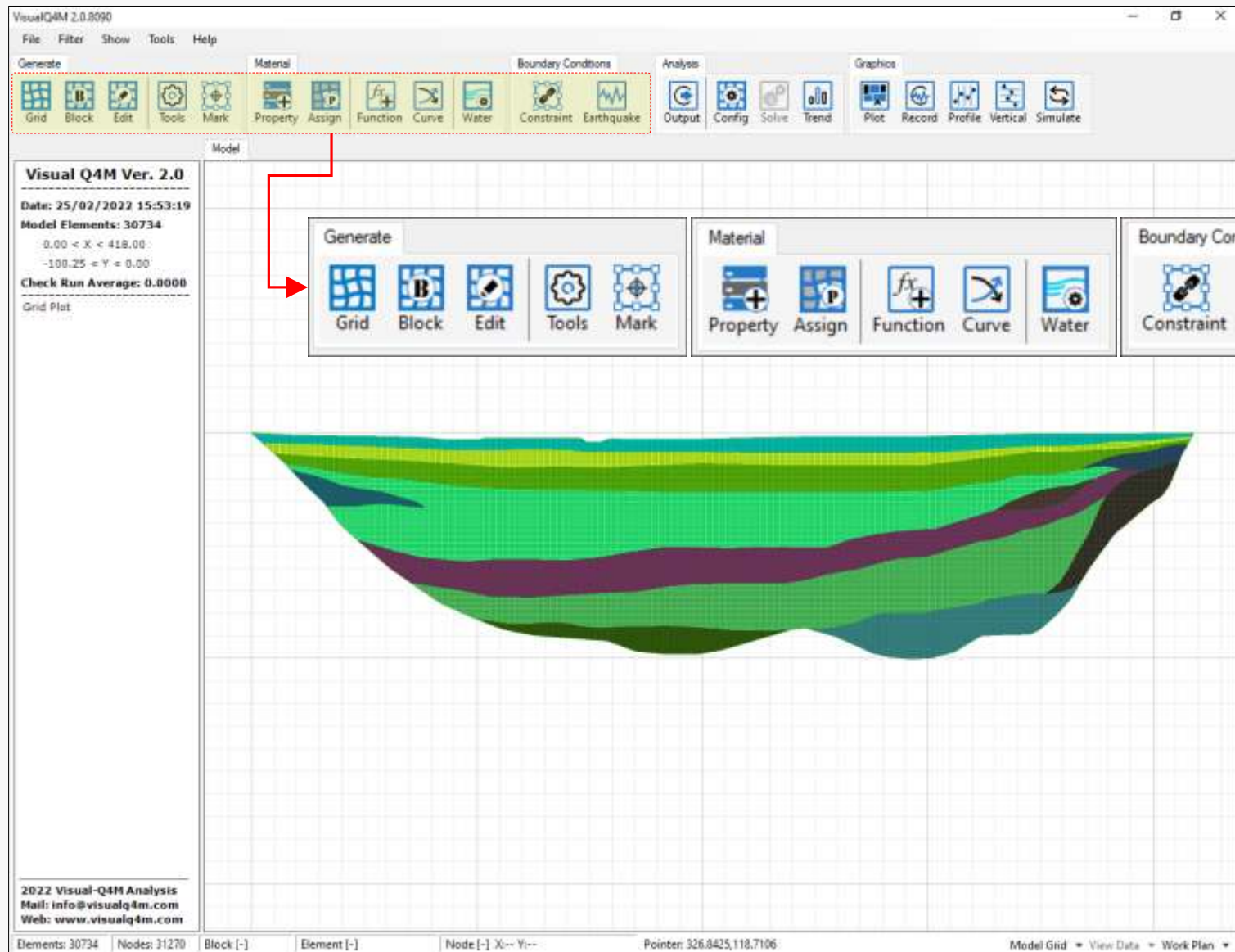
Idriss, I.M., Lysmer, J., Hwang, R., Seed, H. B. 1973

- Utilizza un'integrazione diretta nel dominio del tempo
- Schema di Hughes (Hughes, 1987)
- Schema a masse concentrate
- **Analisi Lineari Elastiche e Analisi Lineari Equivalenti**
- Confine di base viscoso



Il comportamento non lineare del terreno è tenuto in conto mediante un procedimento lineare equivalente con un procedimento di tipo iterativo:

1. Si assegno i valori iniziali di Shear Modulus (G) e Damping Ratio (D)
2. Si risolve il sistema calcolando una deformazione efficace come un'aliquota della deformazione di taglio massima (generalmente $0.55 \div 0.75$)
3. Si utilizzano le curve di variazione calcolando per ogni elemento il nuovo valore di $G(\gamma_{eq})$ e $D(\gamma_{eq})$
4. Si ripete in modo iterativo il procedimento fino a quando la differenza tra i valori della deformata di taglio attuali e quelli della precedente iterazione risultano inferiori ad un determinato valore



VisualQ4M

Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

Pre-Processore

Il Pre-Processore ci aiuta a costruire il modello numerico da inviare al Solutore

Ricostruzione del modello numerico il più possibile aderente alle condizioni geologiche del sito da analizzare

Visual Q4M Ver. 2.0
Date: 25/02/2022 15:53:19
Model Elements: 30734
0.00 < X < 418.00
-100.25 < Y < 0.00
Check Run Average: 0.0000
Grid Plot

ID	Run	Sub	Current Step	First (Hz)	Time	Progress	Check Run
1	5	12	Run 1/7	9.293	6.7500	11%	1.00000
2	7	10	Run 1/5	9.293	17.3600	7%	1.00000
3	3	34	Run 1/4	9.293	6.5300	3%	1.00000

Actions: ☐ AutoRun ☐ Extract Results ☐ Save Project

Solve: Linear Elastic
Extract Abort Run

2022 Visual-Q4M Analysis
Mail: info@visualq4m.com
Web: www.visualq4m.com

Elements: 30734 Nodes: 31270 Block [-] Element [-] Node [-] Xi-- Yi-- Pointer: 326.8425, 118.7106 Model Grid View Data Work Plan



VisualQ4M

Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

Solutore

QUAD4M (Università di Berkeley in California)
Hudson, M., Idriss, I.M., Beikae, M. 1994
Idriss, I.M., Lysmer, J., Hwang, R., Seed, H. B. 1973

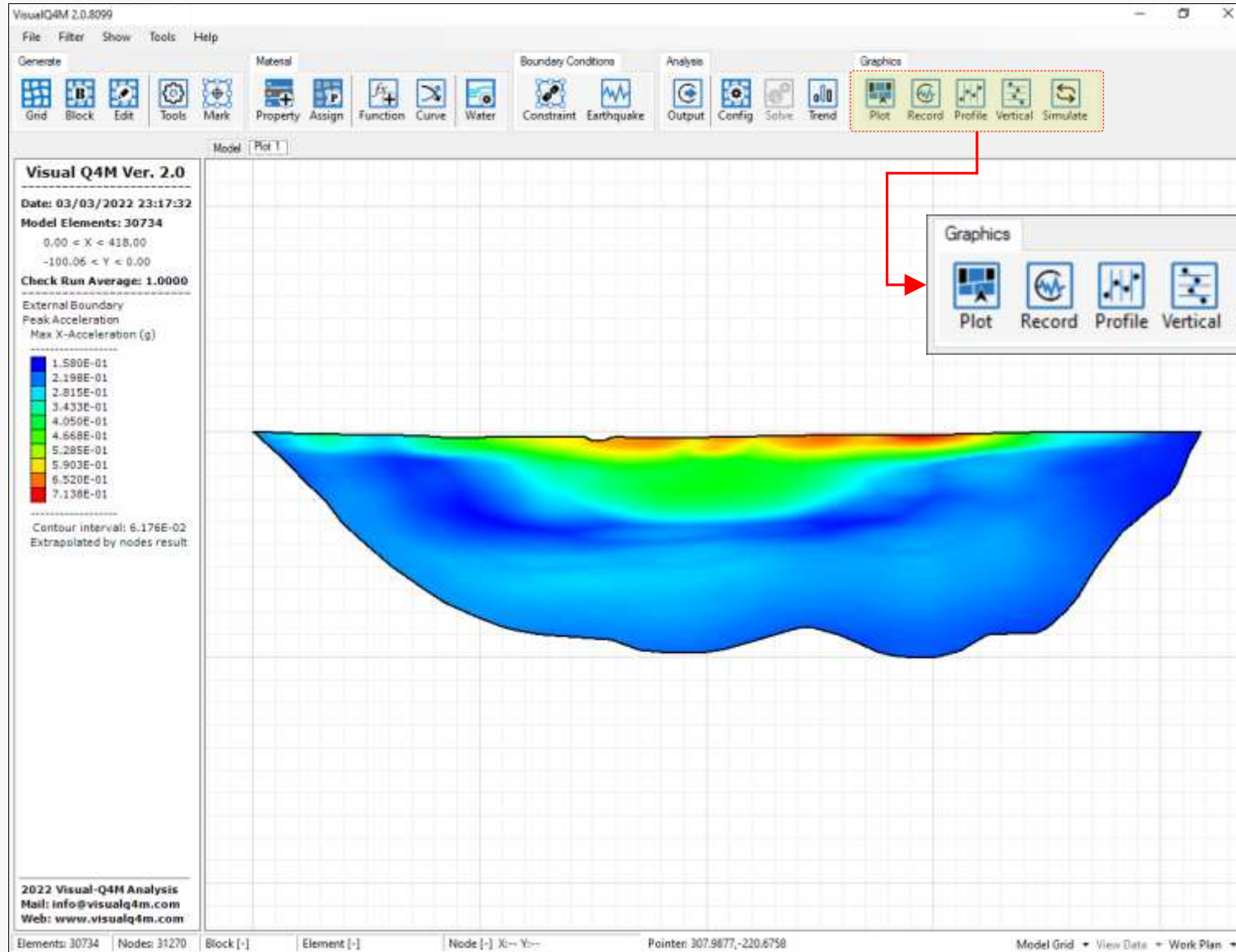
SOUT AOUT KOUT
0 1 0
ACCELERATION OUTPUT FORMAT (M or C), FILE PRE
COMBINED
ldst
ACC
SYSTEM STATE OUTPUT FILE
ldst.Q4R

