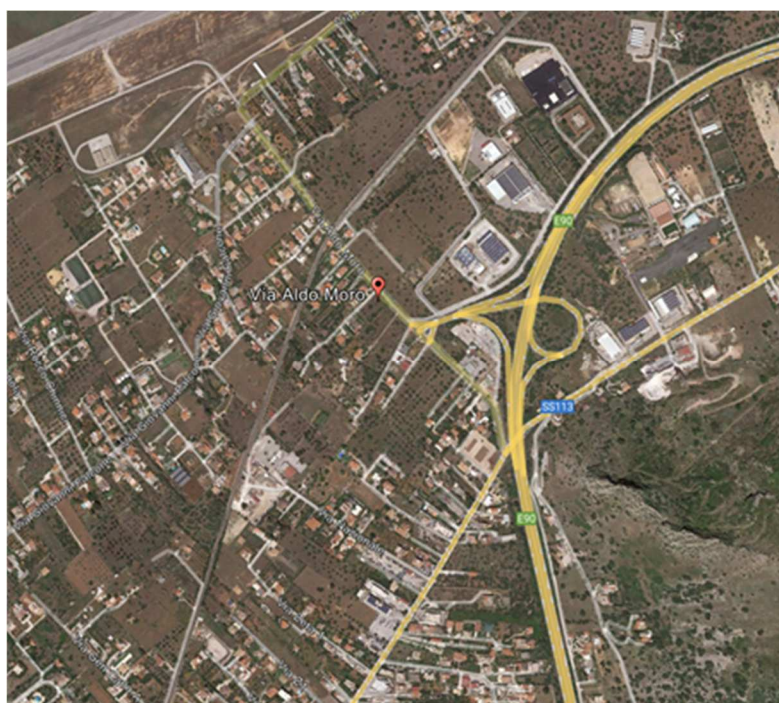


# COMUNE DI CINISI

## VARIANTE URBANISTICA LOTTO DI TERRENO IN FREGIO ALLA VIA ALDO MORO DA “AREE PER ATTREZZATURE E SERVIZI DI INTERESSE GENERALE” - “AREE DI AMMASSAMENTO PER L’EMERGENZA” A “ZONA E1 – PARTI DEL TERRITORIO DESTINATE AD USI AGRICOLI”

FOGLIO DI MAPPA N. 3

PARTICELLA N. 771-775



### RELAZIONE COMPATIBILITA' GEOMORFOLOGICA RELAZIONE COMPATIBILITA' IDRAULICA ex. art. 13 L. 02/02/1974 n. 64 – art. 89 D.P.R. 06/06/2001 n. 380

**La Committenza:**

LO CIRCO SALVATORE  
MUNACO PAOLINA

**Il Geologo**  
Dott. Geol. Francesco Zerilli

## **1. Premessa**

Lo Scrivente, Geol. Zerilli dott. Francesco è stato incaricato per la stesura di una relazione di verifica di compatibilità geomorfologica cui si aggiunge una verifica di compatibilità idraulica ai sensi ex. art. 13 L. 02/02/1974 n. 64 – art. 89 D.P.R. 06/06/2001 n. 380 a supporto di una richiesta di variante urbanistica sulla vocazione attuale di un fondo sito nel comune di Cinisi con accesso dalla via Aldo Moro.

L'area in studio ricade catastalmente alle particelle n. 771 e 775 per una superficie rispettivamente di mq 64 e mq 1966 del foglio di mappa n. 3 del comune di Cinisi per una superficie complessiva di 2.030 mq.

Committenti della relazione di seguito sono i signori Lo Chirco Salvatore nato a Cinisi il 01/12/1977 e Munaco Paolina nata a Cinisi il 08/11/1927 nella qualità di comproprietari del lotto di terreno per 1/2 ciascuno.

Attualmente la vocazione del lotto secondo il PRG vigente è di *“Aree per attrezzature e servizi di interesse generale”* ed in particolare *“Aree di ammassamento per l'emergenza”*. Oggi si chiede il declassamento dell'area dall'attuale vocazione a *“Zona E1 – Parti del territorio destinate ad usi agricoli”*.

In proposito, il piano di studio si è quindi articolato come segue :

- ricostruzione dell'inquadramento geomorfologico di dettaglio, con particolare attenzione ai rapporti intercorrenti tra i lineamenti morfologici e le litologie, in funzione di eventuali fenomeni di dissesto generabili sia per cause naturali che indotti per l'antropizzazione;
- esecuzione di rilevamento geolitologico, estendendolo anche alle aree perimetrali rispetto al sito, per raccogliere tutte le informazioni necessarie

per la redazione della carta geolitologica di scala adeguata che evidenzi oltre alle caratteristiche litologiche anche i rapporti di giacitura, gli spessori ed i lineamenti tettonici;

– esecuzione di uno studio del quadro idrogeologico locale e dell'area attigua, delineando gli aspetti essenziali della circolazione idrica superficiale e sotterranea in relazione allo smaltimento delle acque dilavanti, alla presenza di pozzi e sorgenti ed alla protezione delle falde idriche;

– approfondimenti sulla compatibilità delle scelte urbanistiche relative agli insediamenti abitativi, produttivi e di servizio in relazione alle condizioni morfologiche rilevate;

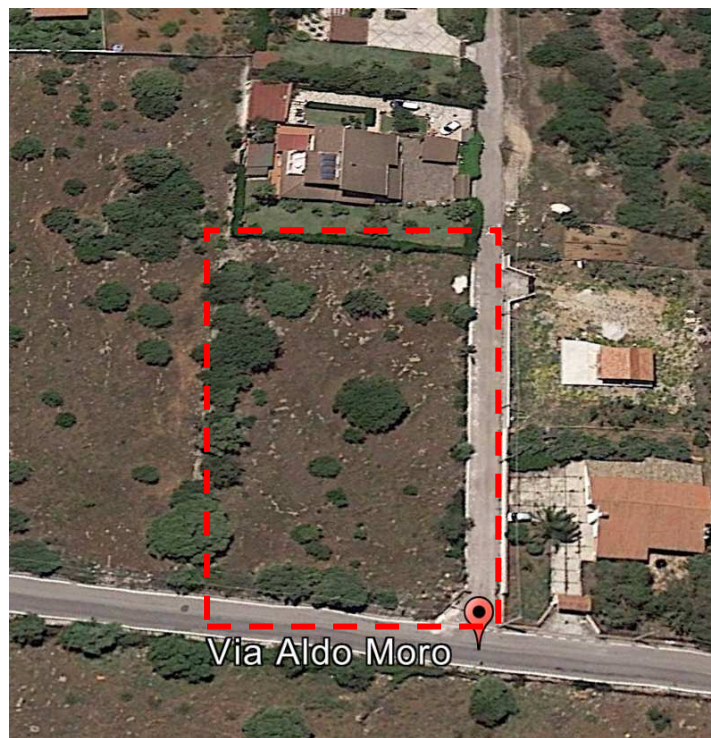
– indicazione delle caratteristiche tecniche necessarie, ma al momento orientative in quanto riferite all'intera area di variante, per una qualificazione delle specifiche condizioni di stabilità del territorio, tenendo conto dell'interazione terreno-struttura in relazione all'ubicazione futura di manufatti.

Di complemento alla presente sono le carte tematiche e le indagini geologiche redatte ai sensi della circolare ARTA n. 3/DRA/2014 del 20/06/2014 che definisce i lineamenti essenziali per studi del tipo in questione.

A supporto della presente è stato eseguito n. 1 rilievo sismico mediante sismica a rifrazione anche con tecnica MASW per l'ottenimento della stratigrafia locale e la caratterizzazione sismica dell'area.



*L'area in studio alla via Aldo Moro a Cinisi*



## **2. Ambiente fisico: assetto ed evoluzione geomorfologica**

Il territorio comunale di Cinisi ha un'estensione di circa 33,16 kmq e ricade in parte nella tavoletta edita dall'Istituto Geografico Militare – I.G.M. - "Punta Raisi", alla scala 1: 25.000, tavoletta n. 249 IV SE, ed in parte nella tavoletta "Carini" alla scala 1:25.000 – n. 249 III NE. Esso è limitato a nord dal Mar Tirreno, a sud dalle dorsali calcaree che fanno capo a Monte Pecoraro – Monte Palmeto.

Da un esame plano-altimetrico dell' area eseguito sulla base cartografica, questa appare costituita da una vasta area sub-pianeggiante prospiciente al mare che rappresenta quasi il 50 % dell'estensione territoriale bordata antiteticamente da espressioni montuose alquanto aspre che risalgono verticalmente per tettonica mostrando con evidenza lo specchio di faglia. Ivi vengono raggiunte quote medio elevate.

Nel complesso quindi il territorio è caratterizzato da due differenti lineamenti: una morfologia molto acclive con pareti sub-verticali che caratterizza le rocce più competenti molto provate dalla tettonia tensile mio-pliocenica; una morfologia alquanto blanda che caratterizza la piana antistante che ha subito nel tempo i fenomeni di trasgressione e regressione marina. Il passaggio tra i due ambienti morfologici è camuffato da una fascia di detrito di falda continuo e omogeneo caratterizzato da pendenze medie ed elevate nelle porzioni prossime alla dorsale.

Differenti comportamenti reologici hanno quindi caratterizzato le litologie presenti. Faglie dirette a rigetto verticale interessano i complessi rigidi mentre passaggi di facies con discontinuità stratigrafica interessano i complessi duttili.

Ulteriore aggravio è svolto anche dagli agenti esogeni hanno fortemente influenzato l'evoluzione morfologica del territorio; infatti frane per crollo e rotolamenti di massi caratterizzano le aree maggiormente degradate così come rappresentato nel Piano per l'Assetto Idrogeologico il cui stralcio si riporta in allegato. Assenti invece i dissesti nell'abitato, ed in generale nella parte sub-pianeggiante.

Il regime idrografico istauratosi è del tipo parallelo con poche aste principali di modesto gradiente e portate limitate, impostatesi in valli basse e larghe. I talwegs mostrano ormai una raggiunta maturità idrodinamica. L'unica espressione degna di nota è il Torrente che scorre nel Piano di Cavoli che nasce dalle pendici delle dorsali calcaree in Costa del Furi e tranquillamente drena in maniera retta e regolare fino alla foce con portate regolarizzate degli interventi di sistemazione idraulica subiti. Pochi i contributi di tributari di maggiore ordine gerarchico.

Anche dal punto di vista della pericolosità idraulica l'area non rientra in zone a rischio elevato come confermato dalla cartografia del Piano per l'Assetto Idrogeologico il cui stralcio si riporta in allegato.

-----

### **3.0 Caratteristiche pluviometriche e termometriche dell'area**

Il comune di Cinisi non risulta avere un pluviometro registratore in uso pertanto ci si è avvalsi delle misure pluvio-termometriche registrate presso la stazione (topoieto) di Punta Raisi. Per quanto riguarda questi aspetti si riportano i dati termometrici e pluviometrici registrati dal Ministero dei LL.PP. per il territorio e pubblicati dal Servizio Idrografico negli Annali Ideologici, nel dettaglio si farà riferimento all'intervallo 1964 - 1973. Dalle osservazioni sui dati termometrici si evince che il mese più caldo è Agosto con circa 26,5 gradi, mentre quello più freddo è Gennaio con 12,5 gradi.

Dalle osservazioni sui dati pluviometrici si evince che il 75% dell'afflusso meteorico si ha nel semestre Settembre-Febbraio con punte massime in Dicembre e Gennaio mentre le punte minime sono in Luglio e Agosto. Peraltro la distribuzione piovosa è molto irregolare nell'anno e variabile tra gli anni. Da quanto riportato si deduce che il regime pluviometrico è mediterraneo marittimo, mentre il tipo di clima è meso-mediterraneo.

Dai dati termo-pluviometrici si è risaliti ai valori medi dell'indice di aridità mensile che risulta minimo nel periodo Giugno-Luglio-Agosto mentre elevato in Dicembre-Gennaio-Febbraio.

L'elaborazione congiunta di tutti i dati ha consentito il calcolo nell'anno idrologico medio delle temperature e della pluviometria:

<i>Temperatura media = 21 C°</i>	<i>Piuvosità media annua= 610 mm</i>
----------------------------------	--------------------------------------

#### **4.0 Stato dei luoghi**

L'area oggetto della variante, come pure gli immediati intorno significativi, si collocano su una distesa sub-pianeggiante che degrada dolcemente verso nord senza interruzioni o significativi salti di quota. Un debole gradiente di pendenza esprime un certo dislivello tra la porzione sud dell'area in fregio alla via Aldo Moro e la zona a valle. Il dislivello di circa 1,0 m su una lunghezza di circa 70 m esplica una pendenza del 2% circa appena percettibile. La variante non comporta la realizzazione di opere. Ad ogni modo l'area non è interessata da dissesti in atto né potenziali e per la relazione tra assetto plano-altimetrico e geologia dei luoghi si esclude ogni possibilità di dissesto profondo o superficiale per effetto della forza di gravità. Allo stesso modo l'area non è interessata da ruscellamento superficiale, non occlude linee d'impluvio quindi non può essere interessata da alluvionamenti per pioggia o esondazioni da alvei. Si esclude per l'area ogni forma di pericolosità geologica poiché non è area franosa, non è esondabile, non è erodibile, i terreni hanno comunque adatte capacità portanti ed è garantita l'invulnerabilità dell'acquifero sottostante.

Riguardo la pericolosità sismica dell'area non si hanno fenomeni franosi attivi o quiescenti o stabilizzati, né superficiali né profondi, l'area ha modesta pendenza di pochi gradi, non è area di ciglio né ricade sulla cresta di dorsale rocciosa, non è area di fondovalle né area pedemontana di detrito di falda, i terreni di fondazione non hanno caratteristiche scadenti quindi non subiscono amplificazioni differenziate del moto del suolo o cedimenti. Si conclude che l'area è stabile e sicura ed è fuori dalle zone di vincolo previste da P.A.I.







*Stralcio carta della pericolosità e rischio idraulico P.A.I.  
Tratto dal servizio SITR – Visualizzatore Dati della Regione Sicilia*

## **5. Caratteri geolitologici dell'area**

L'area in questione rientra nel più vasto territorio dei Monti di Palermo che costituiscono il segmento esterno della catena Appenninico-Maghrebide caratterizzato da differenti aree paleogeografiche: dominio Panormide (facies di piattaforma), dominio Imerese (facies di bacino), dominio Trapanese (facies pelagica e di piattaforma).

A partire dal Miocene inferiore i suddetti domini paleogeografici sono stati deformati via via verso l'esterno dando luogo a diverse unità stratigrafico-strutturali tra loro sovrapposte:

- U.S.S. Cozzo di Lupo (piattaforma Panormide), che sovrascorre sull'unità stratigrafico-strutturale di Sagana - Belmonte Mezzagno;
- U.S.S. Sagana – Belmonte Mezzagno (bacino Imerese);
- U.S.S. Piana degli Albanesi (bacino Imerese).

Tali unità stratigrafico-strutturali hanno raggiunto gli attuali rapporti reciproci tra l'inizio del Miocene e l'inizio del Pliocene, in seguito alla collisione continentale che ha dato origine ai Monti di Palermo, in cui le unità geometricamente più alte corrispondono a litotipi derivanti da domini paleogeografici più interni che hanno subito un maggiore trasporto. È seguita poi una fase tettonica distensiva plioquaternaria che ha provocato lo smembramento e la rotazione degli originari piani di sovraccorrimento dislocando gli ammassi rocciosi. Nell'area esaminata affiorano inoltre terreni quaternari, localizzati per lo più nelle zone di pianura, e depositi continentali di diversa natura.

Le formazioni individuate nell'area sono le seguenti:

- Unità del Dominio Panormide

*Biolititi a coralli (Lias inf. – Trias sup.)*

- Unità del Dominio Imerese

*Flysch Numidico (Langhiano inf – Oligocene)*

- Depositi quaternari

*Calcareniti bioclastiche (Pleistocene inf.)*

- Depositi recenti o attuali

*Detriti di falda e colluvioni*

*Depositi alluvionali*

Di seguito si analizzano le caratteristiche litologiche, giaciture, strutturali e mineralogiche di ciascuna delle formazioni suddette.

#### **- Biolititi a coralli**

La formazione è caratterizzata da biolititi a coralli ed alghe, biolititi a spugne e idrozoi, biocalcareni, biocalciruditi e brecce, calcari stromatolitici e calcari a megalodonti. Si tratta di rocce carbonatiche di colore dal grigio al bianco madreperlaceo, a stratificazione generalmente indistinta e intensamente fratturate.

Esse affiorano all'interno del Cimitero comunale a valle ed a monte di questo, in contatto anomalo sul Flysch Numidico.

#### **- Flysch Numidico**

E' costituito da un'alternanza di argille e argilliti brune e quarzareniti di colore giallastro, costituite da granuli di quarzo arrotondati, in strati e banchi con intercalazioni di siltiti grigie. Le argille presentano una struttura a scaglie da minute a grossolane, con superfici lucide o striate per effetto degli eventi tettonici subiti.

#### **- Calcareniti bioclastiche**

Sono costituite da una facies superficiale calcarenitico-sabbiosa con intercalazioni di livelli argillosi e argilloso-sabbiosi, ed una sottostante

composta da argille sabbiose azzurre fossilifere, passanti a silt e sabbie talora grossolane. Si tratta per lo più di calcareniti organogene giallastre e giallo ocra a cemento calcareo. La cementazione è presente sia in forma primaria (calcite microcristallina) che secondaria (calcite spatica) con un grado molto variabile e diffusi processi di decementificazione legati alla presenza della falda idrica. La roccia calcarenitica si presenta a grana da grossa a fina, a tratti cavernosa, con resti e impronte di macrofossili.