N	NP1	NP2	NP3	NP4	TYPE	DENS
1	59	60	61	62	4	20000.0 0.
2	62	61	57	58	4	20000.0 0.

FILE RUN: ldst.txt
Acceleration Histories (g's)
Time-sec Node 1X Node 2X Node 3X N

Time-sec	Node 1X	Node 2X	Node 3X	N
.010	-.000067	-.000067	-.000082	
.020	-.000022	-.000022	-.000045	
.030	-.000040	-.000040	-.000041	
.040	-.000057	-.000057	-.000057	
.050	-.000073	-.000073	-.000072	
.060	-.000087	-.000087	-.000086	

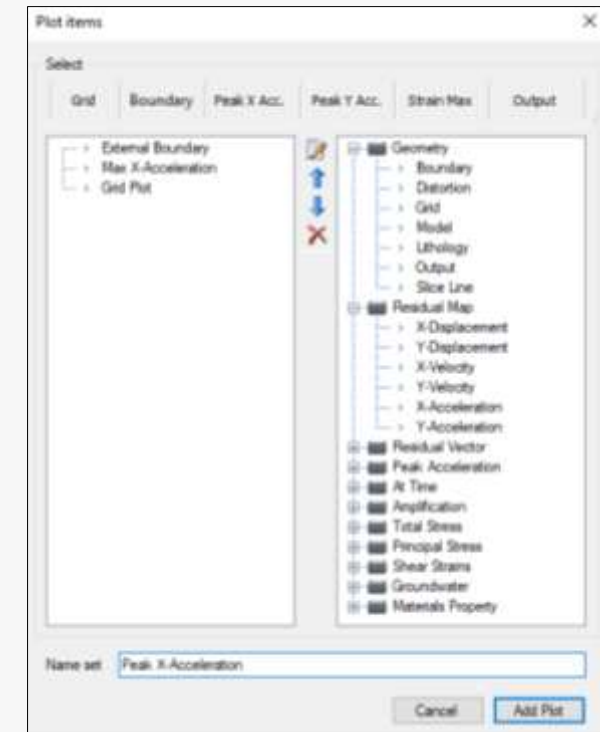
VisualQ4M

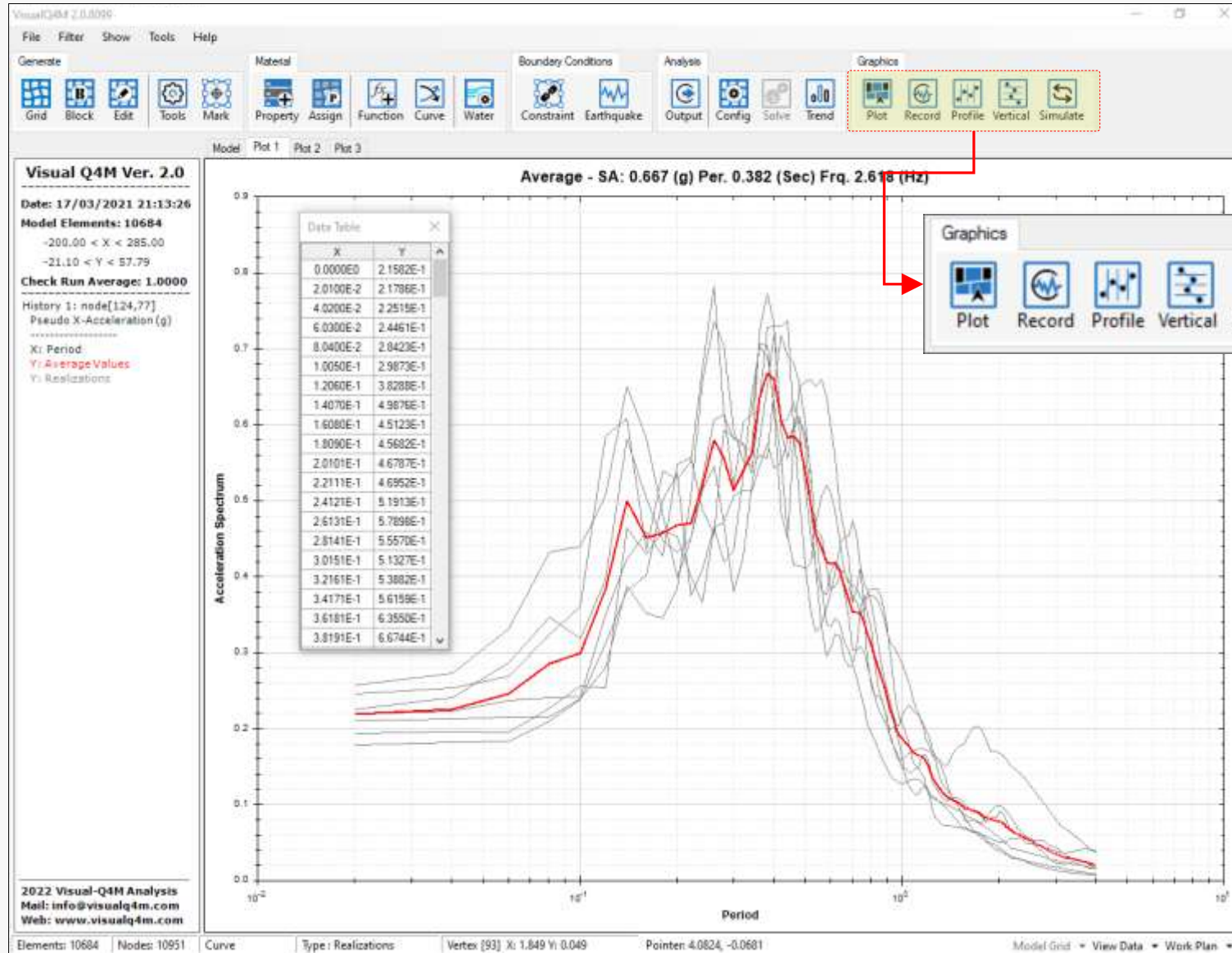


VisualQ4M

Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

Post-Processore

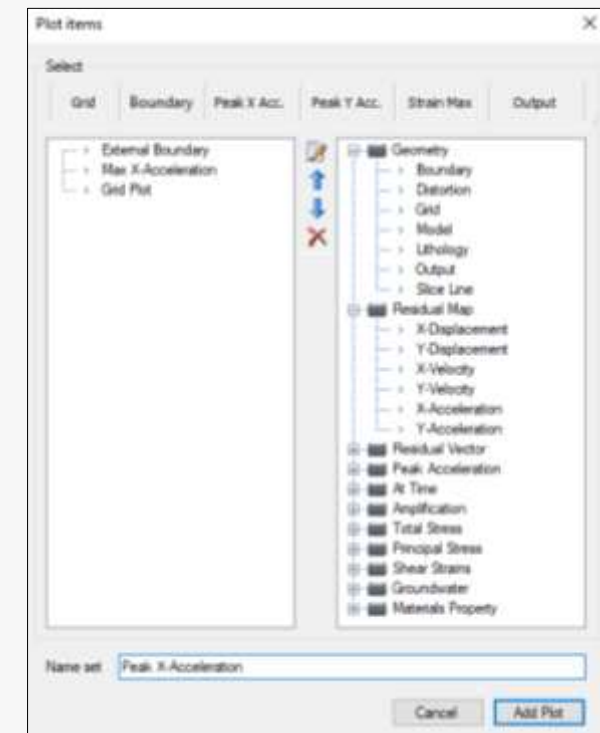




VisualQ4M

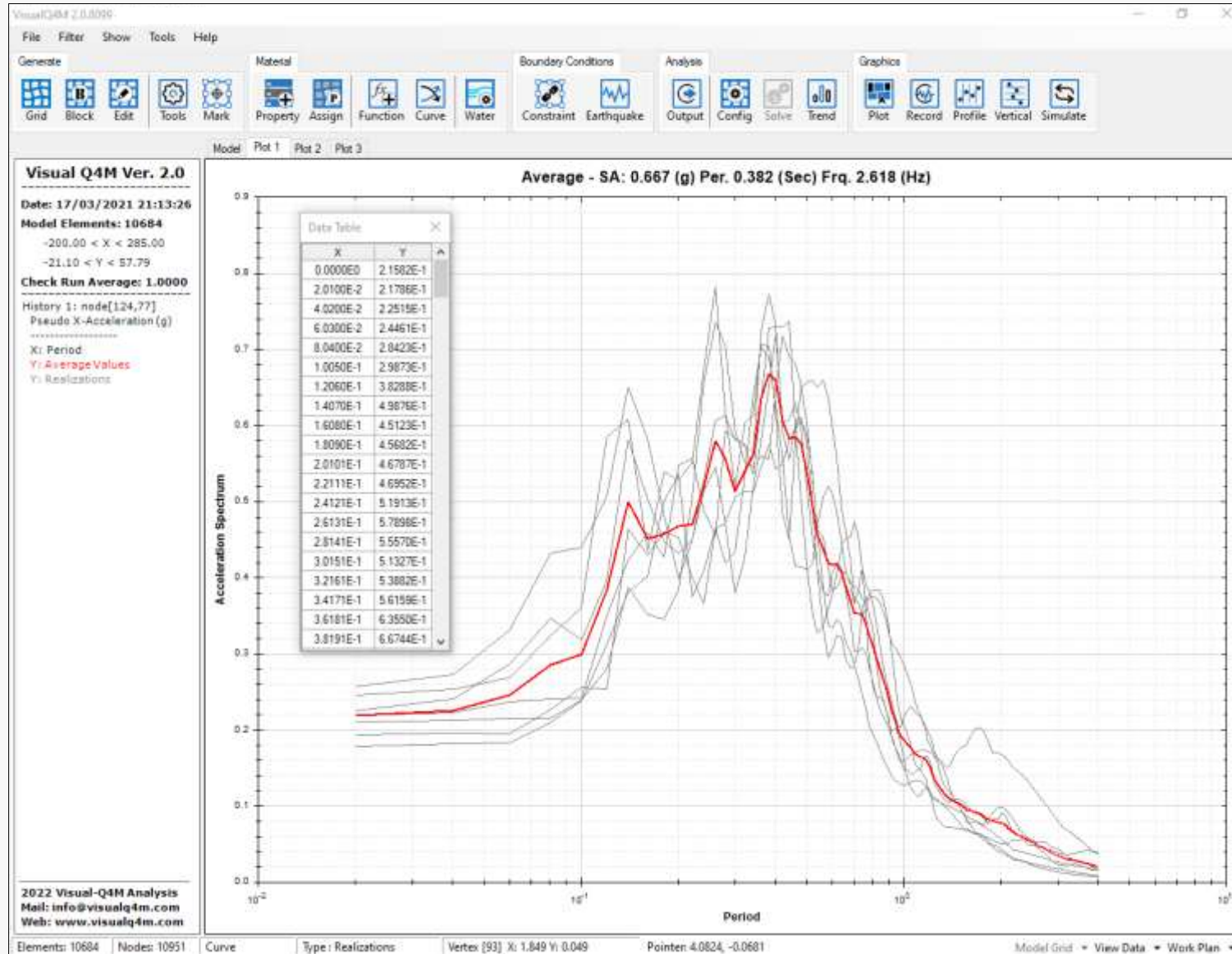
Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

Post-Processore



ROMA

17 MARZO 2022



VisualQ4M

Pre and Post Processor 2D to evaluating the seismic response of soil structures, for problems in analysis of continua.

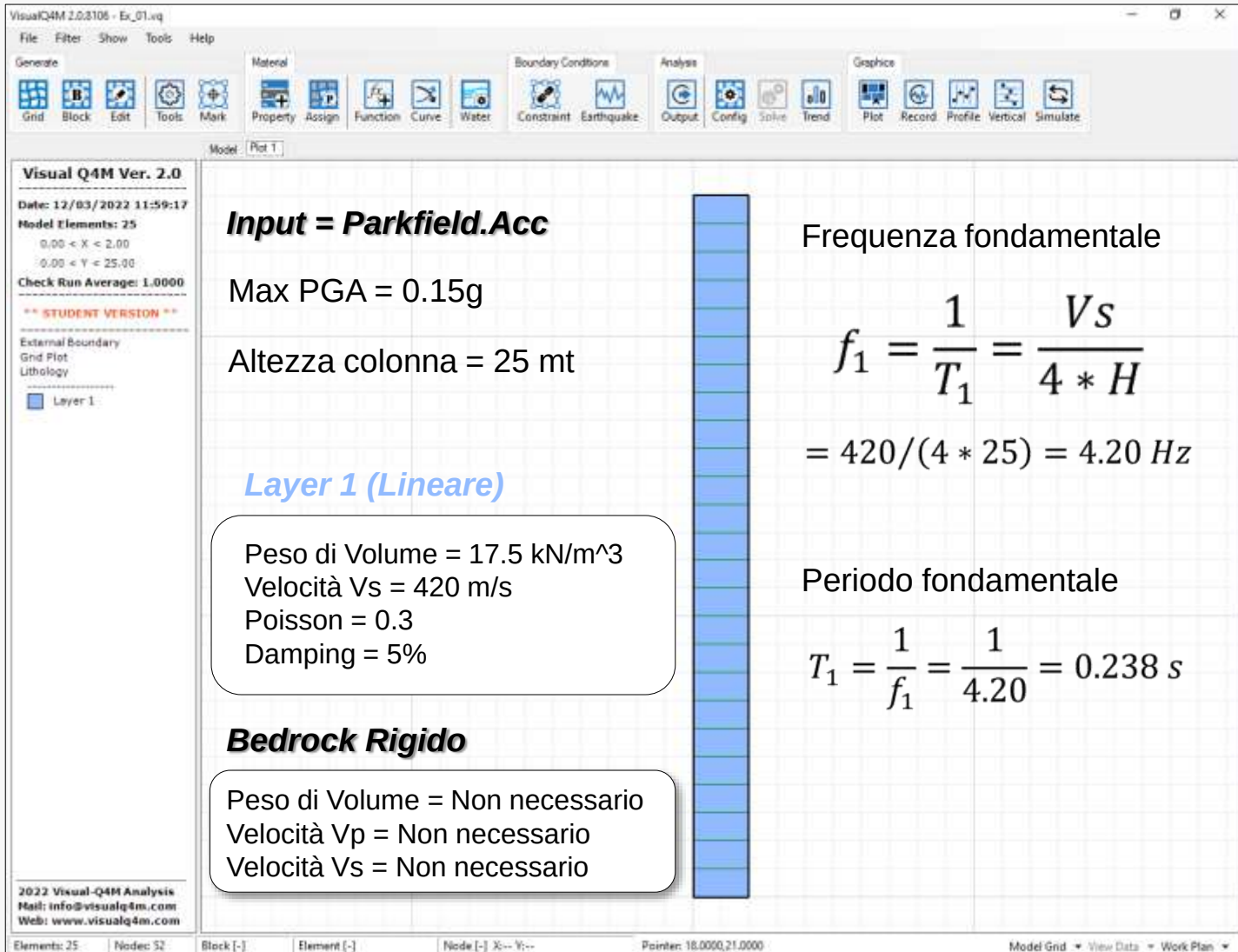
Input geometrico

- DXF File
- Ascii File

Output

- DXF File
- Ascii File
- Image File:
 - *.jpeg (Bitmap JPEG);
 - *.tiff (TIFF Bitmap);
 - *.gif (Bitmap CompuServe);
 - *.png (Portable Network Graphics);

RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D (EX_01)



Visual Q4M Ver. 2.0
Date: 12/03/2022 11:59:17
Model Elements: 25
0.00 < X < 2.00
0.00 < Y < 25.00
Check Run Average: 1.0000
** STUDENT VERSION **
External Boundary
Grid Plot
Lithology
Layer 1

Input = Parkfield.Acc

Max PGA = 0.15g

Altezza colonna = 25 mt

Layer 1 (Lineare)

Peso di Volume = 17.5 kN/m³
Velocità Vs = 420 m/s
Poisson = 0.3
Damping = 5%

Bedrock Rigido

Peso di Volume = Non necessario
Velocità Vp = Non necessario
Velocità Vs = Non necessario

Frequenza fondamentale

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{V_s}{4 * H}$$

$$= 420 / (4 * 25) = 4.20 \text{ Hz}$$

Periodo fondamentale

$$T_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{4.20} = 0.238 \text{ s}$$

La dimensione della discretizzazione spaziale è direttamente correlata all'accuratezza dello schema numerico

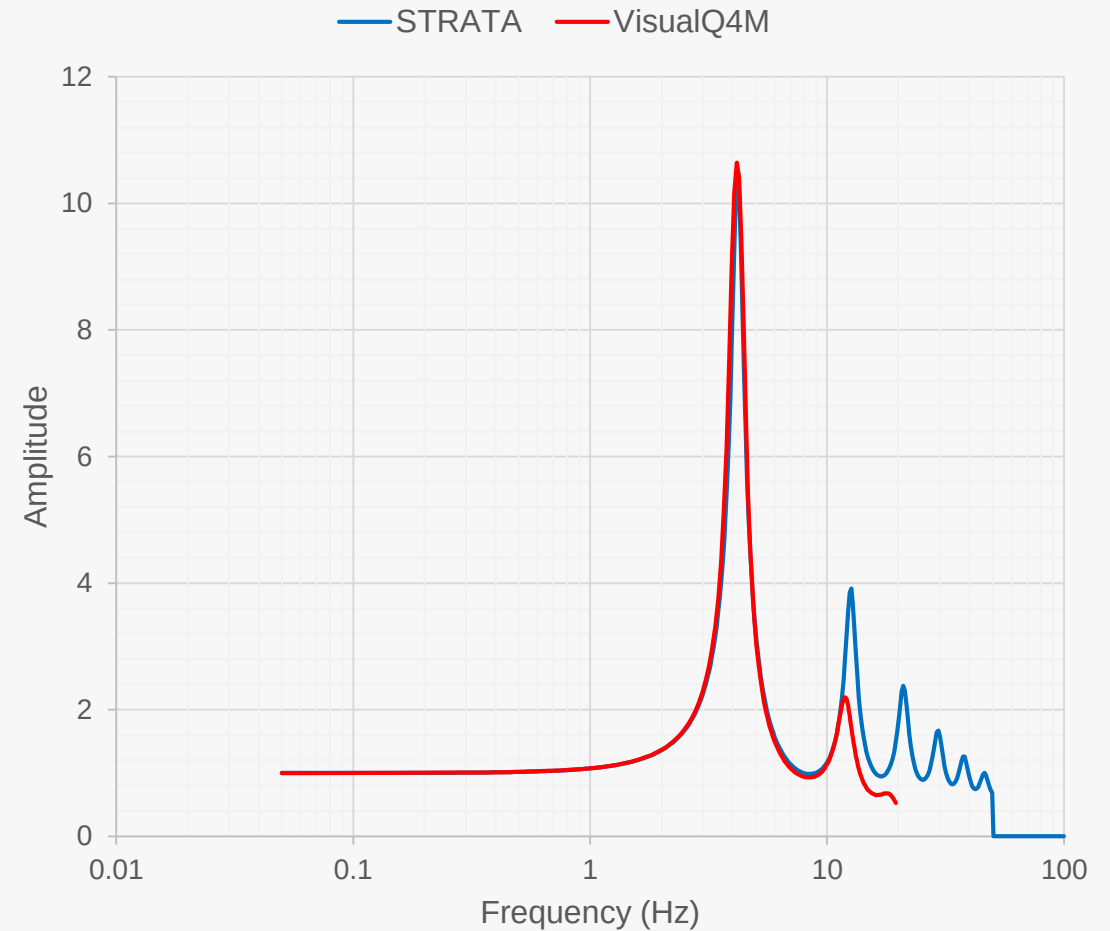
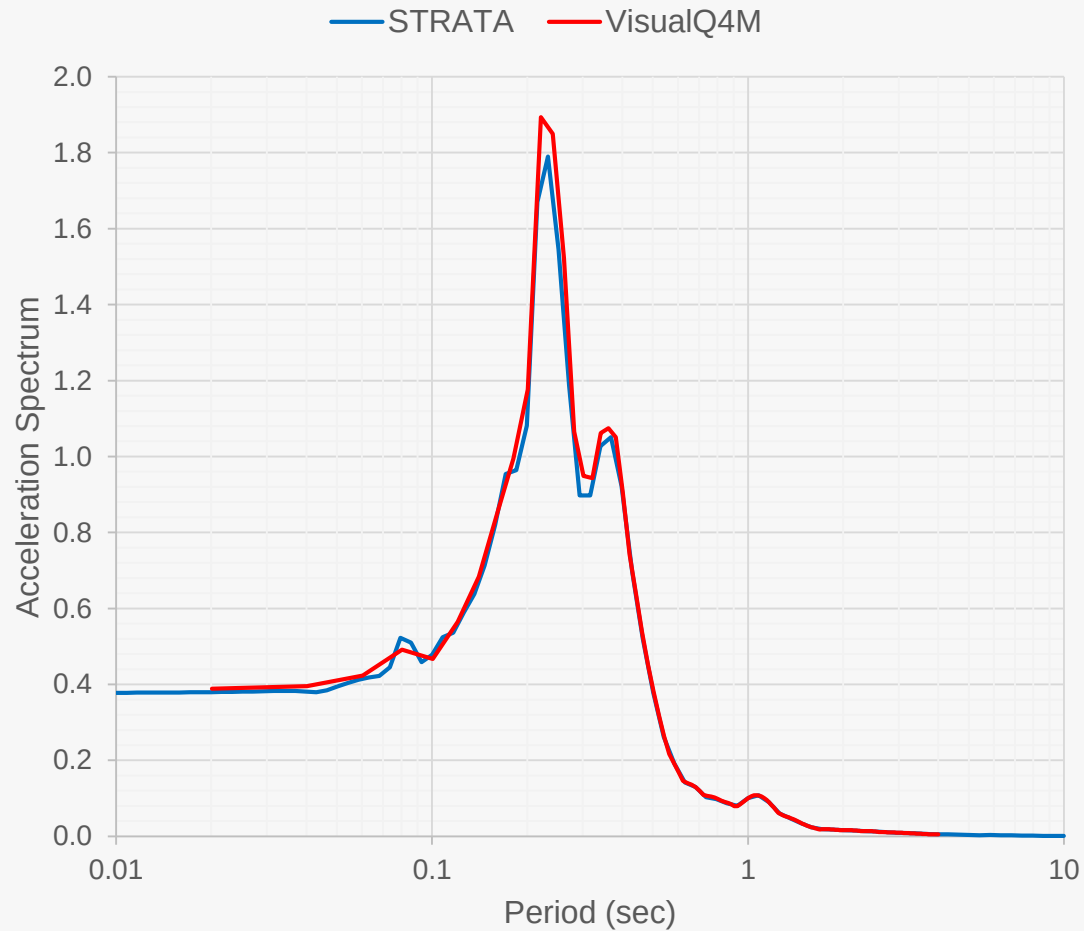
$$\lambda_{min} = \frac{V_s}{f_{max}} \quad h_{max} \leq \frac{\lambda_{min}}{10}$$

$$f_{max} = 20 \div 25 \text{ Hz}$$

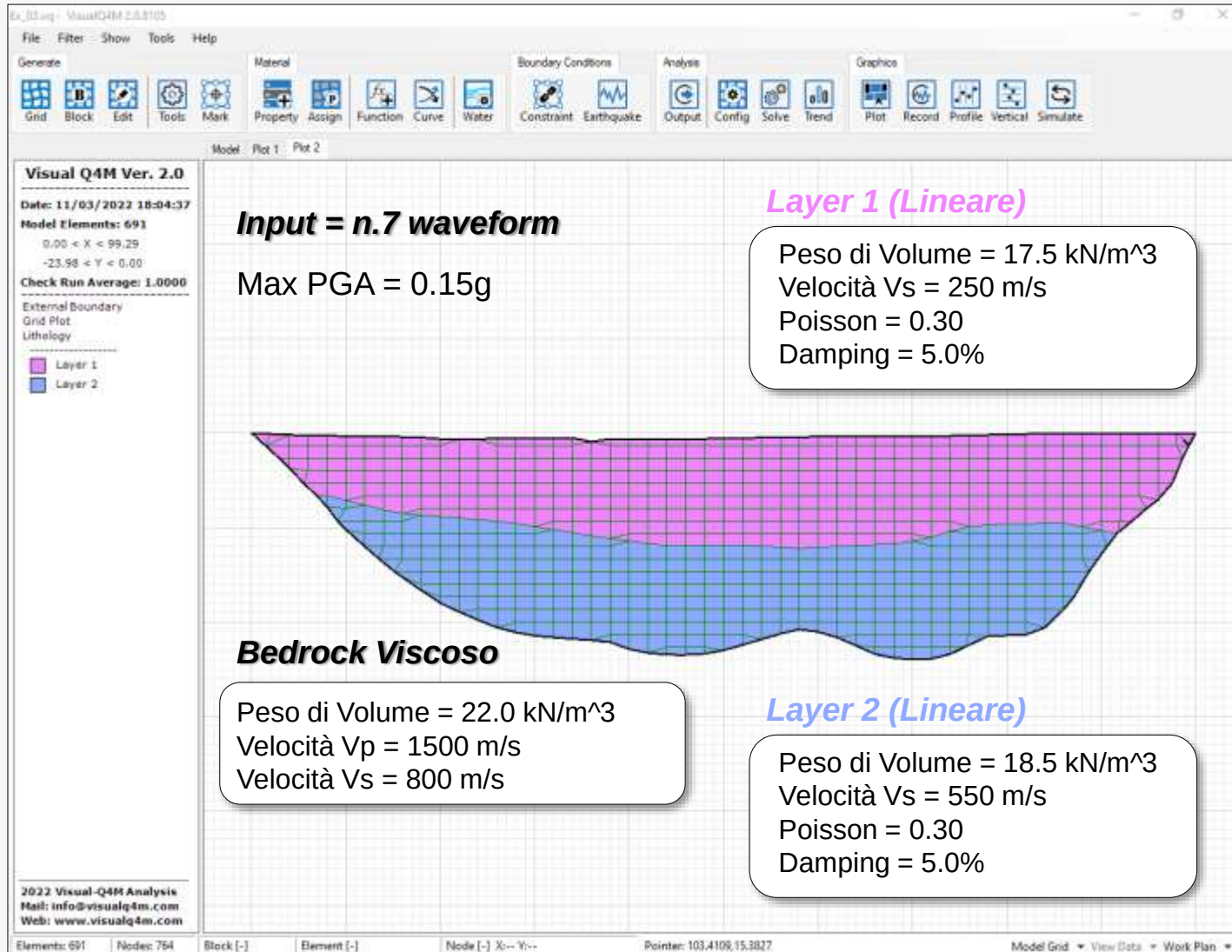
$$\lambda_{min} = \frac{420}{20 \text{ Hz}} \quad h_{max} \leq \frac{21}{10}$$

$$h_{max} \leq 2.1$$

RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D (EX_01)



RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D (EX_02)



La dimensione della discretizzazione spaziale è direttamente correlata all'accuratezza dello schema numerico

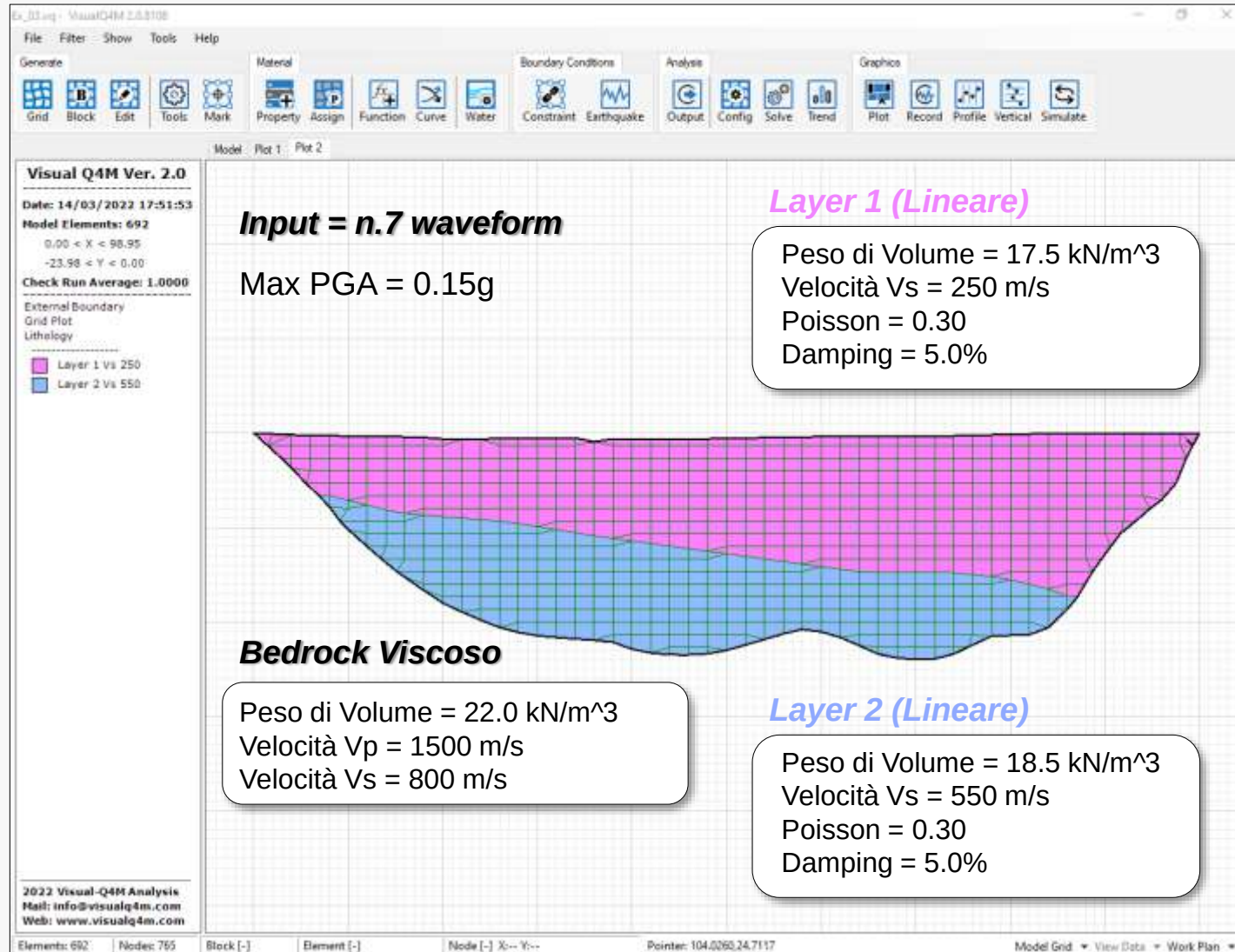
$$\lambda_{min} = \frac{V_s}{f_{max}} \quad h_{max} \leq \frac{\lambda_{min}}{10}$$

$$f_{max} = 20 \div 25 \text{ Hz}$$

$$\lambda_{min} = \frac{250}{20 \text{ Hz}} \quad h_{max} \leq \frac{12.5}{10}$$

$$h_{max} \leq 1.25$$

RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D (EX_03)



La dimensione della discretizzazione spaziale è direttamente correlata all'accuratezza dello schema numerico