**- Detrito di falda**

Si tratta di un deposito recente e attuale di natura carbonatica, a spigoli vivi, distribuiti in modo caotico, misti a limo sabbioso di colore bruno, localizzato al piede delle scarpate rocciose con spessori variabili.

**- Depositi alluvionali**

Con questo termine si intendono i depositi alluvionali antichi e recenti localizzati nei fondovalle dei principali corsi d'acqua, con estensioni limitate, costituiti da ghiaia e blocchi di natura carbonatica e silicea a spigoli arrotondati immersi in matrice sabbiosa.

-----



<p><b>Legend</b></p> <p>Color key for anatomical structures.</p>	<p><b>Legend</b></p> <p>Color key for anatomical structures.</p>
<p><b>Text 1</b></p> <p>Detailed description of the first anatomical structure.</p>	<p><b>Text 2</b></p> <p>Detailed description of the second anatomical structure.</p>
<p><b>Text 3</b></p> <p>Detailed description of the third anatomical structure.</p>	<p><b>Text 4</b></p> <p>Detailed description of the fourth anatomical structure.</p>

## **6. Caratteristiche idrogeologiche dei terreni**

La permeabilità e il comportamento idrogeologico dei terreni affioranti nell'area in esame sono strettamente legati alla loro natura litologica e sedimentologica ed al loro assetto strutturale.

Nell'area oggetto di studio affiorano litotipi caratterizzati da permeabilità del tipo secondario per fessurazione e fraturazione. La dinamica idrica sotterranea risulta quindi strettamente influenzata dalla sovrapposizione di strati a diversa permeabilità: si possono distinguere un acquifero carbonatico, uno calcarenitico-sabbioso ed uno argilloso-marnoso.

L'acquifero carbonatico, impostato su terreni ad elevata permeabilità per fessurazione e/o carsismo, è caratterizzato da circolazione idrica elevata per la fitta rete di fratture e faglie e risulta essere più profonda.

L'acquifero calcarenitico-sabbioso è impostato su terreni a permeabilità medio-alta per porosità, a luoghi associata a permeabilità per fessurazione in corrispondenza dei livelli più cementati. Il grado di permeabilità è variabile in funzione del grado di cementazione e della presenza o meno di livelli argilloso-sabbiosi. Complessivamente la circolazione idrica sotterranea che si svolge nell'acquifero calcarenitico è governata da diversi fattori, tra cui la configurazione morfologica irregolare del complesso argilloso di base, la presenza di incisioni fluviali e antichi alvei abbandonati, la presenza del mare a breve distanza, la presenza di differenti litofacies all'interno dell'acquifero calcarenitico che creano differenti permeabilità.

L'acquifero argilloso-marnoso è impostato su terreni a permeabilità molto bassa o nulla che costituiscono la soglia di permeabilità per l'acquifero carbonatico e il substrato impermeabile della falda impostata

nell'acquifero calcarenitico-sabbioso. In generale il contributo è scarso o del tutto assente in quanto le argille assolvono il compito di soglia tampone. In ogni caso la falda in loco è assente nella porzione argillosa mentre resta oltre i 45-50 m nella porzione calcarea.

---



## **7. Considerazioni stratigrafiche e meccaniche sui terreni**

Sulla base di quanto desunto dalle indagini, osservazioni e verifiche eseguite in posto, si riporta la stratigrafia e le caratterizzazioni lito-tecniche.

Dalla quota del piano di campagna del lotto fino ad un massimo di 1,3 m riscontriamo la presenza di terre rosse residuali a matrice argillo-sabbiosa e qualche minuto calcareo spigoloso. Per questi terreni si propone la seguente parametrizzazione lito-tecnica :

### ***Terre rosse di copertura***

- ◆ Peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ): 15,40 KN/mc
- ◆ Peso dell'unità di volume saturo ( $\gamma_s$ ): 18,14 KN/mc
- ◆  $N_{SPT}$ : 2,12
- ◆ Modulo elastico (e): 2,08 Mpa
- ◆ Coefficiente di poisson: 0,35
- ◆ Modulo edometrico (Ed): 3,12 Mpa
- ◆ OCR = 1
- ◆  $Q_c = 0,42$
- ◆ Modulo di taglio (G) : 19,40 Mpa
- ◆ Angolo d'attrito interno drenato ( $\phi'$ ) = 25 - 27 gradi
- ◆ Coesione drenata ( $c'$ ) = 0,0 – 0,5 T/mq
- ◆ Coesione non drenata ( $C_u$ ) = 1-3 Kg/cmq

Superato 1,3 m di spessore, si raggiungono calcari biancastri interessati da discontinuità inclinate e fratture sub-verticali riempite da limi argillosi marroni che rappresentano la formazione di base.

Dai rilievi eseguiti si sono riconosciuti sedimenti calcarei a grana fine biancastri al taglio fresco e grigiastri se ossidati, in bancate dell'ordine di 50-70 cm, con assetto monoclinale a reggipoggio, caratteristiche tenaci, fortemente cementati con aspetto lapideo ma caratterizzati da sistemi di fessure e fratture per tettonica.

Sui fronti aperti si è avuta la possibilità di esaminare lo status geotecnico con misure dirette dell'alterazione, del grado di fessurazione e fratturazione, del relativo orientamento e frequenza delle discontinuità così da applicare il metodo di Hoek e Brown secondo la teoria di Bieniawski e Romana per la classificazione delle rocce senza ricorrere a prove geotecniche.

Nel dettaglio sono presenti calcisiltiti stratificate di elevato grado di cementazione: trattasi di una roccia carbonatica di genesi sedimentaria formata essenzialmente da elementi clastici cementati di dimensioni inferiori ad 1/16 del millimetro. L'ammasso ha consistenza lapidea con ottime caratteristiche meccaniche; talora è interessato da fratture più o meno accentuate dai processi di dissoluzione di  $\text{CaCO}_3$ . Terreno poco erodibile e di buona stabilità complessiva presenta una permeabilità secondaria medio-alta per fessurazione e fratturazione che tende a diminuire in presenza di minor disturbo tettonico. La roccia si presta ottimamente a servire da piano d'appoggio delle opere di fondazione.

Si riporta di seguito lo schema di classificazione degli ammassi secondo la teoria di Bieniawski e Romana.

Com'è noto nel campo della progettazione di ingegneria civile, siano esse legate alla stabilità di un versante o alla stabilità di un'opera in sotterraneo o superficie, difficilmente si possono avere informazioni

dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso interessato alla progettazione. Allora diventa importante poter utilizzare uno schema che possa soddisfare le richieste, un metodo empirico che permetta di risolvere i problemi dovuti alla scarsa conoscenza o esperienza di una determinata area.

Le classificazioni di Beniawsky e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo “conservativa”) consentono di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano.

La classificazione di Beniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky)** e con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMR}_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Il valore di A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro (martello di Schmidt) o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza

a compressione uniassiale  $S_u$ . Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la “durezza di rimbalzo” della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo  $R$  che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0,775 R + 21,3$$

In questa fase, mancando prove di campagna o di laboratorio, il valore di  $S_u$  è stato stimato osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo (previsto dalla norma).

Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	0,25 – 1 MPa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 MPa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 MPa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 MPa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 MPa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 MPa
Si scheggia solamente	> 200 MPa

Se si effettuano sondaggi o si hanno fronti di scavo aperti è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente  $A_2$ , dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

dove:

$L_C$  = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota  $> 100$  mm

$L_t$  = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata  $L_C$ .

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

dove  $J_v$  è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con  $n$  numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente  $A_2$  mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniawsky:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
$\leq 26,5$	$A_2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A_2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A_2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A_2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente  $A_3$ , mediante le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (m)	EQUAZIONE
$\leq 0,2$	$A_3 = 15 s + 5$

0,2 ÷ 0,4	A3 = 10 s + 6
0,4 ÷ 0,66	A3 = 7,752 s + 5,9
0,66 ÷ 0,94	A3 = 7,067 s + 7,35
0,94 ÷ 1,6	A3 = 6,07 s + 8,288
1,6 ÷ 2,0	A3 = 5 s + 10
> 2,0	A3 = 20

Per la determinazione del coefficiente A4, si usano le tavole di classificazione di Beniawsky che legano il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità che invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I valori da assegnare sono:

### **V1 – Persistenza del giunto**

PERSISTENZA (m)	V1
< 1	6
1 ÷ 3	4
3 ÷ 10	2
10 ÷ 20	1
> 20	0

### **V2 – Apertura del giunto**

APERTURA (mm)	V2
Completamente chiuso	6
< 0,1	5
0,1 ÷ 1	4
1 ÷ 5	1
> 5	0

### **V3 – Rugosità del giunto**

<b>RUGOSITA'</b>	<b>V3</b>
Molto Rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

#### **V4 – Alterazione delle pareti**

<b>ALTERAZIONE</b>	<b>V4</b>
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

#### **V5 – Riempimento delle discontinuità**

<b>RIEMPIMENTO (mm)</b>	<b>RIEMPIMENTO</b>	<b>V5</b>
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

Il valore di A5 viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniawsky si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lungh.	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umida	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

Il valore di A6 per l'orientamento delle discontinuità applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

<b>APPLICAZ.</b>	Molto favorev.	Favorev.	Mediocre	Sfavorev.	Molto sfavor.
------------------	----------------	----------	----------	-----------	---------------

Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniaowsky risulta troppo “conservativo” e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana. Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore  $RMR_C$  calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

$RMR_C$	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	$\leq 20$
Classe	I	II	III	IV	V
Descriz.	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di  $RMR_b$  si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniaowsky assumono il valore:

$$\text{coesione di picco } c_p \text{ (kPa)} = 5 RMR_b$$

$$\text{angolo di attrito di picco } \phi_p = 0,5 RMR_b + 5$$

$$\text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} = 2 RMR_b - 100$$

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di  $RMR_b$  modificato secondo la:

$$RMR_b = RMR_b(\text{originario}) - [0,2 \times RMR_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983)}$$

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10(RMR_b - 10 / 40)$$



Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte ( $A_5 = 15$ ). Tale relazione è da ritenersi valida per  $\text{RMR} > 23$ .

Romana propone di aggiungere al valore di RMR (di base), alcuni fattori di aggiustamento sulla base dell'orientamento relativo fra discontinuità e fronte del versante e aggiungere un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$\text{SMR} = \text{RMR}_b + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Il primo fattore di aggiustamento è il prodotto di tre fattori:

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti.

F2 è riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare.

F3 mantiene le relazioni proposte da Beniawsky per l'inclinazione fra fronte e giunti.

F4 rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo ed è stato fissato empiricamente.

Le condizioni di stabilità verificate sono relative rotture planari e per ribaltamento (toppling); il metodo è stato esteso anche alle rotture a cuneo di recente da Anbalagan et al.. Sulla base della tabella che segue si attribuiscono i valori ai fattori:

CASO		Molto favorev.	Favorev.	Mediocre	Sfavorev.	Molto sfavorevole
Planare Toppling Cuneo	$\alpha_j - \alpha_f$ $\alpha_j - \alpha_f - 180^\circ$ $\alpha_i - \alpha_f$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Planare Cuneo	$\beta_j$ $\beta_i$	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Toppling	F2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Planare Cuneo	$\beta_j - \beta_f$ $\beta_i - \beta_f$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
Toppling	$\beta_j - \beta_f$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
	F3	0	-6	-25	-50	-60

dove:

$\alpha_j$  = immersione del giunto

$\alpha_i$  = immersione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

$\alpha_f$  = immersione del fronte del versante

$\beta_j$  = inclinazione del giunto

$\beta_i$  = inclinazione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

$\beta_f$  = inclinazione del fronte

Il fattore F4 vale invece:

METODO DI SCAVO	F4
Scarpata naturale	15
Abbattimento con pretaglio	10
Abbattimento controllato	8
Abbattimento normale	0
Abbattimento non controllato	-8

Calcolato il valore di SMR, si possono avere indicazioni generali, fornite da Romana, sul grado di stabilità della scarpata, sul tipo di cinematismo

di rottura che si può instaurare e su quanto possano pesare eventuali interventi di stabilizzazione:

SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZ.	Molto buona	Buona	Mediocre	Scadente	Molto scadente
STABILITA'	Sicuramente stabile	Stabile	Parzialmente stabile	Instabile	Sicuramente instabile
MODO DI ROTTURA	Assente	Possibili blocchi	Lungo piani o per cunei	Lungo piani o su grandi cunei	Su grandi piani o rototraslazioni
STABILIZZAZIONE	Nessuna	Occasionale	Sistematica	Estesa	Riprofilare la scarpata

### Seguono risultati sintetici

**Dalle analisi precedenti i dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR) sono :**

*Standard ISRM = La roccia si frattura dopo 2-3 colpi di martello*

*Numero di fratture per mc di roccia (Jv)=10*

*Spaziatura delle discontinuità (s)=1 m*

*Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m*

*Apertura del giunto = 1 - 5 mm*

*Giunto leggermente rugoso*

*Pareti mediamente alterate*

*Riempimento compatto > 5 mm*

*Roccia asciutta*

*Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni*

*Orientamento molto favorevole*

### **Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)**

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
50 - 100	82

V1	V2	V3	V4	V5
4	1	3	3	2

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto  
 V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto  
 V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto  
 V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti  
 V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
7	16.15436752	14.358	13	15	0

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta  
 A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD  
 A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità  
 A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità  
 A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche  
 A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

### Classificazione dell'ammasso roccioso

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
65.51	65.51	Seconda	Buono

### Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

Modulo di deformaz. (GPa)	Geological Strength Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
31.02	60.51	<b>327.55</b>	<b>41.76</b>	262.04	32.2

### Input dati per il calcolo di Slope Mass Rating (SMR)

*Rottura: ribaltamento*

*Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: condizione mediocre (20°-10°)*

*Inclinazione dei giunti: condizione mediocre (30°-35°)*

*Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: condizione mediocre (> 120°)*

*Metodo di scavo: Scarpata naturale*

### Risultati relativi a Slope Mass Rating (SMR)

Fattori di aggiustamento

F1	F2	F3	F4
0.7	1	-25	15

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti

F2 è riferito all'inclinazione del giunto

F3 mette in relazione l'inclinazione del fronte e quella dei giunti

F4 è legato al metodo di scavo

Classificazione corretta dell'ammasso roccioso

SMR	Classe	Descrizione
63.01	Seconda	Buona

Grado di stabilità, tipo di cinematismo di rottura, eventuali interventi di stabilizzazione

Stabilità	Modo di rottura	Stabilizzazione
Stabile	Possibili blocchi	Occasionale

Il **peso di volume** della roccia è di **25,00 KN/mc**.

Il litotipo può considerarsi, nella risoluzione di problemi applicativi, praticamente indeformabile con un comportamento monoliticamente rigido. Il terreno secondo le ipotesi del Winkler, possiamo suggerire un coefficiente di sottofondo "k" pari a 20 Kg/cmc.

## 8.0 L'indagine per la microzonazione sismica : tecnica MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

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

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

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

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

comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

È possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:  $v = \lambda \times v$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di

indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

### **9.0. Analisi di risposta sismica locale: effetti di sito**

In generale gli effetti di un terremoto diminuiscono di intensità all'aumentare della distanza dall'epicentro (punto della superficie sulla verticale dell'ipocentro, dove è avvenuto il movimento che ha generato il terremoto) (Fig. 5), ma possono essere notevolmente diversi a seconda delle caratteristiche dell'area considerata: cioè gli 'scuotimenti' in una certa zona, anche molto circoscritta, possono essere maggiori in intensità e durata rispetto alle zone vicine.

Ciò è dovuto al fatto che le onde sismiche subiscono delle modificazioni dipendenti da fattori morfologici e stratigrafici locali.

Quindi gli effetti del terremoto non dipendono solo dall'energia liberata (magnitudo) e dalla distanza dall'ipocentro, ma anche dal tipo e dall'assetto dei materiali geologici attraversati.

Gli studi di microzonazione sismica sono finalizzati all'individuazione di questi "effetti di sito", cioè le condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche che a scala locale possono modificare più o meno intensamente le caratteristiche dello scuotimento sismico, e dei cosiddetti "effetti co-sismici", cioè quei fenomeni che vengono innescati dal terremoto (Fig. 6).

Gli effetti di sito che influiscono maggiormente sulla modificazione del moto sismico sono:



- la morfologia superficiale (es. vette, linee di cresta) e sepolta (es. valli alluvionali recenti) (Fig. 7);
- le caratteristiche stratigrafiche (Fig. 7 e 8);
- le proprietà geotecniche dei terreni in campo statico e dinamico (le caratteristiche di un deposito possono "degradarsi" rapidamente se sottoposte ad un'intensa sollecitazione ciclica come quella causata dal passaggio delle onde sismiche).

Gli effetti co-sismici (e post-sismici) sono costituiti da tutti quei fenomeni, per i quali l'area considerata presenta una certa predisposizione, che vengono innescati dalla scossa sismica:

- aperture di faglie e fratture in superficie;
- instabilità dei versanti (frane);
- instabilità del suolo: liquefazione e fenomeni di densificazione in terreni grossolani incoerenti (sabbie);
- consolidazione post-sismica di terreni a grana fine (argille e silt).