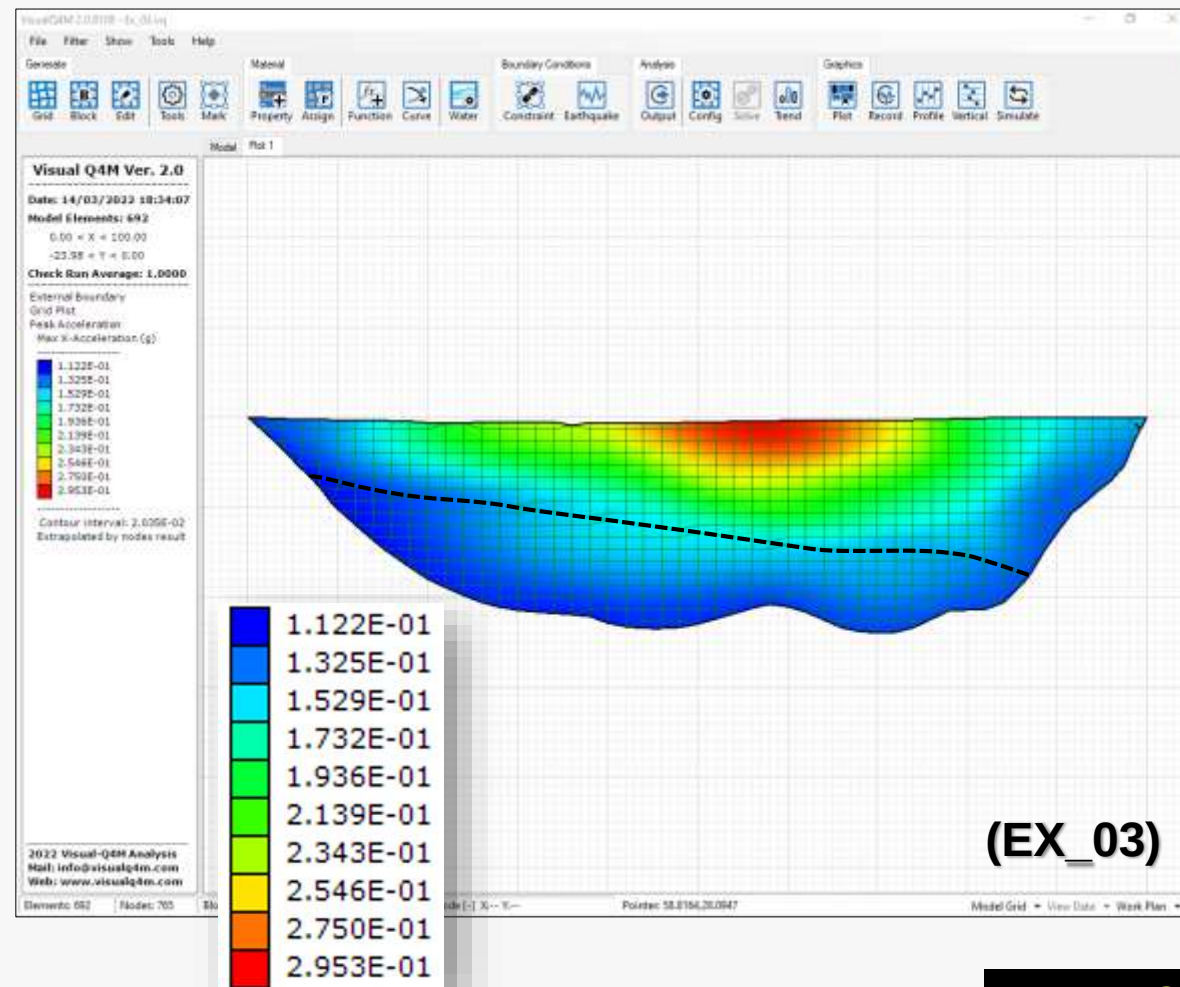
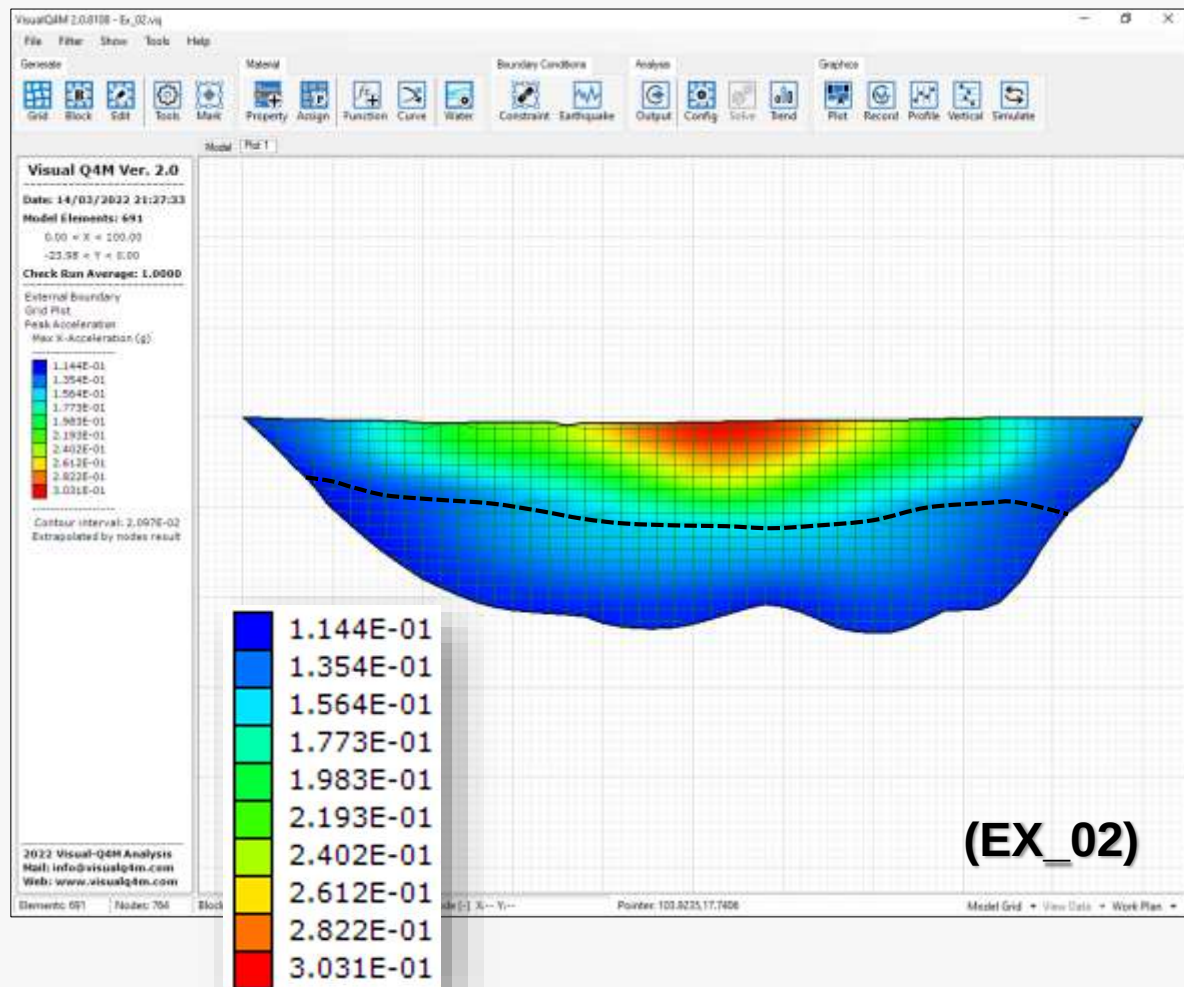
$$\lambda_{min} = \frac{V_s}{f_{max}} \quad h_{max} \leq \frac{\lambda_{min}}{10}$$

$$f_{max} = 20 \div 25 \text{ Hz}$$

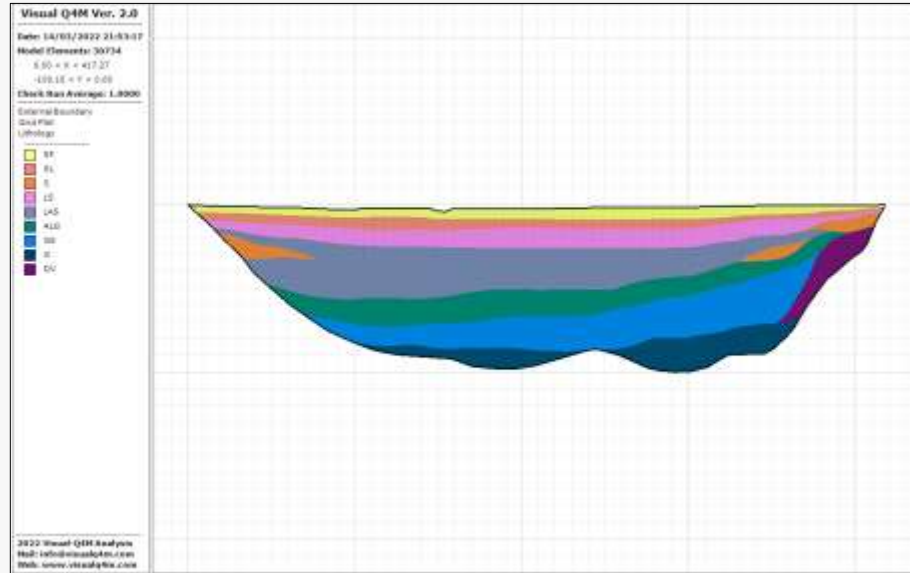
$$\lambda_{min} = \frac{250}{20 \text{ Hz}} \quad h_{max} \leq \frac{12.5}{10}$$