Gli effetti di sito comportano la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dell'azione sismica. Quando le onde sismiche attraversano una superficie di discontinuità tra rocce e terreni di età e caratteristiche diverse (Fig. 9) in prossimità della superficie si verificano contemporaneamente:

- la generazione di onde riflesse e trasmesse (rifratte);
- la generazione di onde superficiali;
- una modificazione dell'ampiezza in misura proporzionale alla differenza di impedenza sismica dei mezzi a contatto (impedenza = velocità onde di taglio per il peso di unità di volume del terreno quindi maggiore è la diminuzione di velocità delle onde sismiche e

minore è la densità dei terreni superficiali, maggiore è l'amplificazione (tipico dei depositi alluvionali recenti di fondo valle);

Tra i fenomeni che comportano l'amplificazione sismica vi è la risonanza. Qualsiasi corpo ha una sua frequenza propria di vibrazione, quando la frequenza fondamentale del sottosuolo e della costruzione sono all'incirca uguali, in caso di sollecitazione dovuta al passaggio di onde si genera una forte amplificazione del moto sismico (risonanza).

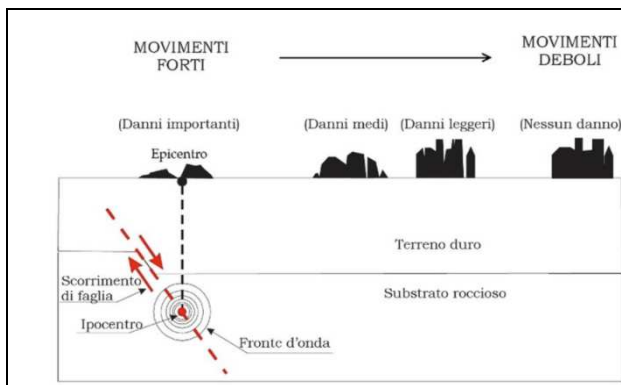


Fig. 5 - Effetti sismici.

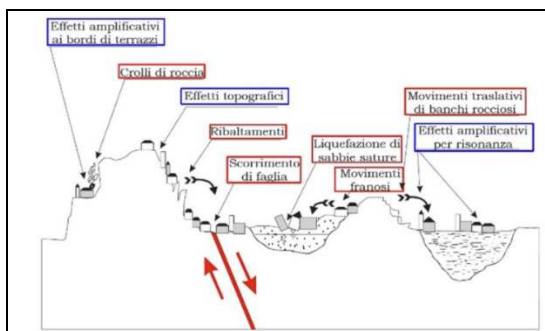


Fig. 6 – Effetti co-sismici.

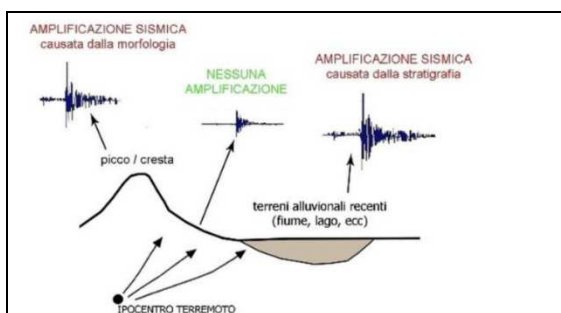


Fig. 7 – Effetti di sito.

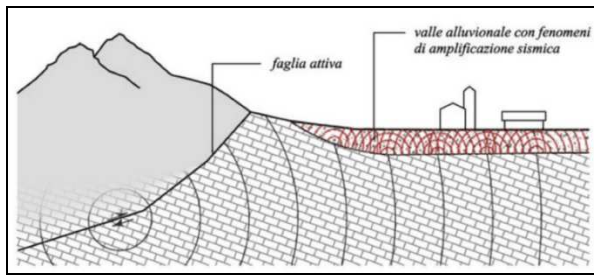


Fig. 8 – Effetti di sito.

Essendo l'area in esame situata in un'area sub-pianeggiante e non presentando terreni alluvionali di elevati spessori, si escludono le casistiche sopra descritte che potrebbero generare pericolosità sismiche e/o geologiche.

### 9.1 Categoria del suolo di fondazione: procedura semplificata

La risposta sismica locale è determinata in relazione alle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche a partire dalla “pericolosità sismica di base”. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 delle nuove NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

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,  $V_s$ . La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:  $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II (NTC 2018).

Dalle indagini eseguite e dalle osservazioni in campagna risulta  $V_{Sequiv,3,5} = 439$  m/s per cui la **categoria di sottosuolo di fondazione è "B"**.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	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, 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 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 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 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.

Nel caso di condizioni topografiche semplici è possibile far riferimento alla classificazione della Tab. 3.2.III delle NTC 2018. Queste categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Secondo tale Tabella l'area in studio ricade in **categoria topografica "T1"**.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

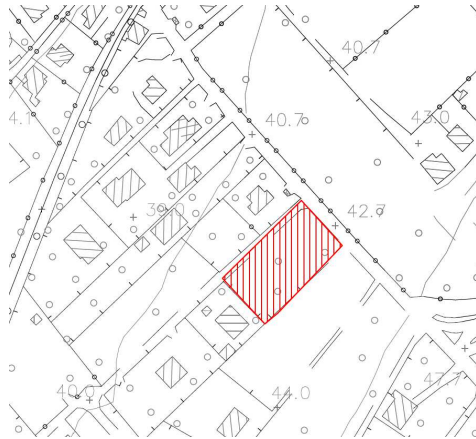
## **10.0 Verifica di compatibilità idraulica**

Nell'ambito del presente studio si è valutata sull'area in esame la compatibilità idraulica sulla variante proposta. Attualmente la vocazione del lotto secondo il PRG vigente è “*Aree per attrezzature e servizi di interesse generale*” ed in particolare “*Aree di ammassamento per l'emergenza*”, oggi si chiede il declassamento dell'area dall'attuale vocazione a “*Zona E1 – Parti del territorio destinate ad usi agricoli*”.

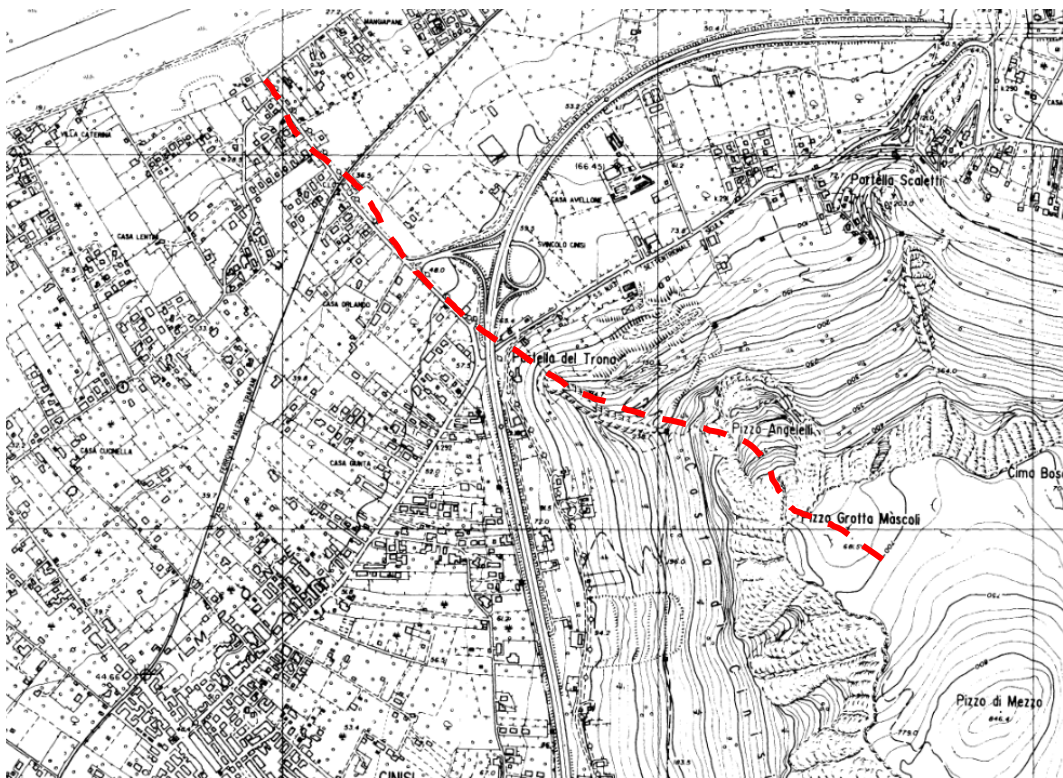
Un primo approccio fondamentale per verificare la compatibilità idraulica di un'area è la valutazione della propensione all'erosione del fondo nel contesto degli scoli naturali quindi dell'assetto plano-altimetrico.

E' importante precisare che l'area non è attigua a solchi o torrenti o fiumi pertanto non ne rappresenta area golenale. L'area NON ricade neanche all'interno del vincolo idraulico riconosciuto nelle cartografie del PAI.

In dettaglio l'area in studio si ubica sulla sinistra della Via Aldo Moro, strada che sembra essere il naturale prolungamento dello spartiacque superficiale che da Pizzo Grotta Masculi prosegue per Pizzo Angelelli e poi per Portella del Trono che divide le piogge tra la porzione orientale del territorio che si avvicina a Villagrazia di Carini e quella orientale che si avvicina all'abitato di Cinisi. Per tale conformazione le acque piovane che interagiscono con il lotto in studio sono quelle proprie del lotto coerentemente alla superficie netta di circa 2.030 mq e quella che potrebbero scolare dalla strada seguendo la pendenza per scaricarsi in mare in prossimità della costa.



*La superficie di circa 2.300 m del lotto in studio*



*La linea rossa è lo spartiacque che divide artificialmente le piogge per il tramite della via Aldo Moro*

Dall'elaborazione delle portate di massima piena generabili con un tempo di ritorno di 50 anni su un bacino di alimentazione che prudentemente è stato valutato considerato in 1,0 kmq, si è ottenuto un volume di 9,3

mc/sec mentre con un tempo di ritorno di 100 anni di 11,3 mc/sec. Banalmente considerando la portata spalmata su tutta la superficie, noto che l'assetto piano-altimetrico è sub-pianeggiante ed omogeneo senza depressioni evidenti, avremo un tirante idraulico massimo pari a 0.0116 mm quindi un velo d'acqua, mentre riferito alla sola via Aldo Moro considerata la sezione di chiusura all'accesso al lotto oggi in studio che determina una superficie scolante di circa 3.200 mq avremmo un tirante idraulico massimo pari a 3,5 mm quindi sempre una quantità d'acqua irrisoria che in assenza di cantinati non genera criticità. Tali considerazioni preliminari supportano le scelte del PAI di valutare positivamente la compatibilità idraulica dell'area non applicando nessun vincolo, neanche i più blandi.

Riguardo le piogge che cadranno nel lotto, in caso di edificazione dovrà applicarsi il principio di invarianza idraulica. E' assodato che la variante da *Aree per attrezzature e servizi di interesse generale* ed in particolare *"Aree di ammassamento per l'emergenza"*, con declassamento dell'area dall'attuale vocazione a *"Zona E1 – Parti del territorio destinate ad usi agricoli"* comporti un vantaggio in termini di impermeabilizzazione perché non verrebbero realizzate platee ed edifici con materiali impermeabili a dispetto della cubatura e della permeabilità mentre con l'uso agricolo verrebbe garantita la permeabilità dei terreni originari minimizzando le superfici trasformate.

Di seguito viene ipotizzata l'applicazione del principio d'invarianza idraulica considerando l'intera superficie del lotto e la sua potenziale edificazione per uso agricolo, pertanto  $2.030 \text{ mq} \times 0.03 = 60,9 \text{ mq}$ . Tale impronta sarà di superficie impermeabile cui si aggiunge una stradella ed



un'area a parcheggio rifinita con materiale semi-permeabile (tufina o breccia calcarea minuta o auto-bloccanti) per una superficie totale di circa 100 mq mentre il resto del lotto rimane a verde quindi permeabile.

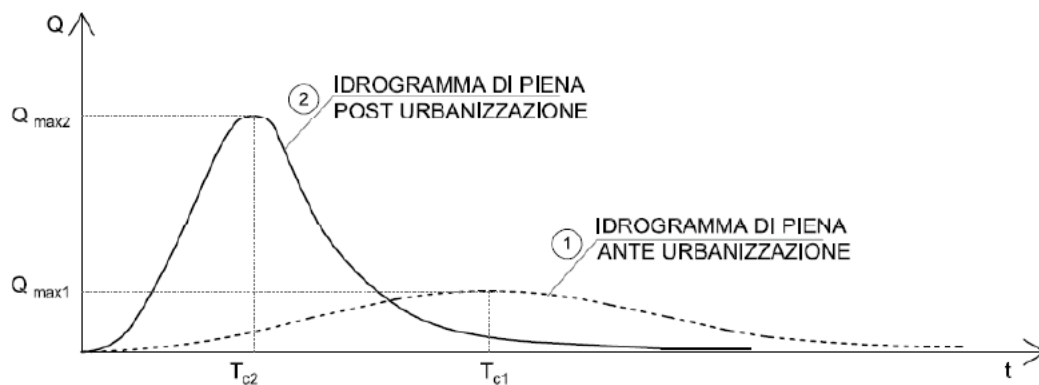
L'inevitabile e incessante dinamica evolutiva dell'urbanizzazione ha portato negli ultimi tempi a un aggravamento della situazione idraulica interna ed esterna dei centri abitati, con un aumento della frequenza e dell'entità dei danni conseguenti alla insufficienza dei ricettori. Nei periodi piovosi, infatti, si formano nell'ambiente urbano portate meteoriche che solo entro certi limiti possono essere regolarmente accolte, convogliate, depurate e scaricate dalla rete fognaria o dal reticolo idrografico presente.

La crescente impermeabilizzazione dei suoli comporta infatti due principali conseguenze alla risposta idrologica di un bacino:

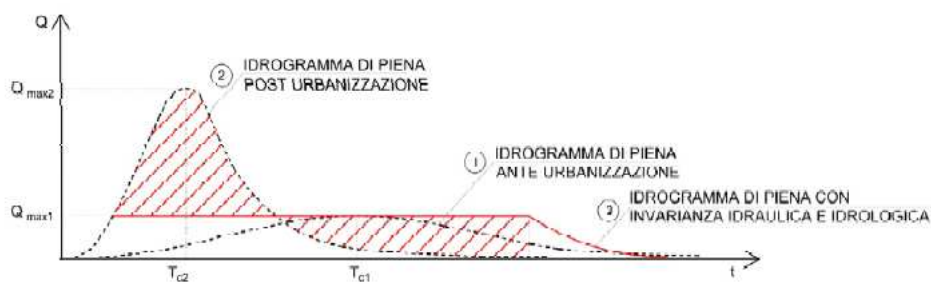
- incremento del coefficiente di deflusso: generalmente, il volume di pioggia che precipita sul suolo si suddivide in due componenti: una parte si infiltra nel sottosuolo, un'altra parte scorre sulla superficie contribuendo alla formazione delle piene; l'impermeabilizzazione dei suoli favorisce il secondo fenomeno incrementando così la portata defluente nel corpo idrico ricettore;
- diminuzione del tempo di corrivazione: le trasformazioni urbanistiche generalmente contribuiscono alla diminuzione delle scabrezze superficiali, incrementando le velocità di scorrimento dell'acqua sulle superfici e rendendo così più rapida la risposta idrologica del bacino; anche in questo caso si ottiene come risultato un incremento delle portate massime nel corpo idrico ricettore.

Le trasformazioni del territorio pertanto, secondo quanto disposto dalla normativa comunale e nazionale vigente, non devono comportare alcun aggravio idraulico presente nella zona di riferimento, né possono pregiudicare la possibilità di riduzione di tale livello.

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che *“la risultante del drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo nell'area medesima”*.



*Rappresentazione delle portate ANTE e POST urbanizzazione*



*Rappresentazione delle portate ANTE e POST urbanizzazione tenendo conto dell'invarianza idraulica*

Si riporta di seguito la normativa cui fa riferimento il presente Studio:

L.N. 267/98;

Direttiva 2007/60/CE;

D.lvo 49/2010 di attuazione alla direttiva Europea;

D.lvo 152/06

l'Ordinanza Sindacale n. 10 del 28.01.2019 – Comune di Palermo

D.D.G. n. 102 del 23.06.2021

L'area oggetto di ipotetica trasformazione è costituita da una superficie ineditata vocata a verde mediterraneo ed incolto, circondata da lotti edificati o liberi, e strade principali e secondarie. La superficie libera al momento è permeabile con area di circa 2.030 mq.

Dall'esame di una ipotetica urbanizzazione si sono ottenute tre tipologie di superfici caratterizzate da differenti coefficienti di afflusso.

La superficie impermeabile che viene calcolata sull'impronta di un piccolo manufatto in c.a. che potrebbe realizzarsi con superficie di 60,9 mq (10 mq x 6,09 mq) cui perimetralmente potrebbe realizzarsi un camminamento in c.a. di altri 32,18 mq. **La superficie impermeabile totale è stata valutata in 93,08 mq.** Per tali superfici possiamo considerare un coefficiente di afflusso parametrato da bibliografia di 0,9.

**La superficie semi-permeabile** è rappresentata da camminamenti e area a parcheggio costituita da calcestruzzo drenante o autobloccanti o tufina o brecciolino **per una superficie di 100 mq** ed avrà un coefficiente di afflusso parametrato da bibliografia di 0,70.

**La superficie permeabile** calcolata è pari all'area vocata a giardino che resta agricola ed inalterata, ed è stata valutata nella superficie residua in

**2.097.2 mq** con coefficiente di afflusso parametrato da bibliografia di 0,20.

Riassumendo avremo:

Superficie agricola originaria	2.030,00 mq
Superficie trasformata impermeabile	93,08 mq
Superficie trasformata semi-permeabile	100,00 mq
Superficie non trasformata agricola	1.836,92 mq

Per l'analisi del livello di significatività della trasformazione si farà riferimento a fattori principali che vengono poi schematizzati nella tabella riportata nella Gazzetta Regione Lombardia – suppl. 7 del 27/11/2017

1) primo fattore : Localizzazione dell'intervento

Il territorio in generale viene suddiviso in 3 ambiti in base alla pericolosità idraulica

A – alta criticità

B – media criticità

C – bassa criticità

2) secondo fattore : Superficie dell'intervento

a) superficie fino a 100 mq

b) superficie > 100 mq e  $\leq$  1.000 mq

c) superficie > 1.000 mq e  $\leq$  10.000 mq

d) superficie > 10.000 mq e  $\leq$  100.000 mq

e) superficie > 100.000 mq

3) terzo fattore : Coefficiente di deflusso medio ponderale

1.  $\varphi \leq 0,4$

2.  $\varphi > 0,4$

Per l'intervento si calcola :

$$\varphi_m = (93,08 \text{ mq} \cdot 0,9 + 100 \cdot 0,7 + 1.836,92 \text{ mq} \cdot 0,2) / 2.300,00 = (83,77 + 70,0 + 367,38) / 2.030 = 551,15 / 2.030 = 0,25 < 0,4$$

Nel caso in questione abbiamo :

- 1) area di tipo "C" - Criticità Bassa per assenza di vincoli PAI
- 2) superficie impermeabile post operam compresa tra 100 mq e 1.000 mq
- 3)  $0,27 < 0,4$

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONTERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AREE A - B	AREE C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$S \leq 100 \text{ m}^2$	QUALSIASI	REQUISITI MINIMI art. 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$100 \text{ m}^2 < S \leq 1.000 \text{ m}^2$	$\varphi \leq 0,4$	REQUISITI MINIMI art. 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$100 \text{ m}^2 < S \leq 1.000 \text{ m}^2$	$\varphi > 0,4$	METODO DELLE SOLE PIOGGE art. 11 comma 2	REQUISITI MINIMI art. 12 comma 2
		$1.000 \text{ m}^2 < S \leq 10.000 \text{ m}^2$	qualsiasi		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$10.000 \text{ m}^2 < S \leq 100.000 \text{ m}^2$	$\varphi > 0,4$	PROCEDURA DETTAGLIATA art. 11 comma 2	
		$S > 100.000 \text{ m}^2$	qualsiasi		

Fig. 11 – Tabella della significatività delle trasformazioni

L'area ricade in classe d'intervento "1" a *bassa criticità* e con *impermeabilizzazione potenziale bassa*.

Per la determinazione dei volumi minimi d'invaso, i metodi di calcolo idrologico ed idraulico che possono essere utilizzati per il dimensionamento dei volumi di invaso sono da scegliersi in funzione del livello di significatività della proposta trasformazione.

In particolare, l'esecuzione dello studio di Compatibilità Idraulica e la determinazione dei volumi di invaso può essere condotto utilizzando la soluzione più conservativa tra i metodi di calcolo idrologico-idraulico conosciuti, ovvero se adeguatamente giustificato un parametro medio o rappresentativo ottenuto con lo sviluppo dei metodi di seguito:

- Metodo dell'invaso italiano diretto;
- Metodo delle sole piogge.

Nel presente studio sono stati impiegati, per confronto, il metodo dell'invaso italiano diretto e il metodo delle sole piogge, la cui formulazione matematica e di seguito descritta.

La determinazioni delle superfici che contribuiscono ai calcoli idraulici sono rappresentate da quanto esposto in precedenza.

#### Metodo dell'invaso italiano diretto

Il presente metodo è un caso particolare derivato dal metodo italiano dell'invaso (Supino 1929; Puppini 1932). Questo procedimento permette di calcolare direttamente i volumi d'invaso necessari per modulare il picco di piena semplicemente mantenendo costante il coefficiente udometrico al variare del coefficiente di deflusso  $\Psi$ :

$$w = n^{\rho} * (\Psi/\Psi^0)^{1/(1-n)} - i^{\rho} * I - n^{\rho} * P$$

con:

$$\Psi^0 = 0.9 * Imp^0 + 0.2 * Per^0$$

$$\Psi = 0.9 * Imp + 0.2 * Per$$

dove:

w = volume specifico di laminazione da calcolare (mc/ha);

w0 = volume specifico naturalmente disponibile (mc/ha) per la laminazione delle piene prima della trasformazione del suolo (ANTE OPERAM).

Si ha generalmente:

- w0 = 100÷150 mc/ha nel caso di trasformazione di aree agricole e di bonifica (ad es. in dipendenza dallo stato dei terreni e loro sistemazione, tipo di lavorazione, stato vegetazionale);
- w0 = 40÷50 mc/ha nel caso di trasformazione di aree in ambito urbano non completamente impermeabilizzate e dotate di fognatura (piccoli invasi dovuti, ad es., a velo idrico, caditoie stradali, ristagni in piccoli avvallamenti del terreno);
- w0 = 10÷15 mc/ha nel caso di trasformazione di aree in ambito urbano (territorio impermeabilizzato) tenendo conto solo del velo idrico superficiale.

$\Psi_0$  = coefficiente di deflusso ANTE OPERAM

$\Psi$  = coefficiente di deflusso POST OPERAM

Imp0 = frazione (%) area totale da ritenersi impermeabile ANTE OPERAM

Imp = frazione (%) area totale da ritenersi impermeabile POST OPERAM

Per0 = frazione (%) area totale da ritenersi permeabile ANTE OPERAM

Per = frazione (%) area totale da ritenersi permeabile POST OPERAM

n = esponente della curva di possibilità pluviometrica

I = frazione (%) di superficie impermeabile e permeabile trasformata rispetto all'area allo stato iniziale

P = frazione (%) di superficie inalterata rispetto allo stato iniziale (nota: I + P = 100%)

v0 = valore del volume specifico (m<sup>3</sup>/ha) riferito ai piccoli invasi di superficie e quindi disponibile per la laminazione in superfici impermeabili e permeabili che sono diverse da quella agricola: si tratta di un valore convenzionale e riferito alla superficie POST OPERAM.

In genere:

v0 = 10÷25 mc/ha (i valori maggiori si attribuiscono a superfici irregolari ed a debole pendenza)

Si precisa che con il presente metodo, per trasformazioni di terreni agricoli vengono considerate :

- anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma semplicemente sistemate e regolarizzate, devono essere considerate per il computo del parametro I (%);

- coefficienti Imp e Per servono a valutare il coefficiente di deflusso convenzionale che esprime la capacità del lotto di invasare le piogge prima di generare deflussi superficiali;

- i coefficienti I e P rappresentano le porzioni rispettivamente urbanizzata ed inalterata del lotto oggetto dell'intervento;

- in generale, nei terreni consorziali o laddove esiste un sistema di drenaggio con un ente gestore preposto al funzionamento del medesimo, la massima portata ammissibile allo scarico e di solito definita dal competente Ente gestore sotto forma di massimo coefficiente udometrico ammissibile (litri /sec per ettaro);



Comune di : **Cinisi**

Intervento : **Realizzazione magazzino agricolo**

Superficie lotto totale (mq) **2030.00**

Località : **Via Aldo Moro**

Committente : **Lo Chirco - Minacò**

Foglio di mappa **3**

Particella **711-715**

	Originaria	Da progetto	Trasformata	Inalterata
Superficie lotto e dedicato (mq)	2030.00			
Superficie impermeabile (mq)		0.00	193.08	1836.92
Superficie permeabile (mq)		2030.00	1836.92	
Superficie semi-permeabile (mq)		0.00	200.00	

<b>Ante operam</b>	
Superficie impermeabile esistente <i>I<sub>imp</sub><sup>0</sup></i>	0.00 mq
Superficie permeabile esistente <i>P<sub>cr</sub><sup>0</sup></i>	2030.00
<i>I<sub>imp</sub><sup>0</sup> + P<sub>cr</sub><sup>0</sup></i>	1.0
<b>Post operam</b>	
Superficie impermeabile di progetto <i>I<sub>imp</sub><sup>p</sup></i>	193.08
Superficie permeabile di progetto <i>P<sub>cr</sub><sup>p</sup></i>	1836.92
<i>I<sub>imp</sub><sup>p</sup> + P<sub>cr</sub><sup>p</sup></i>	1.0
<b>Indici di trasformazione dell'area</b>	
Superficie trasformata/ Elevata <i>I<sub>imp</sub><sup>p</sup></i>	0.09
Superficie agricola inalterata <i>P<sub>cr</sub><sup>p</sup></i>	0.91
<i>I<sub>imp</sub><sup>p</sup> + P<sub>cr</sub><sup>p</sup></i>	1.0

Il 100% della superficie impermeabile e il 50 per cento della superficie permeabile presente nel lotto

Il 100% della superficie permeabile e il 50 per cento della superficie impermeabile presente nel lotto

CORRETTO SE LA SOMMA = 1

Il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale 50% della superficie trasformata in semi-permeabile

Il 100% della superficie permeabile più l'eventuale 50% della superficie semi-permeabile

CORRETTO SE LA SOMMA = 1

Superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola

Superficie inalterata come in origine

CORRETTO SE LA SOMMA = 1

Calcolo dei coefficienti di deflusso ante e post operam

$w = 0.5 \times I_{imp}^0 + 0.2 \times P_{cr}^0$	=	0.9	±	0.00	+	0.2	±	1.00	=	0.20				
$w = 0.5 \times I_{imp}^p + 0.2 \times P_{cr}^p$	=	0.9	±	0.07	+	0.2	±	0.93	=	0.25				
$w = W^*(\Phi/\Phi^0)^{0.75} - 15 I - W^* P$	=	50	±	1.36	-	15	±	0.10	-	50	±	0.91	=	2108 mc/ha

$w^0 =$	50	mc/ha
$(\Phi/\Phi^0)$	1.25	
$(1/I - 1/n)$	1.39	
$n$	0.28	

Calcolo del volume minimo d'invaso (W) = **4.27 mc**

Tabella 1 – Sviluppo del calcolo del volume minimo d'invaso

### Metodo invaso diretto italiano

#### Metodo delle sole piogge

Tale modello si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante. In genere questo approccio tende pertanto a produrre valori cautelativi.

Nelle condizioni sopra descritte, applicando uno ietogramma netto di pioggia ad intensità costante, il volume entrante prodotto dal bacino scolante risulta pari a:

$$W_e = S * \Psi * h = S * \Psi * a * \theta n$$

dove:

1. S = superficie di riferimento
2.  $\Psi$  = coeff. di afflusso POST OPERAM
3. a, n = coeff.ti della curva di possibilita pluviometrica
4.  $\theta$  = durata critica della pioggia

Il volume uscente, considerando una laminazione ottimale  $Q_u = Q_{u,max}$  risulta:

$$W_u = Q_{u,max} * \theta$$

Il volume massimo da invasare a questo punto e dato dalla massima differenza tra le due curve descritte dalle precedenti due relazioni:

$$W_{i,max} = \max (W_e - W_u).$$

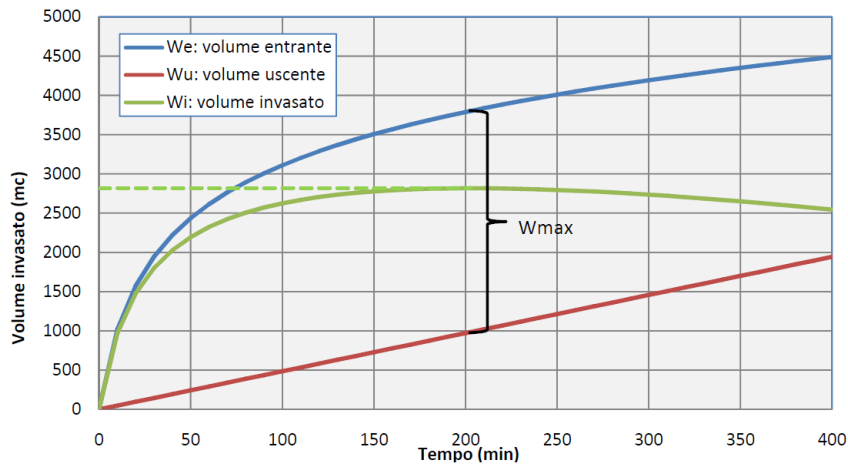
Tale valore puo essere individuato graficamente (Figura A) riportando sul piano (h,  $\theta$ ) la curva di possibilita pluviometrica netta:

$$h_{netta} = \Psi * a * \theta n$$

e la retta rappresentante il volume, riferito all'unita di area del bacino a monte, uscente dal sistema:

$$h_u = (Q_{u,max} * \theta) / S.$$

Per l'applicazione del metodo e necessario stabilire il valore della massima portata specifica ammissibile allo scarico nello stato di progetto, in questo caso 20 l/sec/ha corrispondente a 2,0 l/sec ogni 1000 mq. Si tratta della portata massima che puo essere scaricata nel sistema di drenaggio di valle o nel corpo idrico ricettore nella situazione post operam dalla superficie trasformata, essa permette di ricavare, nota la superficie dell'area di trasformazione, la portata massima ammissibile allo scarico  $Q_{u,max}$ .



*Fig. A – Andamento tipo dei volumi entranti, uscenti e da immagazzinare nella vasca di laminazione in funzione della durata dell'evento per la scelta grafica dell'evento critico con il metodo delle sole piogge.*

Il valore della massima portata specifica ammissibile allo scarico è un importante parametro di progetto. Il volume da destinare all'invaso e quello necessario a garantire che il massimo valore del coefficiente udometrico allo scarico nella situazione post operam rimanga costante rispetto alla situazione ante operam oppure non ecceda l'eventuale valore concordato o imposto dall'ente gestore.

### METODO DELLE SOLE PIOGGE

vedi Becciu e Paoletti

Con utilizzo equazioni a due componenti

volume della vasca	W	3 m <sup>3</sup>	$W_0 = 10 \cdot \phi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n - 3,6 \cdot Q_u \cdot \theta$ 16.7 minuti
durata della precipitazione	$\theta$	0.279 ore	
superficie del bacino	S	0.0203 ha	
portata in uscita	$Q_u$	1 l/s	
coefficiente di afflusso	$\phi$	0.46 -	
parametro CPP	a	54.83 mm/ora <sup>n</sup>	
parametro CPP	n	0.28	

#### calcolo coefficiente di afflusso, $\phi$

aree impermeabili	$S_{imp}$	0.0093 ha
coefficiente di impermeabilità	IMP	0.458128
coeff. di afflusso aree impermeabili	$\phi_{imp}$	0.9 -
coeff. di afflusso aree permeabili	$\phi_{perm}$	0.2 -

Tabella 2 – Sviluppo del calcolo del volume minimo d’invaso

#### Metodo delle sole piogge

I risultati ottenuti con i due metodi di calcolo non sono perfettamente comparabili ma confrontabili e con poca differenza. Il metodo delle sole piogge risulta meno prudentiale. Si sceglie il primo valore arrotondato in accesso.

- ✓ Metodo dell’invaso diretto = 4,27  $\approx$  4,3 mc di volume d’invaso
- ✓ Metodo delle sole piogge = 3,0 mc di volume d’invaso

**Calcolo del volume minimo d’invaso = 4,3 mc  $\approx$  5,0 mc**

Le misure compensative che si propongono ai fini del rispetto dell’invarianza idraulica dell’area oggetto di trasformazione si suddividono in due categorie:

1) Dispositivi di compensazione, finalizzate a mantenere costante il coefficiente udometrico o a rispettare un certo vincolo di portata allo scarico per un assegnato tempo di ritorno;

2) Dispositivi idraulici, impiegati al fine di garantire un drenaggio sostenibile e facilitare l'infiltrazione dei volumi idrici nel terreno. Tali dispositivi sono da adottarsi come misura complementare ai fini della laminazione delle piene in particolare in zone non soggette a rischio di inquinamento della falda e laddove tale soluzione possa essere ritenuta efficace e non provochi alterazioni idrogeologiche nel rispetto della vigente normativa ambientale.

Si precisa che i dispositivi idraulici possono essere usati ai fini dell'Invarianza idraulica laddove sono contemporaneamente verificate le seguenti condizioni:

- a) la soggiacenza minima della falda acquifera rispetto al piano campagna e la distanza della stessa dal fondo dell'opera disperdente deve essere maggiore o pari ad almeno 2,0 m (la falda in zona è a -25 m dal p.c.);
- b) non devono sussistere pericoli di instabilità dei suoli e sottosuoli;
- c) le dispersioni nel terreno delle acque meteoriche superficiali non devono causare inquinamenti delle falde acquifere presenti;
- d) i terreni devono possedere un adeguato grado di permeabilità idraulica ovvero  $K \geq 10^{-4}$  m/s.

Sistema di misure idrauliche per lo smaltimento delle acque piovane :

- Vasca di laminazione dimensionata per 5,0 mc capace di smaltire la portata di picco in 48 ore prima del successivo evento.

Il sistema così costituito permette la raccolta delle acque meteoriche delle superfici impermeabili generiche ed il loro convogliamento all'impianto di laminazione. A valle della vasca di laminazione verrà realizzata una sub-irrigazione per 10,0 ml di lunghezza.