$$h_{max} \leq 1.25$$

RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D



RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D



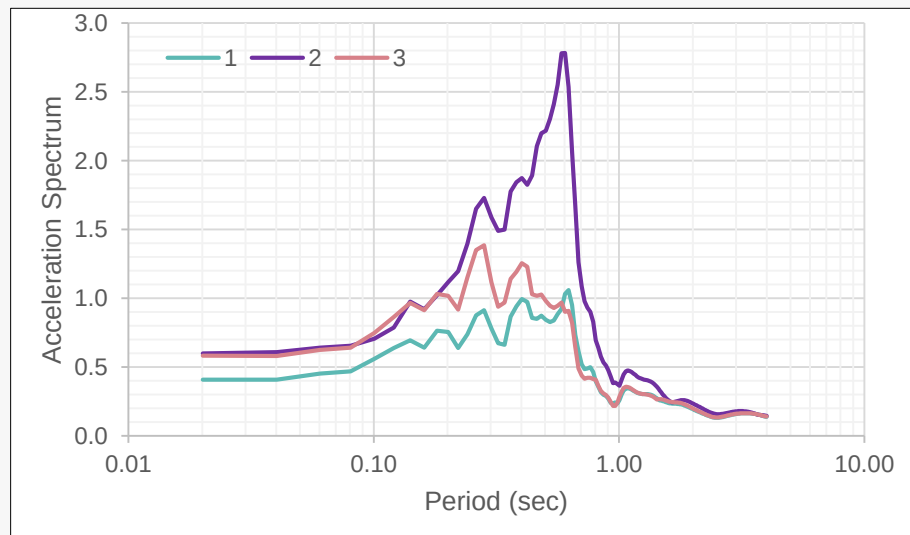
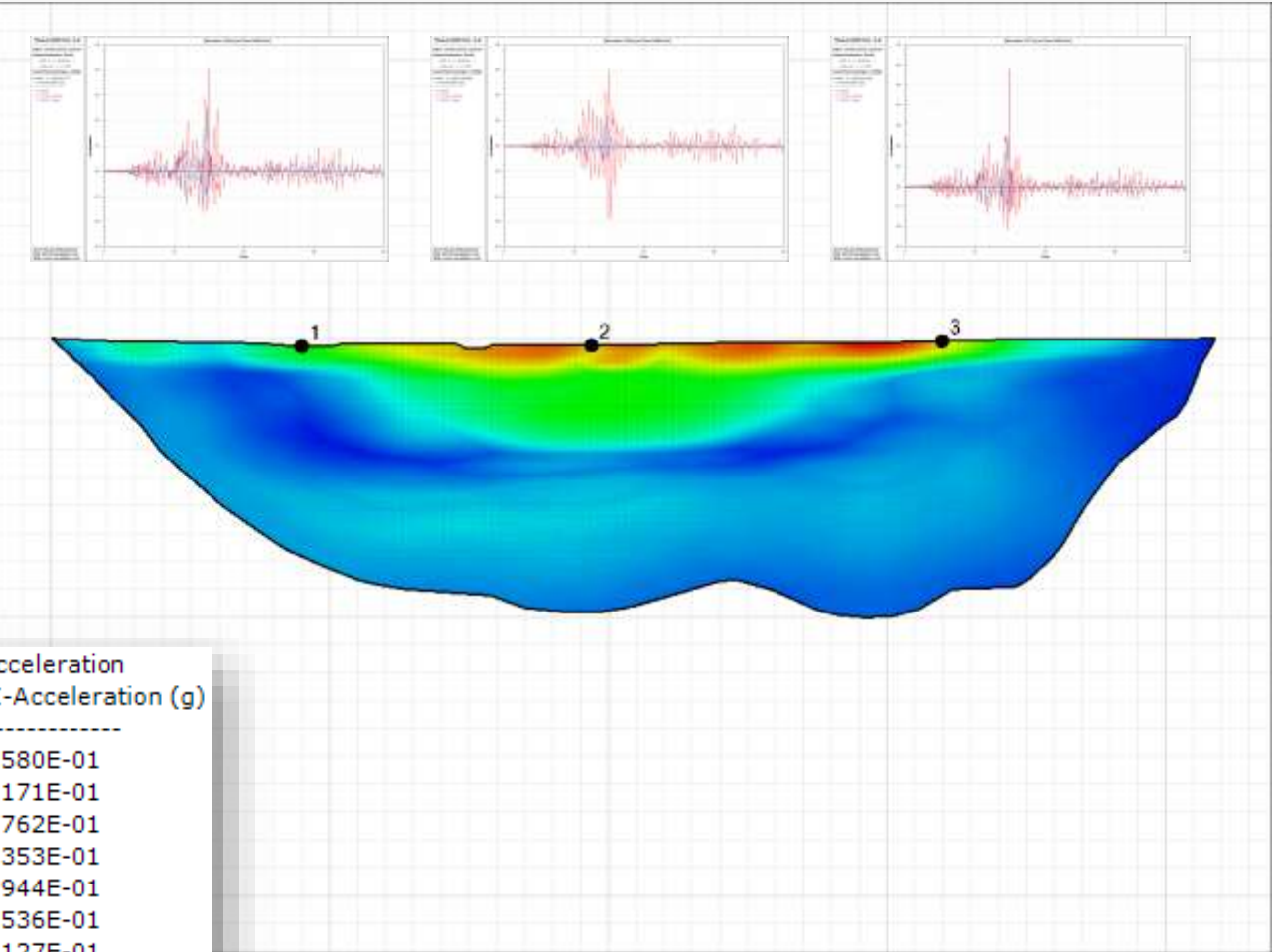
Visual Q4M Ver. 2.0
Date: 14/03/2022 21:53:17
Model Elements: 30734
0.00 < X < 418.00
-100.14 < Y < 0.00
Check Run Average: 1.0000

Output Nodes
External Boundary
Grid Plot

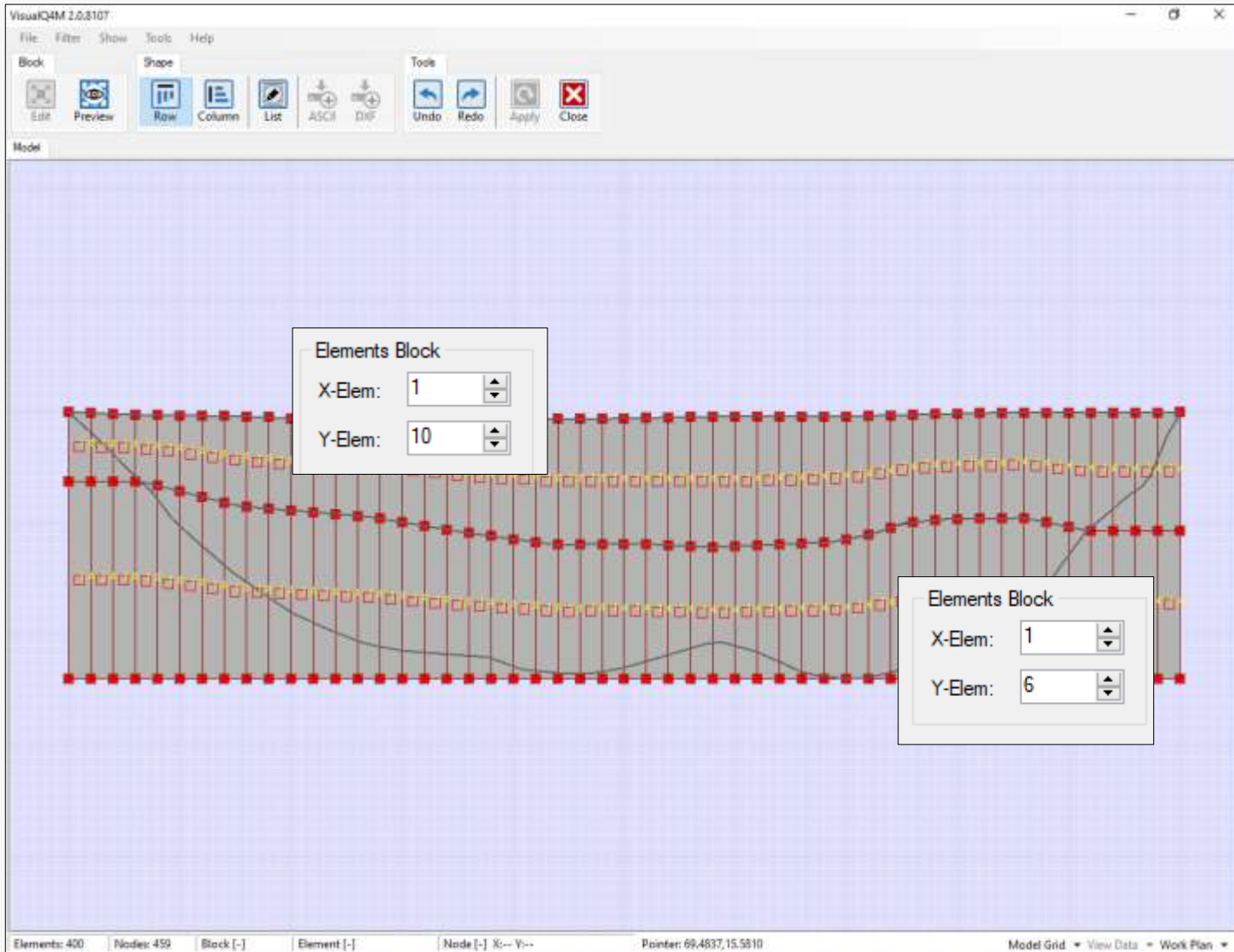
Peak Acceleration
Max X-Acceleration (g)

1.580E-01
2.171E-01
2.762E-01
3.353E-01
3.944E-01
4.536E-01
5.127E-01
5.718E-01
6.309E-01
6.900E-01

Contour interval: 5.911E-02
Extrapolated by nodes result.



RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D (EX_04)