Concludendo, la variante richiesta sull'area in studio risulta compatibile con l'assetto idraulico dell'area tanto da non essere sottoposta a vincoli né essere interessata da esondazioni ma, in caso di edificazione dovrà essere il principio dell'invarianza idraulica qui descritto.

## **11.0 Caratterizzazione terreni ai sensi circ. ARTA n.3/DRA/2014**

In assenza di una vera e propria microzonazione sismica locale, l'area in studio è stata indagata attraverso l'elaborazione dati ottenuta dall'esecuzione di rilievi sismici in campo, con l'ottenimento della misura della velocità delle onde sismiche longitudinali ( $V_p$ ) e trasversali o di taglio ( $V_s$ ), per l'ottenimento anche dei valori di  $V_{s30}$  necessari al riconoscimento della tipologia e della categoria del suolo di cui alla D.M. 17.01.2018.

A complemento del lavoro svolto si sono allegate alla relazione le seguenti carte tematiche :

- Carta geolitologica (scala 1:2.000);
- Carta geomorfologica (scala 1:2.000);
- Carta idrogeologica (scala 1:2.000);
- Carta litotecnica (scala 1:2.000);
- Carta delle pericolosità geologiche (scala 1:2.000);
- Carta delle pericolosità sismiche (scala 1:2.000);
- Carta della suscettività d'uso all'edificazione (scala 1: 2.000);
- Planimetria con indicazione dei punti d'indagine (scala 1:2.000);
- Schede interpretative delle prove eseguite;
- Sezione geologico-tecnica.

### 11.1 La carta geolitologica

In allegato si riporta la carta geolitologica redatta ai sensi della circolare TT.AA. n. 3/DRA/2014; come visibile le litologie affioranti sono due tipi:

- Detrito di falda e terre rosse, costituito da un sabbione calcareo-terroso con brecce calcarenitiche, Il deposito di copertura è presente fino a circa 1,3 m dal p.c., è addensato, ed è costituito da brecciole spigolose in una matrice sabbioso-terrosa calcarea. Le sue capacità tecnologiche risultano mediocri ed è opportuno asportare la coltre.
- Al di sotto della copertura si raggiungono i calcari algali stratificati del Cretaceo - Malm. Concludendo, si precisa che non esistono elementi litologico, geologici, paleontologici, mineralogici ed ambientali che sono da intendersi di rarità scientifica e di interesse tali da essere suscettibili di tutela ai sensi della L.R. n.80/77 , n.98/81 e n.14/88.

## 11.2 La carta idrogeologica

La carta idrogeologica in allegato riporta le porzioni di territorio pertinenti alla variante. Le caratteristiche idrogeologiche dei termini presenti nell'area in studio sono diversificate in funzione delle caratteristiche intrinseche del litotipo. Possiamo così schematizzare in breve:

- la permeabilità del litotipo basale risulta essere medio alta per fessurazione e fratturazione, il coefficiente di permeabilità oscilla tra  $10^{-4}$  e  $10^{-2}$  m/sec. Possiamo affermare, sulla base d'indagini effettuate in loco che modeste e rare quantità di acqua capillare sono presenti nel sito in studio a circa – 15,0/-20,0 m dal p.c.

La vulnerabilità della falda, se verranno garantiti gli standard sanitari, sarà bassa, nota la tipologia di attività da svolgere.



Nell'area non vi sono sorgenti o altre emergenze idriche. Non vi sono comunque aree sottoposte a regimi di salvaguardia secondo quanto previsto al D.P.R. 236/88. La falda non è del tipo superficiale ma profonda.

### 11.3 La carta geomorfologica

L'analisi della carta geomorfologica riportata in allegato non evidenzia frane in atto o potenziali, né la struttura geologica del sub-strato ha caratteristiche tali da creare turbative all'azione antropica. L'area ha una tipica evoluzione morfologica gestita dalle acque d'infiltrazione e superficiali, con pochi e rari segni di erosione superficiale libera e concentrata in impluvi incisi.

La zona dove è ubicato il lotto non è un'area di fondovalle, ed è ben lontana da pericolosità di esondazione per la modesta portata idraulica di torrenti vicini, sia per le urbanizzazioni primarie della zona.

Si conclude pertanto che non sussistono problematiche in atto o potenziali che possono influenzare negativamente la variante.

### 11.4 La carta litotecnica

La carta litotecnica in allegato riporta una classificazione dei sedimenti secondo quanto previsto alla circolare assessoriale vigente, all'allegato "D". Sono state così distinte due unità in base alle caratteristiche fisico-meccaniche.

- Terre rosse, si tratta di “sedimenti a grana fine” costituiti da “argilla con sabbia e ghiaia calcarea spigolosa”, secondo lo schema della circolare la facies si identifica con la dicitura “F2”;
- Calcari massivi tettonizzati, si tratta di “sedimenti calcarei litoidi a grana grossa” che secondo lo schema della circolare si identificano con la dicitura “A1”.

Si rimanda agli allegati per quanto riguarda la parametrizzazione geotecnica delle terre.

#### 11.5 La carta delle pericolosità geologiche

La carta delle maggiori pericolosità geologiche è una carta di sintesi che tiene conto delle particolarità esposte nelle precedenti cartografie. In essa non sono state individuate pericolosità dovute alla presenza di erosione libera e concentrata o per frana. Tutte le emergenze rilevate sono di modesta entità ed importanza, di basso impatto e non rappresentano un ostacolo all'intervento. Basterà regimare le acque, captandole ed allontanandole per ovviare agli scorrimenti invernali; la falda rimane debitamente distante dal p.c. e il tipo di terreno non ha potenziale liquefacibilità.

#### 11.6 La carta della pericolosità sismica

La carta della pericolosità sismica riporta la presenza di :

- sedimenti a grana fine, (tipo di terreno “F2”) sovrapposto ai calcari sottostanti.

Le emergenze rilevate sono di modesta entità e non rappresentano un ostacolo all'intervento. La falda rimane debitamente distante dal p.c. e non sono necessari interventi con muri di contenimento.

Si fa notare che il fondo, ha uno spessore delle coltri di copertura detritica fino a 1,5 metri dal p.c. giacente su un substrato a forte contrasto ma per l'esiguo spessore non esiste pericolosità sismica. Esso non è pertanto soggetto ad amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a differente risposta sismica tra copertura e substrato.

Si precisa che l'area è una zona stabile con substrato consolidato, non è interessata da potenziale liquefazione o cedimenti differenziali, non vi sono aree di deformazione dovute a faglie attive e/o capaci, il litotipo è unico quindi la zona è sismicamente omogenea senza possibilità di fenomeni di amplificazione sismica, non è area di fondovalle, né falda detritica, né conoide alluvionale né area con cavità sepolte, non è orlo di scarpata morfologica con dislivello tra 10 o 20 m o maggiore di 20 m, non è orlo di terrazzo fluviale con dislivello tra 10 e 20 m o oltre 20 m, non è cresta di versante, né scarpata sepolta, né valle sepolta stretta o larga.

#### 11.7 La carta delle indagini

A supporto dello studio di seguito è stato eseguito n. 1 rilievo sismico a rifrazione.

#### 11.8 La carta delle suscettività d'uso all'edificazione

Concludendo, non sussistono elementi di pericolosità sismica o geologica che possono essere ostativi al progetto di variante, ma neanche

indicazioni di carattere specifico che tendono a migliorare l'inserimento antropico e mantenere elevato il coefficiente di sicurezza. Rimandando ai paragrafi precedenti per ogni approfondimento, non si riconoscono criticità da limitare o condizionare l'utilizzo del fondo oggetto di variante urbanistica.

## 12.0 Conclusioni

Alla luce di quanto emerso dal rilevamento di campagna e dalle considerazioni geomorfologiche, litotecniche ed idrogeologiche effettuate, l'area in studio non ha caratteristiche tali da risultare ostative alle esigenze presentate dalla variante urbanistica richiesta. Essa si presta, infatti, alla realizzazione di opere di urbanizzazione primarie, non essendo state rilevate particolarità geomorfologiche tali da far ipotizzare situazioni d'instabilità in atto o quiescente, tanto che l'area risulta fuori da vincoli PAI per frane o esondazione. La situazione idrogeologica è tale che non vi sono interferenze con le acque superficiali e neanche con quelle profonde. L'ammasso, scorticato della copertura di circa 130 cm, è idoneo a recepire carichi indotti da strade di servizio poiché possiede doti di compressibilità tollerabili. Oltre l'intervallo 0,0 - 130 cm dal p.c. troviamo calcari massivi fratturati, lapidei tenaci alla scala del campione. Non sono state riscontrate situazioni geologico-strutturali tali da far supporre che il sito abbia risentito o peggio presenti tracce di tettonica. Un'adeguata regimazione delle acque di apporto meteorico, specie a seguito di precipitazioni intense migliora la fruizione del fondo. Per il resto non si riscontrano criticità da limitare o condizionare la gestione del lotto. Con tali premesse si può esprimere parere di compatibilità geomorfologica e di compatibilità idraulica favorevole per la variante richiesta senza condizioni.

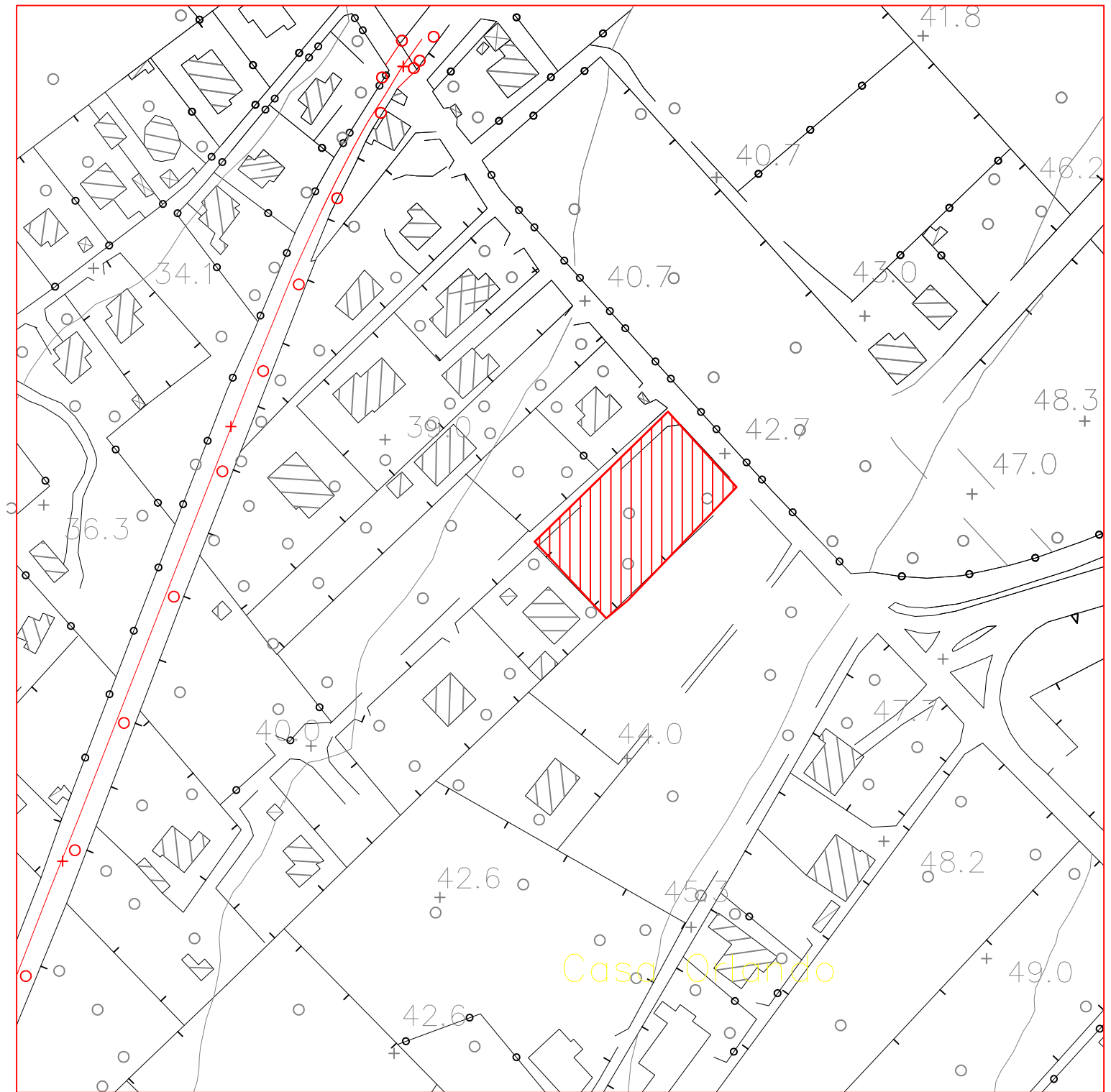
Dott. Geol. Francesco Zerilli





 Zona di Intervento

STRALCIO I.G.M.  
Scala 1:25000



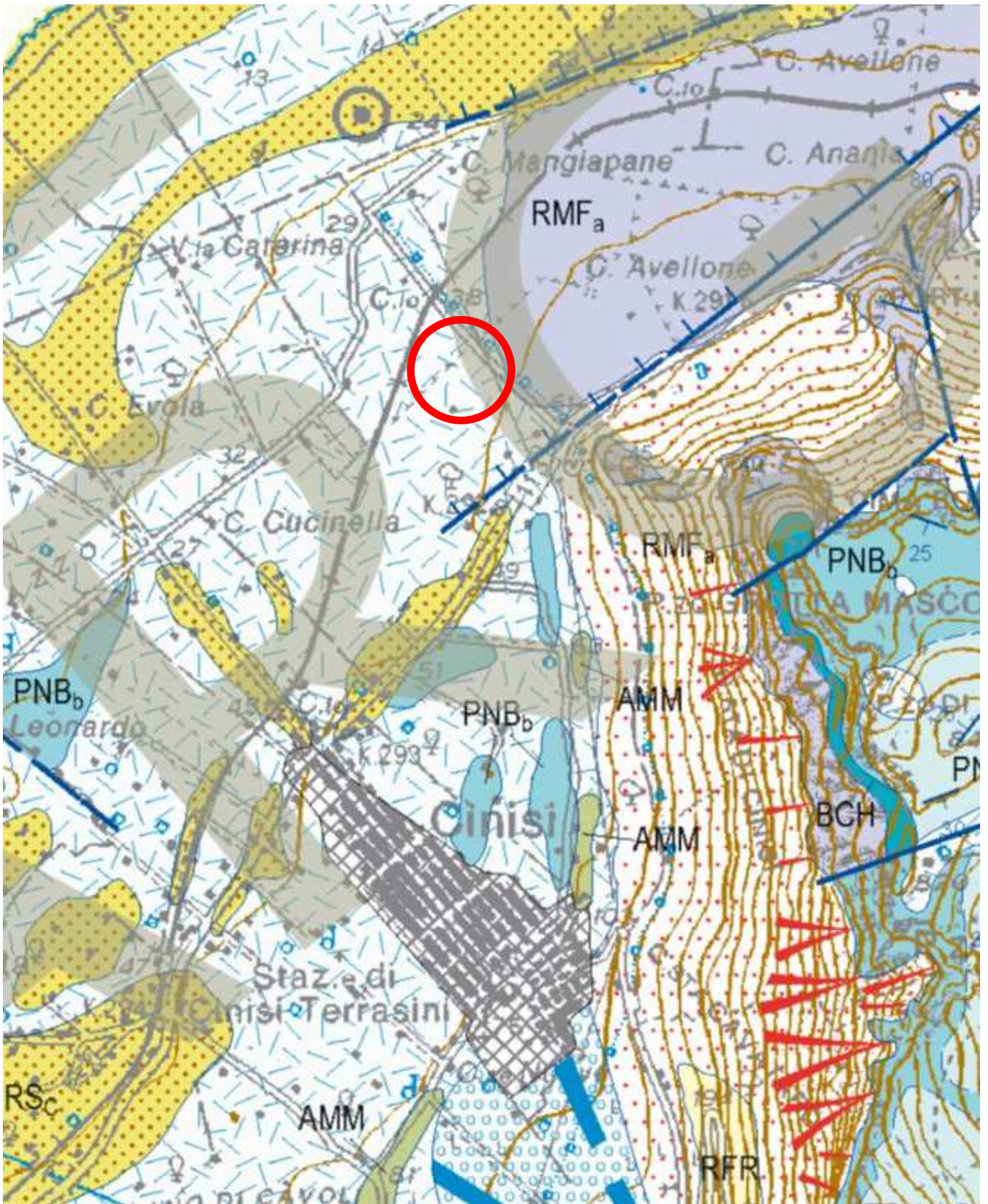
 Zona di Intervento

STRALCIO AEROFOTOGRAMMETRICO  
Scala 1:2000









coltre eluvio - colluviale (b<sub>2</sub>)      detrito di falda (a<sub>1</sub>)

**SISTEMA DI MARSALA**

Calcarei e Sabbie di Castellammare (MRS<sub>2</sub>): biocalcarei, dal giallo all'arancio-rossiccio con stratificazione decimetrica a luoghi incrociata, con foraminiferi bentonici, planctonici (*Globobulimina truncatulinoides exilis*) e frammenti di alghe, conglomerati a matrice arenitica e sabbie siltose bianche con lamellibranchi (*Pecten* sp., *Chlamys* sp., *Ostrea* sp. e *Cardium* sp.) e gasteropodi. A luoghi depositi di tempesta cementati. L'unità affiora nella Piana di Partinico e fascia costiera di Balestrate-Trappeto e lungo la fascia costiera settentrionale (Punta Rasi e Baia di Cani). Localmente (Fiume Nocella), affiorano biotipi (non distinti in carta) confrontabili con le "Argille di Ficcarazzi" (MRS<sub>1</sub>). Spessore complessivo variabile tra 20 e 50 m. Ambiente deposizionale neritico-costiero.

CALABRIANO (Emiliano-Siciliano)

Calcarei di Palermo (MRS<sub>1</sub>): calcareni e calciruditi da bianche a giallo-rossastre a stratificazione incrociata; calcareni e sabbie giallastre bioclastiche a molluschi, ostracodi, radioli di echinidi e foraminiferi bentonici (associazione di facies di ambiente neritico e litorale). Intercalazioni di conglomerati immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa. Limite inferiore netto e discordante. Localmente le calcareni di Palermo sono state cartografate con le coperture eluvio-colluviali quando lo spessore è inferiore a 40 cm. Spessori affioranti alcuni metri, in pozzo fino a 80 metri. Ambiente deposizionale neritico-costiero.

CALABRIANO (Emiliano-Siciliano)

**FORMAZIONE AMERILLO**

Calcoliti rosate e marni bianche e rosso-giallastre a foraminiferi planctonici (biotizza a *Globobulimina ventricosa* e a *Turborotalia cercaulensis*) con intercalazioni di calcareni ad orbitoli e frammenti di rudisti. Si rinviengono come riempimento di filoni sedimentari. Spessore fino a 150 m. Limite inferiore discordante su PNB<sub>2</sub> e su ES<sub>5</sub>. Ambiente pelagico e di scarpata deposizionale.

CRETACICO SUPERIORE-EOCENE

Nell'area di Cala Rossa, Terrasini, data l'esiguità dei livelli affioranti e/o sommersi, vengono rappresentate con un'unica linea cromatica ed unico contrassegno i depositi delle formazioni Buccheri, Lattimusa, Hybla e Amerito. Nell'area questi depositi raggiungono uno spessore complessivo di 150 m. Il loro limite inferiore non è affiorante. L'ambiente è quello di scarpata-piattaforma pelagica. L'età è compresa tra il Giurassico superiore e l'Eocene medio-superiore.

**CALCARI DI PIANO BATTAGLIA**

Bioliti a coralli, spugne calcaree (*Ellipsactinia* sp.) e alghe nodulari e calciruditi e calcareni coralgali di colore grigio in strati regolari (PNB<sub>2</sub>). Calciruditi bioclastiche e intraclastiche con abbondanti talli di cianofite (*Cayeuxia* sp.), tracce di serpulidi, resti di coralli, spugne (*Ellipsactinia* sp.), idrozo, stromatopodi, briozoi e foraminiferi bentonici (*Protopenneropsis striata*, *P. ultrangulata*) (PNB<sub>1</sub>). Spessori affioranti intorno ai 100-300 m. Limite inferiore discordante su BCH. Ambienti di margine di piattaforma carbonatica (rispettivamente di scogliera e di avanscogliera).

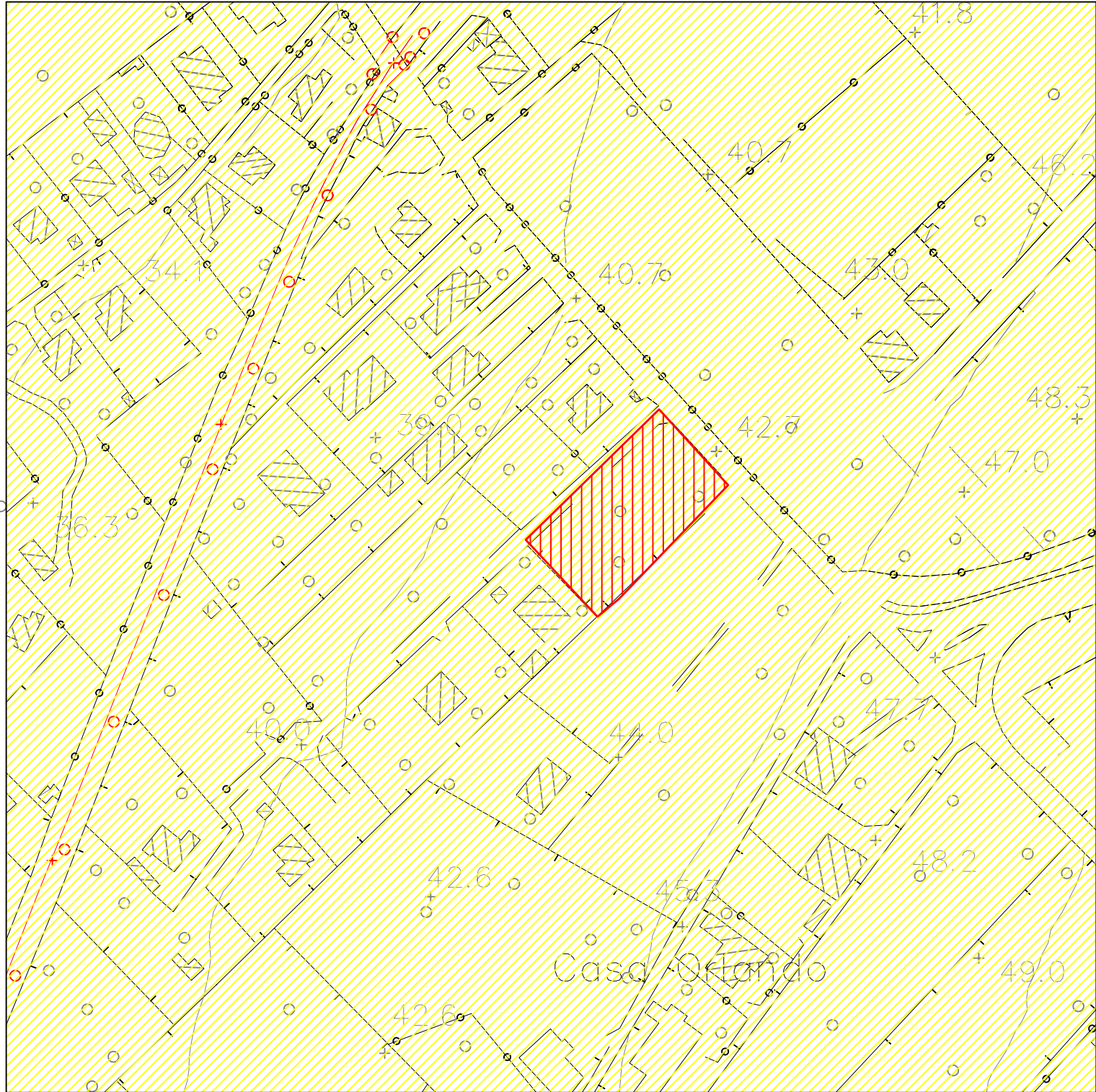
GIURASSICO SUPERIORE (Titanico)-CRETACICO INFERIORE (Valanginiano)

**FORMAZIONE CAPO RAMA**

Calcarei e calcari dolomitici a megalodontidi e oncoliti, a luoghi bioliti coralgali dolomie stromatolitiche e liferitiche, breccie liferitiche (strutture a tepee) e breccie nere. In cicli *shallowing-upwards* (cicli peritidali e subtidali). Spessore affiorante 400-500 m. Limite superiore una superficie di discontinuità, a luoghi erosiva, con BCH. Ambiente di laguna di retroscogliera e piana tidale. Localmente (Monte Gallo), sulla superficie di erosione subaerea, profondamente incisa, al tetto di RMF sono presenti lenti di circa 80 cm di argille bauxitiche giurassiche, incoerenti, rosso-giallastre con bohemite, ematite e ghoetite (bauxiti di Spinasantida indicate in carta con ▲α per il loro interesse stratigrafico).

Calcarei a megalodontidi, bioliti algali, bioliti a coralli in cicli *shallowing-upwards* (Calcarei di Costa della Ginestra, RMF<sub>3</sub>). Questa associazione di facies è potente fino a 400 m e passa lateralmente alla formazione di Cozzo di Lupo (CZP). Ambiente di laguna prossimo alla scogliera.

TRIASSICO SUPERIORE - LIASSICO INFERIORE



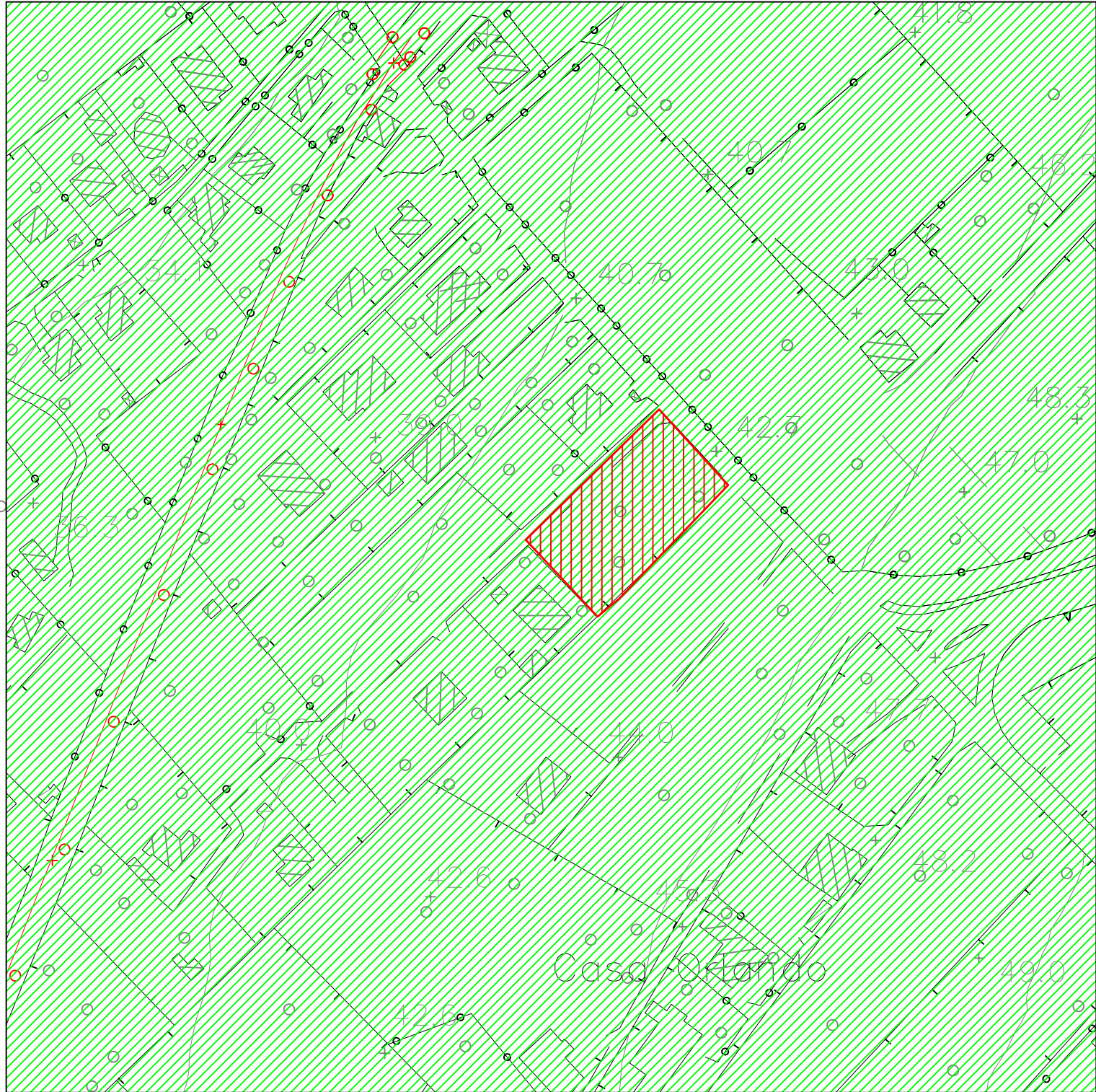
Zona di Intervento



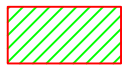
Complesso calcareo  
Formaz. Capo Rama  
Calcari a megolodonti e  
biolititi a coralli o algali

CARTA GEOLOGICA

Scala 1:2000



Zona di Intervento

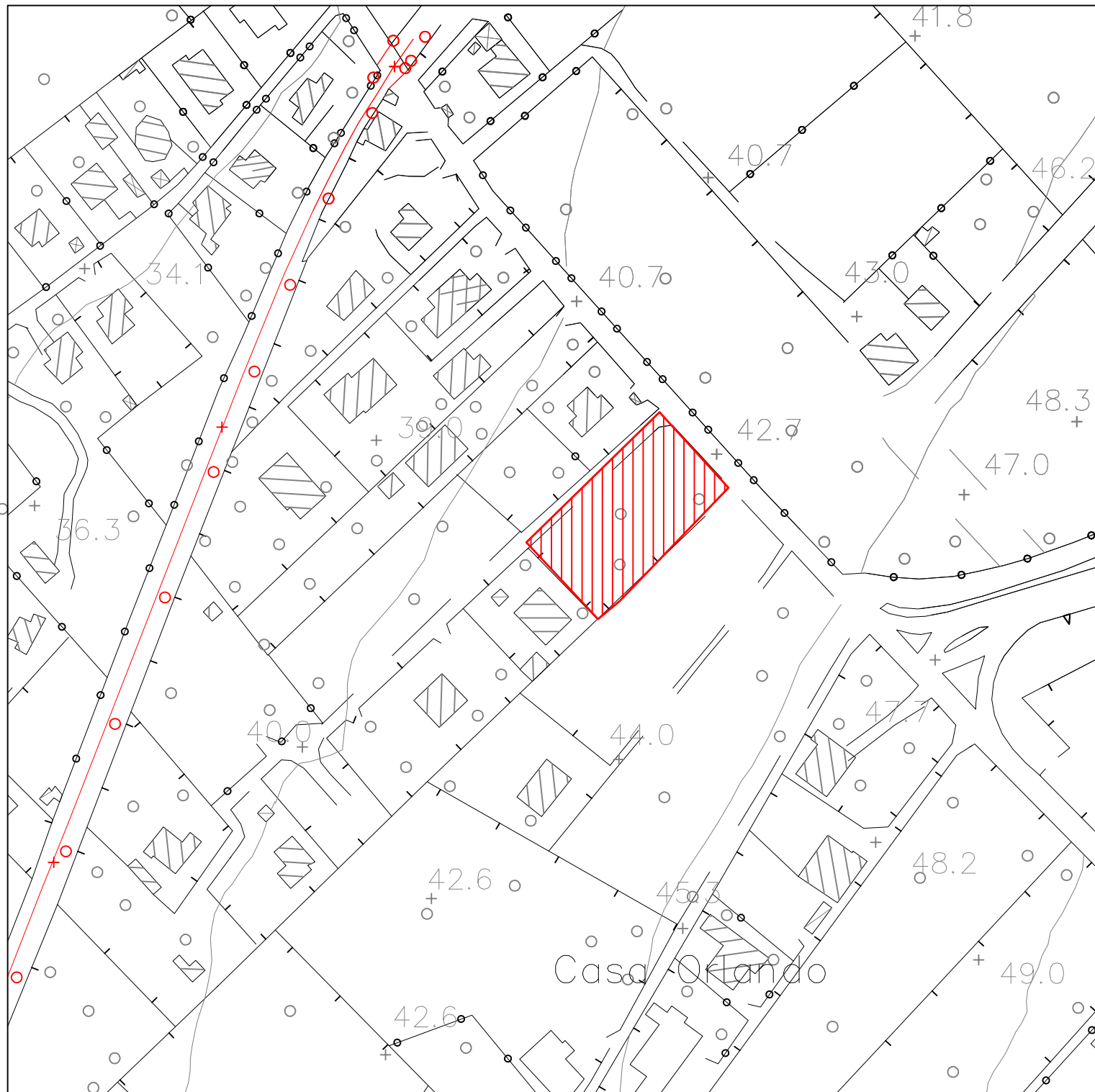


Complesso calcareo  
 permeabilità secondaria per  
 fessurazione e fratturazione  
 Coefficiente di permeabilità  
 da medio ad elevato  
 $K = 10^{-2} - 10^{-4} \text{ m/sec}$

CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:2000

Assenza di pozzi e sorgenti



Zona di Intervento

### CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:2000

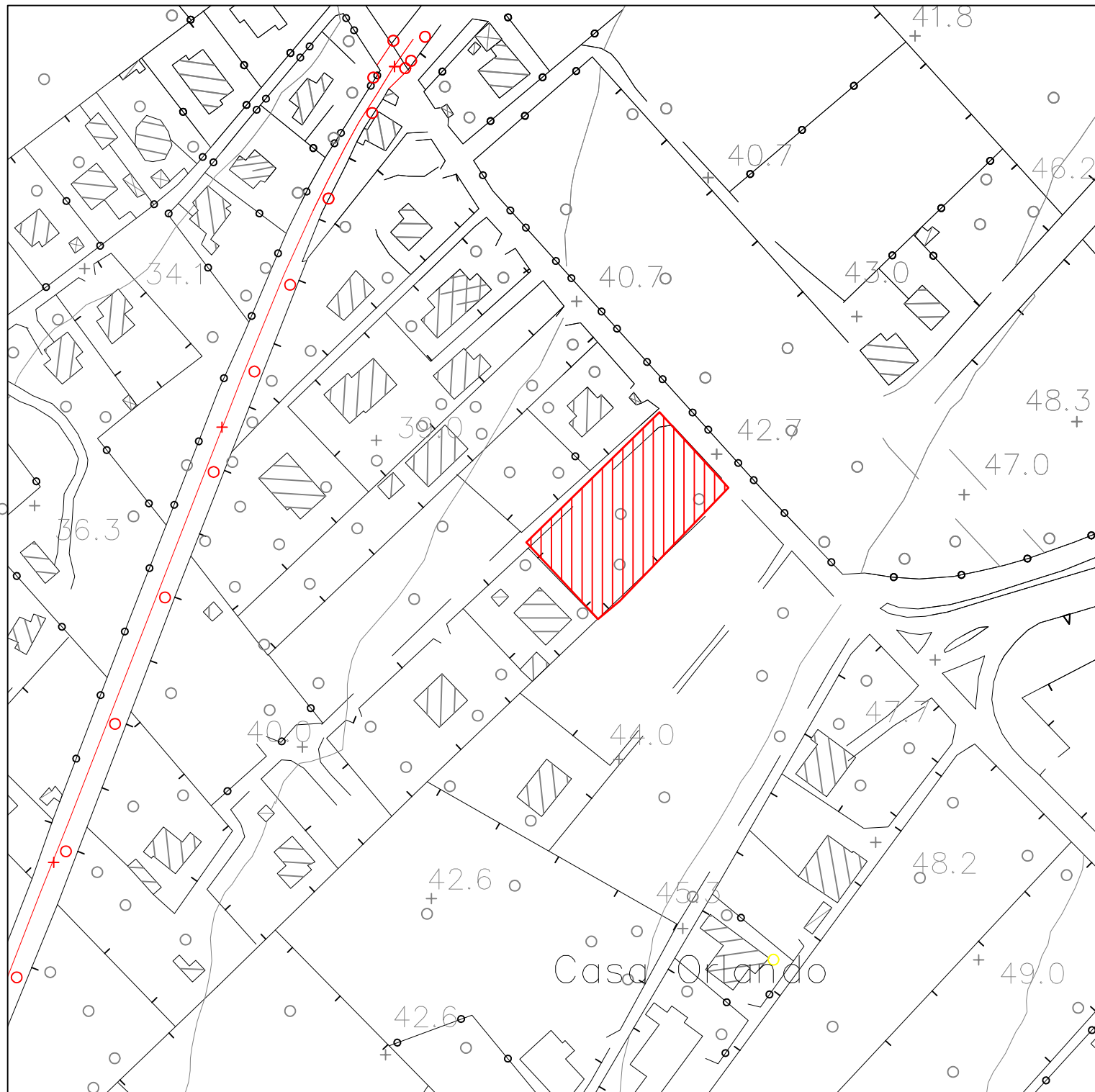
Classe di pendenza = bassa (3-5 gradi)

Franosità = Assente

Idrografia superficiale = Assente

Vincolo PAI geomorfologico = Assente

Vincolo PAI idraulico = Assente



Zona di Intervento

### CARTA LITOTECNICA

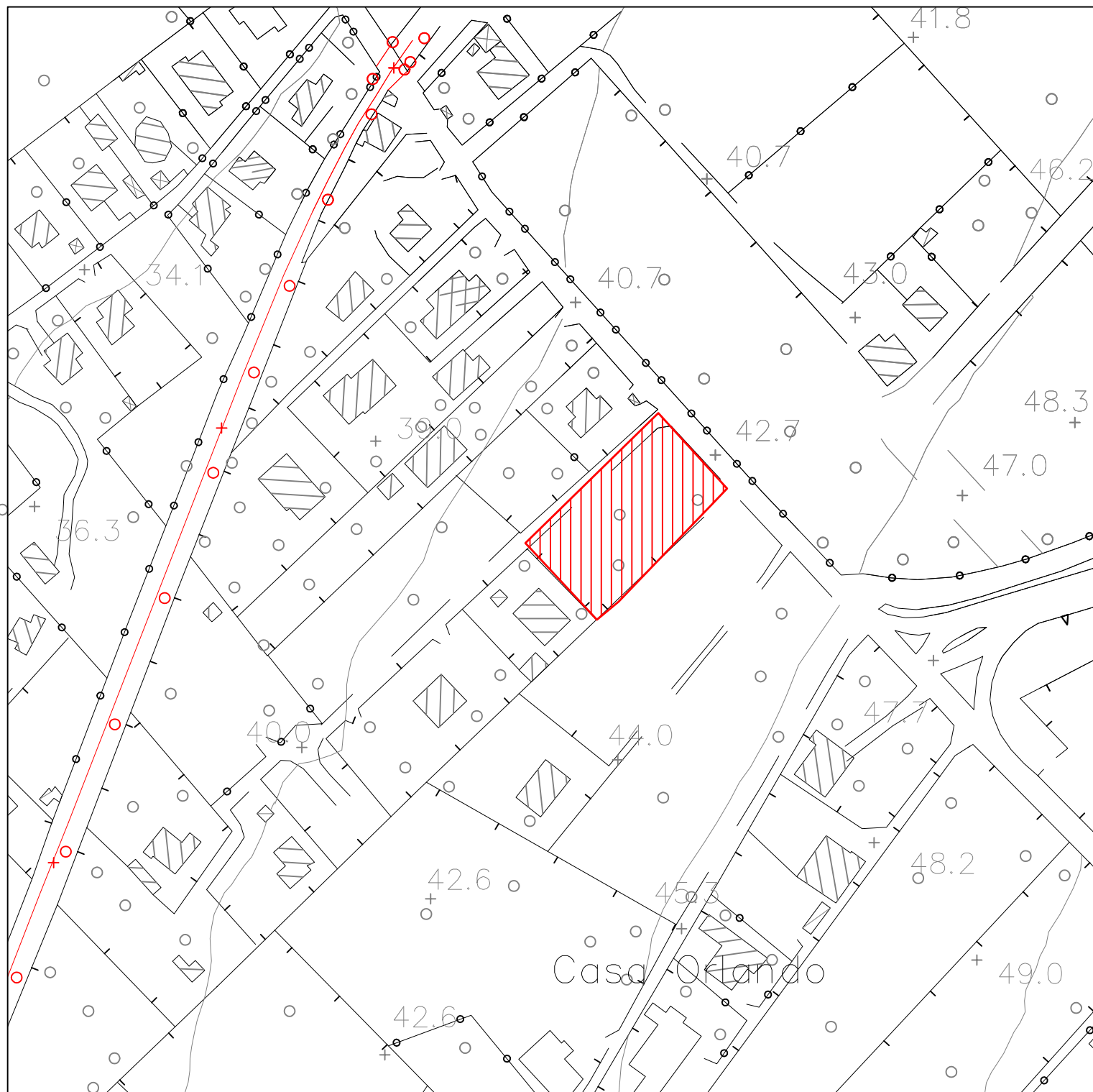
Scala 1:2000

Coltre di copertura = Terre rosse - Argille e sabbie con minuti calcarei sospesi (F1 - coesivo)  
 Spessore = variabile tra 0,0 e 1,50 m  
 Consistenza = Media

Terreni di substrato = Calcari massivi fratturati (A1)  
 Spessore = > 50 m  
 Consistenza = lapidea tenace

Angolo attrito interno = 25° - 27°  
 Coesione drenata = nulla  
 Peso di volume = 1,7 - 1,8 t/mc

Angolo attrito interno = 35° - 45°  
 Coesione drenata = 0,0 - 5,0 t/mq  
 Peso di volume = 2,4 - 2,6 t/mc



Zona di Intervento

### CARTA PERICOLOSITA' GEOLOGICHE

Scala 1:2000

Classe di pendenza = bassa (3-5 gradi)

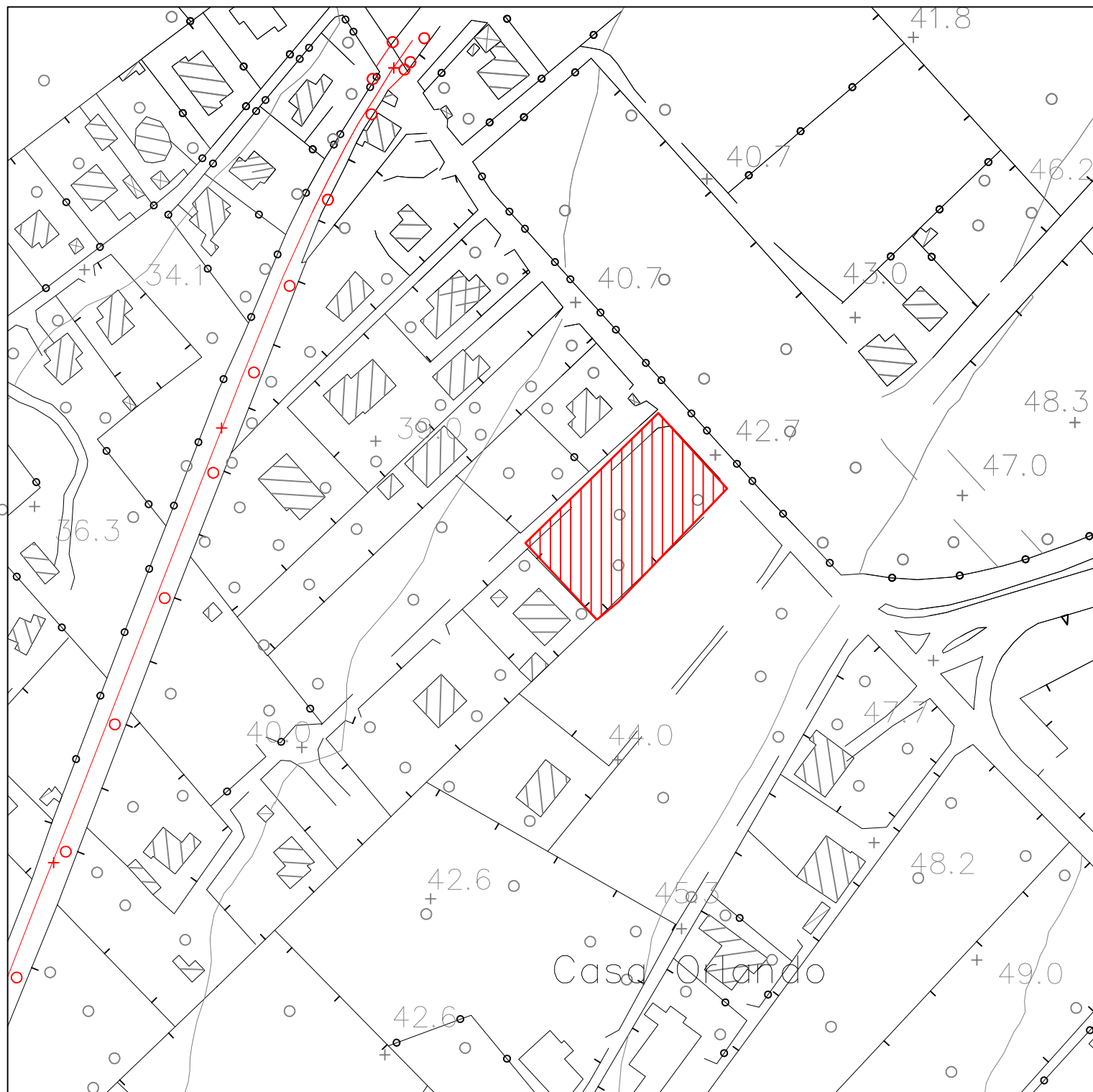
Franosità = Assente

Idrografia superficiale = Assente

Vincolo PAI geomorfologico = Assente

Vincolo PAI idraulico = Assente

Condizioni di sito = stabile e sicuro



Zona di Intervento

### CARTA PERICOLOSITA' SISMICHE

Scala 1:2000

Classe di pendenza = bassa (3-5 gradi)

Franosità = Assente

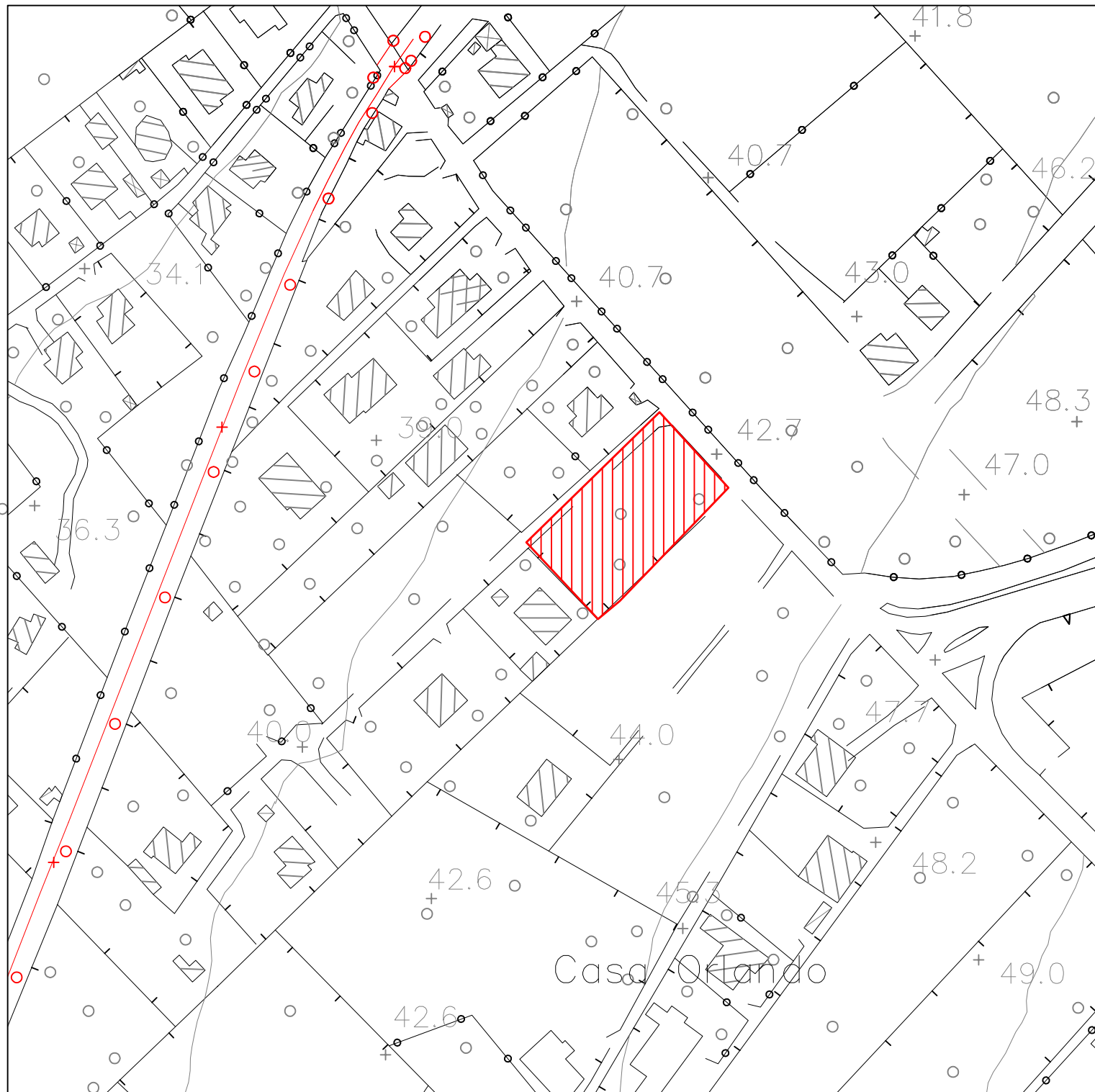
Cause predisponenti a criticita' = Assenti

Fondovalle o Cresta = NO

Liquefazione = Assente

Condizioni di sito = stabile e sicuro





Zona di Intervento

CARTA SUSCETTIVITA' EDIFICAZIONE

Scala 1:2000

Limitazioni all'uso edificatorio = NO

Condizionamenti all'uso edific. = NO

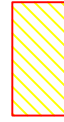
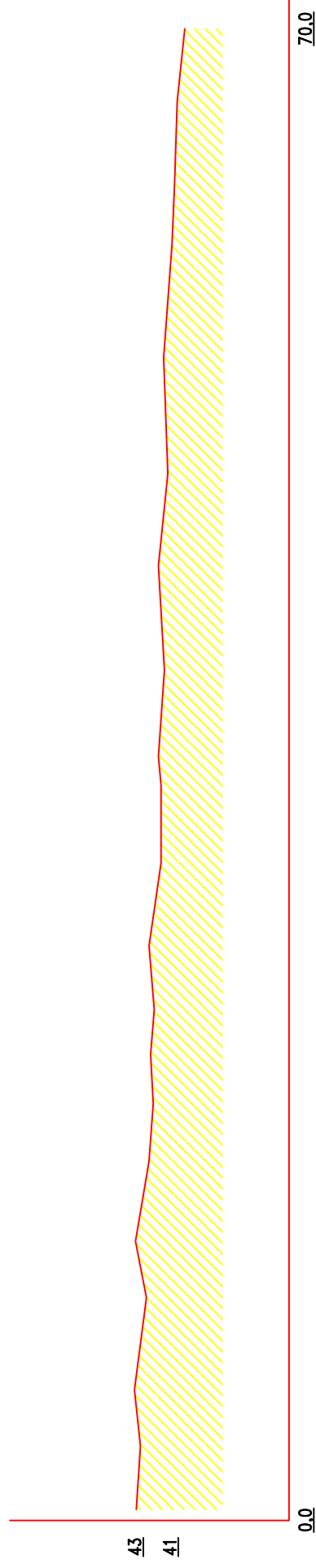
Acclivita' = Bassa