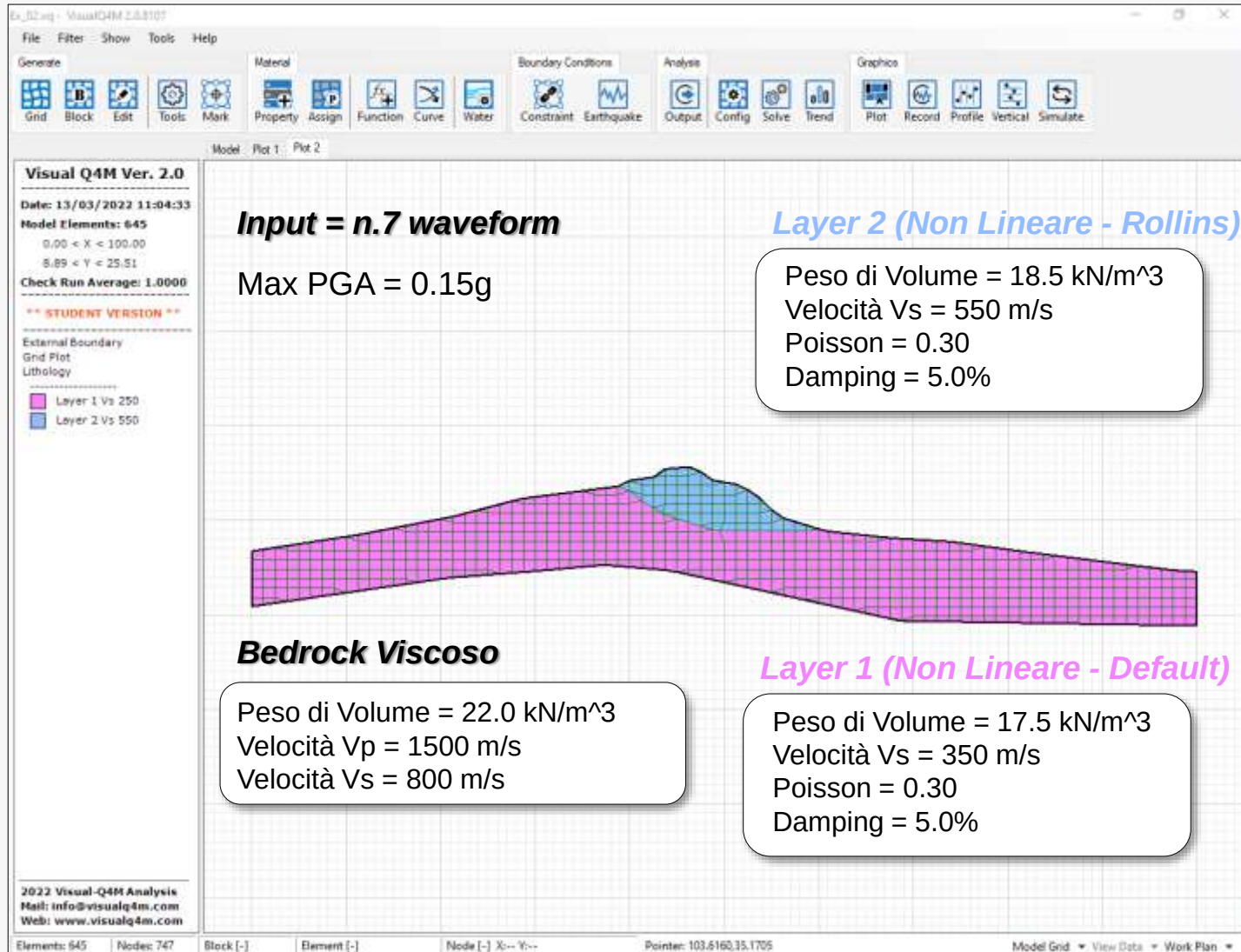
Layer 1 ($V_s = 250$)

$$h_{max} \leq \frac{\lambda_{min}}{10} \quad (\text{max } 1.25 \text{ mt})$$

Layer 2 ($V_s = 550$)

$$h_{max} \leq \frac{\lambda_{min}}{10} \quad (\text{max } 2.75 \text{ mt})$$

RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D (EX_05)



La dimensione della discretizzazione spaziale è direttamente correlata all'accuratezza dello schema numerico

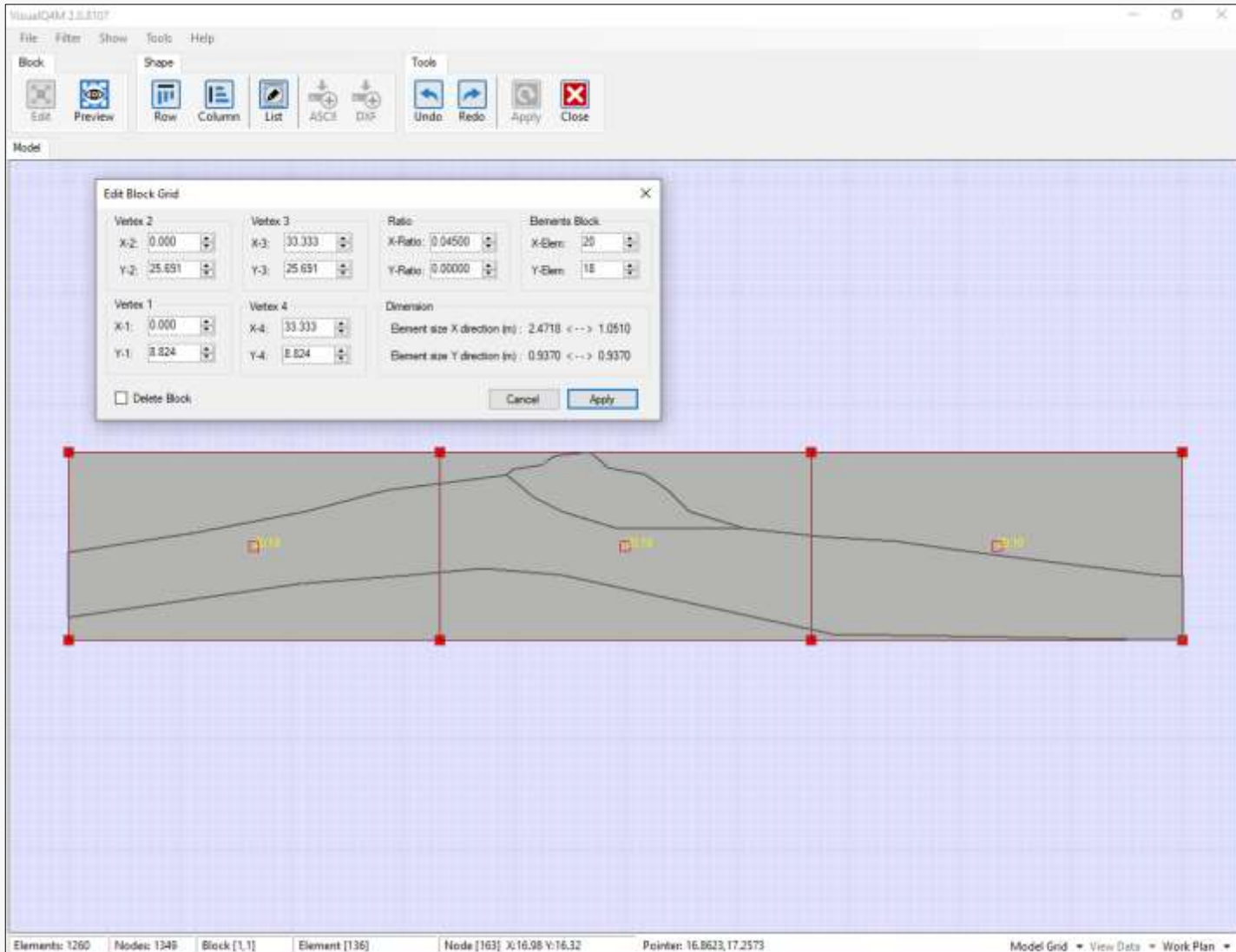
$$\lambda_{min} = \frac{V_s}{f_{max}} \quad h_{max} \leq \frac{\lambda_{min}}{10}$$

$$f_{max} = 20 \div 25 \text{ Hz}$$

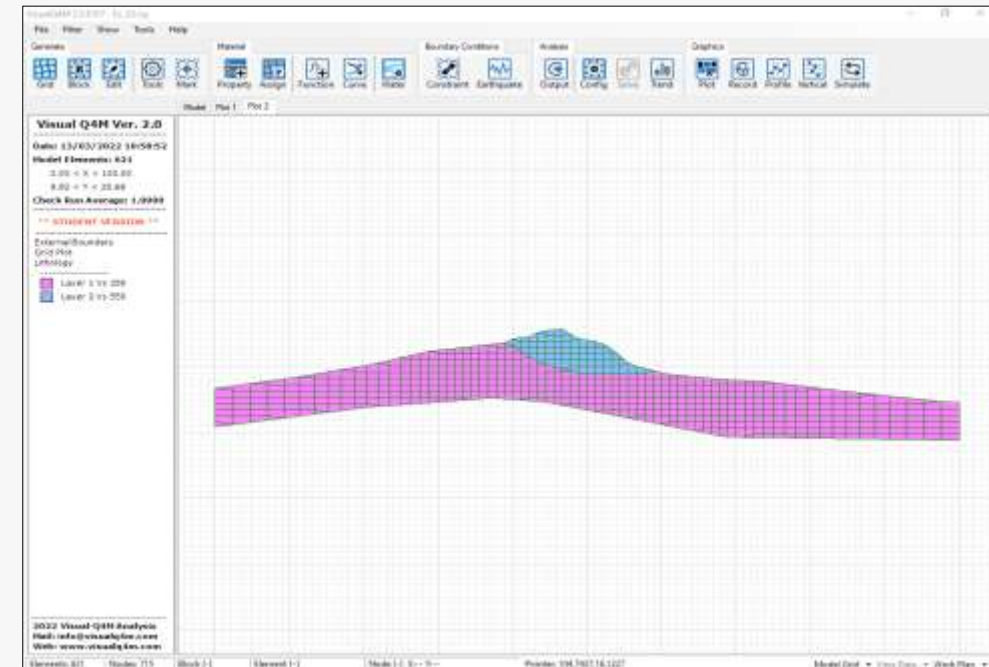
$$\lambda_{min} = \frac{350}{20 \text{ Hz}} \quad h_{max} \leq \frac{17.5}{10}$$

$$h_{max} \leq 1.75$$

RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D (EX_06)



Griglia a blocchi



GRAZIE **PER** L'ATTENZIONE

Massimo Mangifesta Ph.D

✉ mmangifesta@gmail.com – mmangifesta@unich.it

🔗 www.massimomangifesta.it

🔗 www.visualq4m.com