Problematiche geologiche, litotecniche  
idro-geomorfologiche = NO

Suscettibilità d'uso = NON CONDIZIONATA

# SEZIONE GEOLOGICA

Scala 1:200



Complesso calcareo  
Formaz. Capo Rama  
Calcarei a megolodonti e biolittiti a coralli o algali  
talora coperto da una coltre di terre rosse a spessore variabile tra 0,0 e 1,30 m

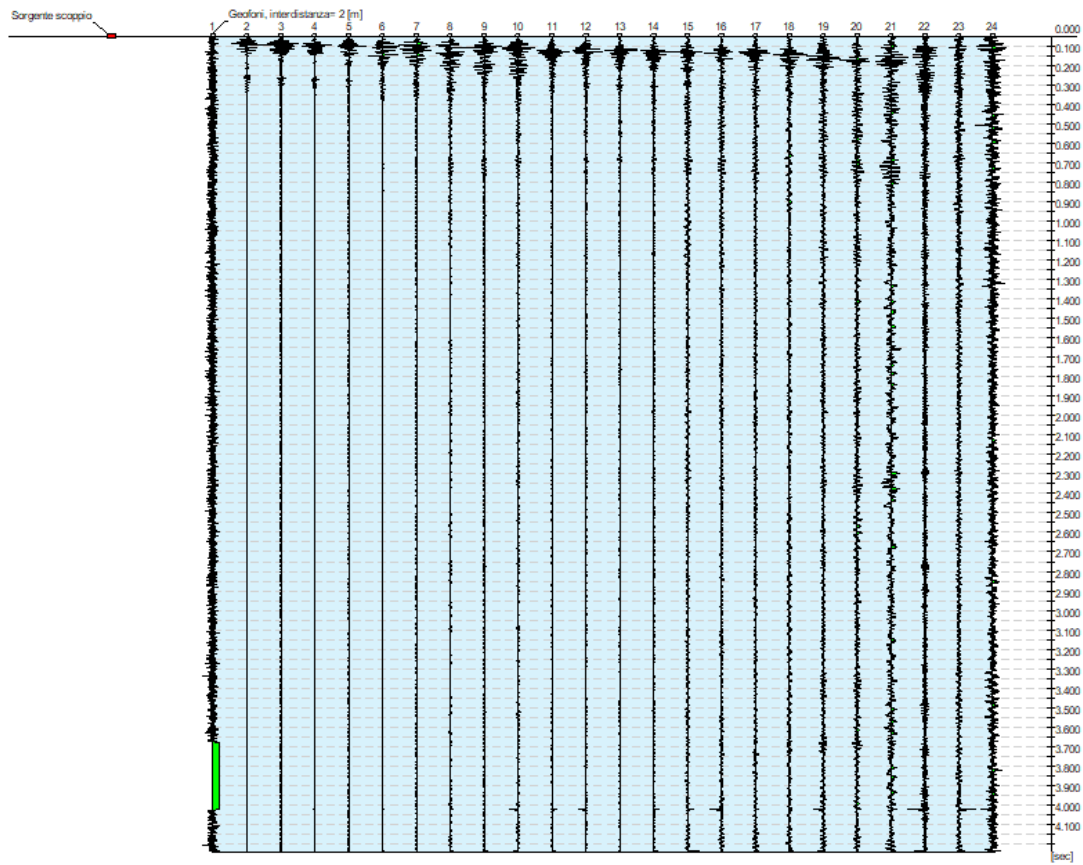
## Indagine di sismica tipo “MASW”

### Dati generali

<b>Committente</b>	Lo Chirco Salvatpre – Munaco Paolina
<b>Cantiere</b>	Variante Urbanistica
<b>Località</b>	Cinisi – Via Aldo Moro
<b>Responsabile</b>	Dott.Geol. Francesco Zerilli
<b>Data</b>	12/10/2023

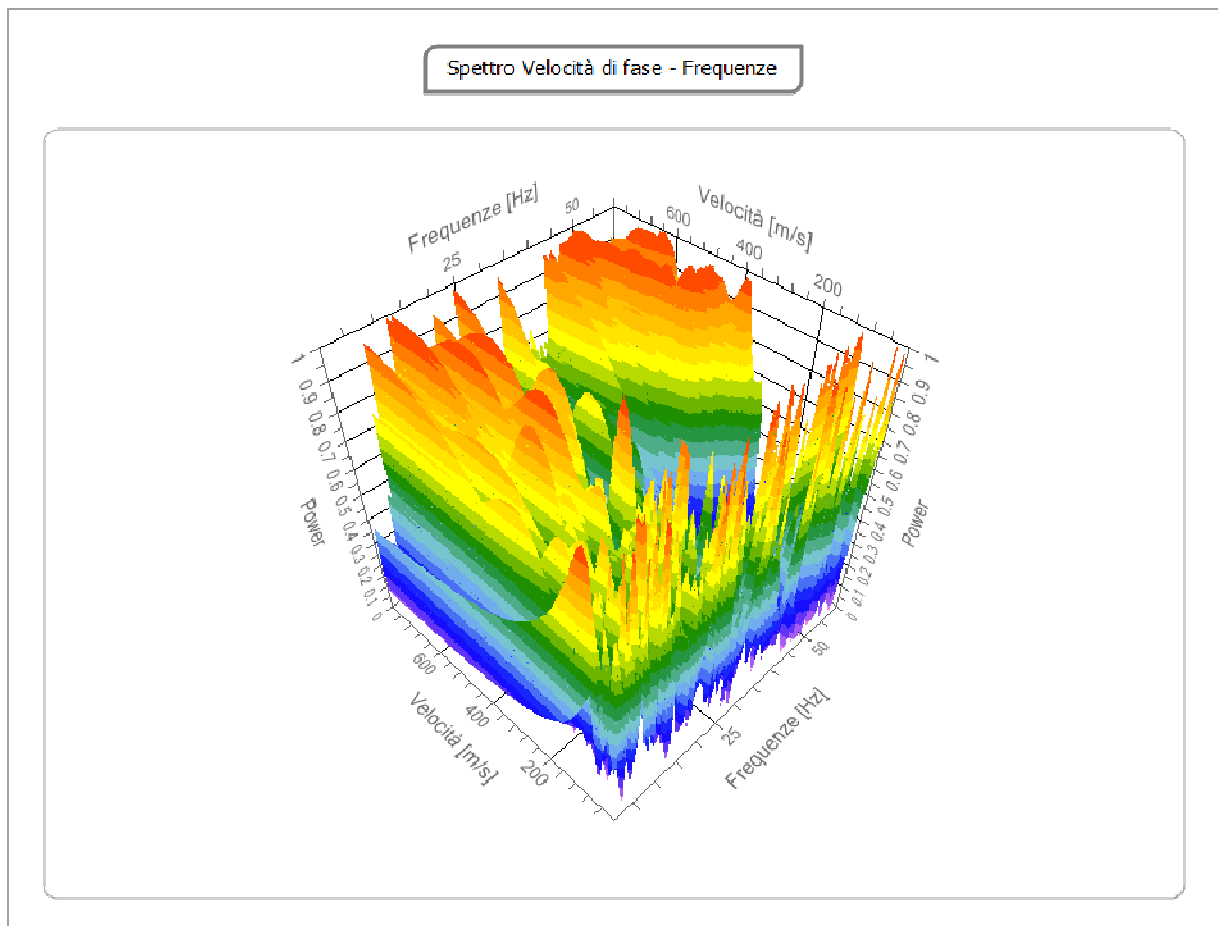
## Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	4194.3
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.024



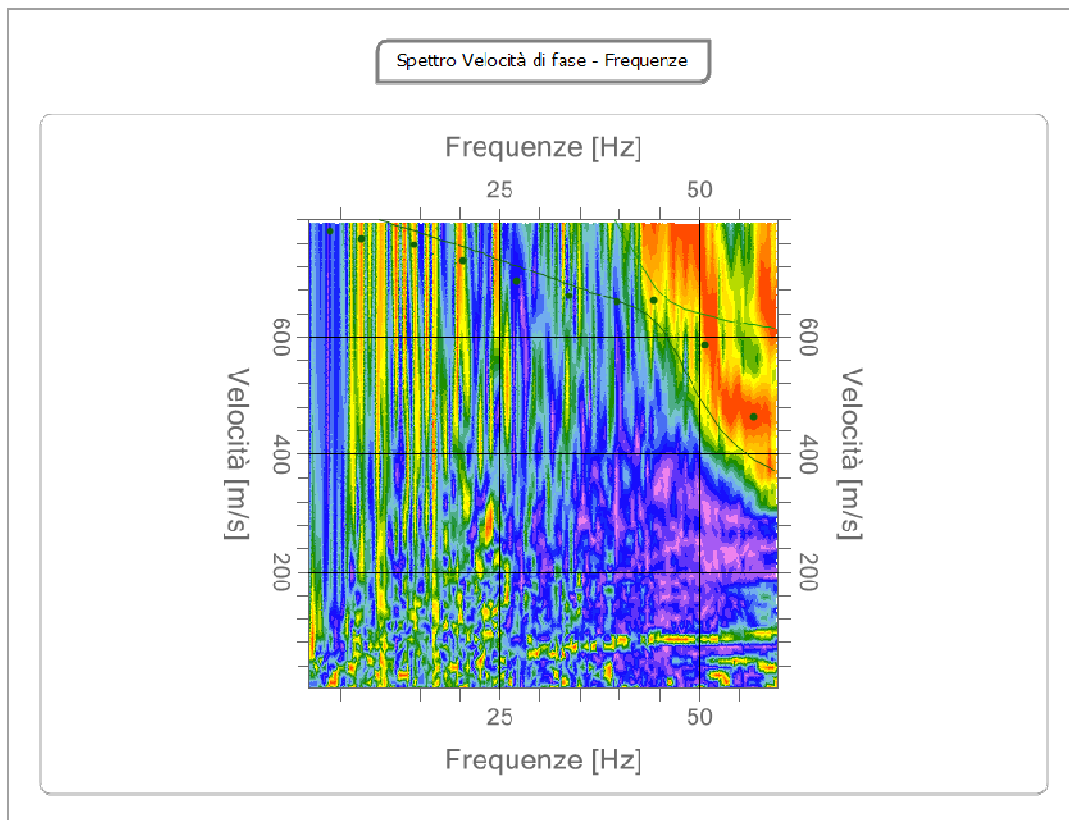
## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.8	780.2	0
2	7.7	767.0	0
3	14.3	756.0	0
4	20.5	729.6	0
5	27.1	694.3	0
6	33.8	670.1	0
7	39.8	659.1	0
8	44.3	661.3	0
9	50.8	586.5	0
10	56.8	463.2	0



## Inversione

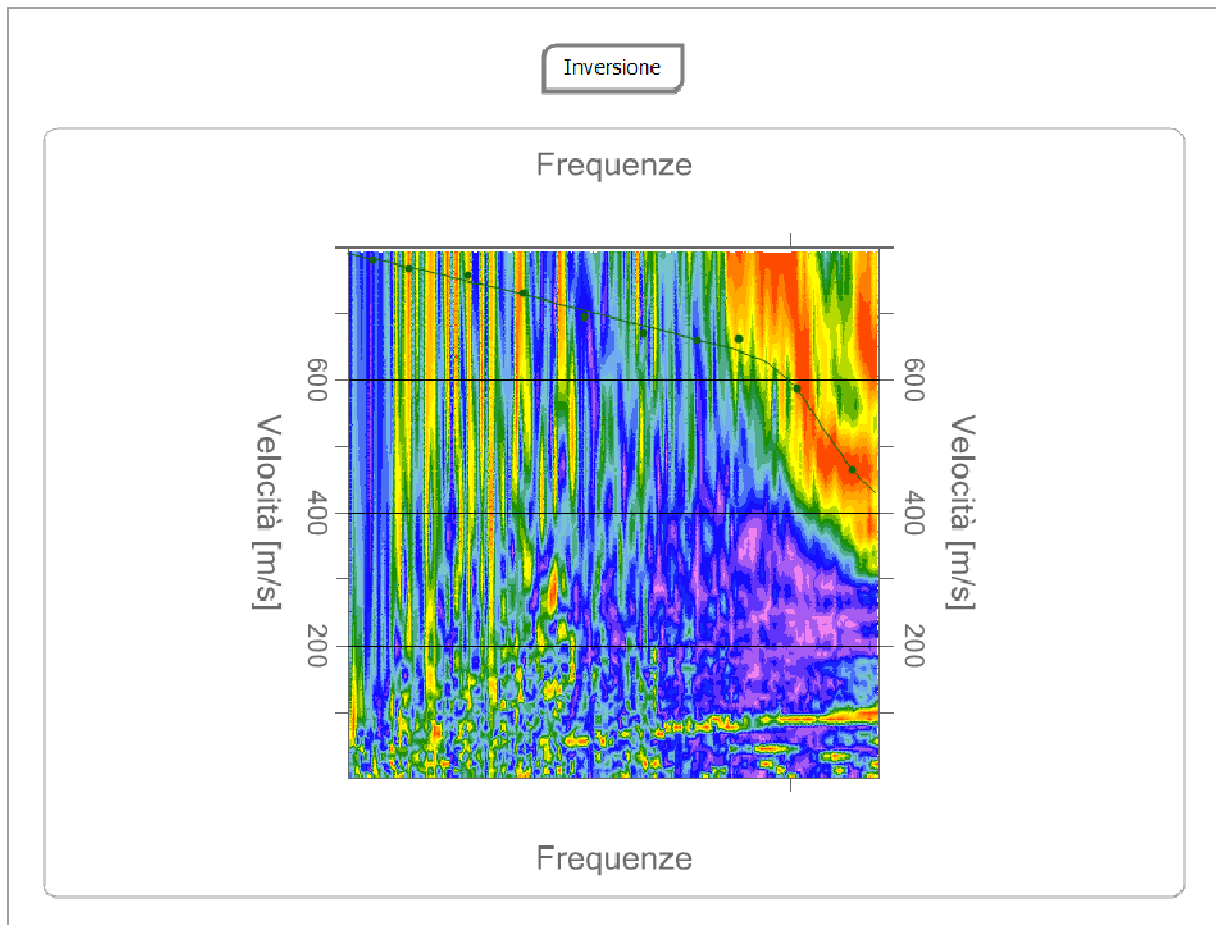
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.45	2.45	1950.0	0.4	No	684.4	328.8
2	3.46	1.00	2100.0	0.3	No	1310.2	660.0
3	∞	∞	2200.0	0.3	No	1598.7	854.5

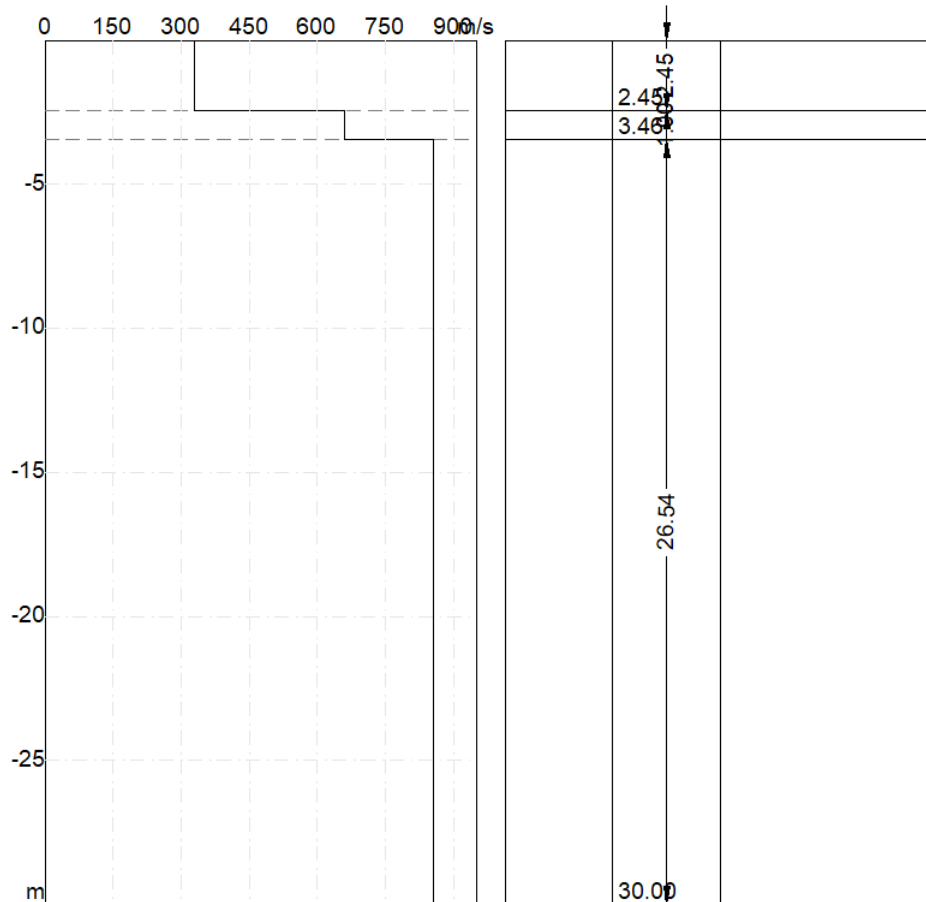
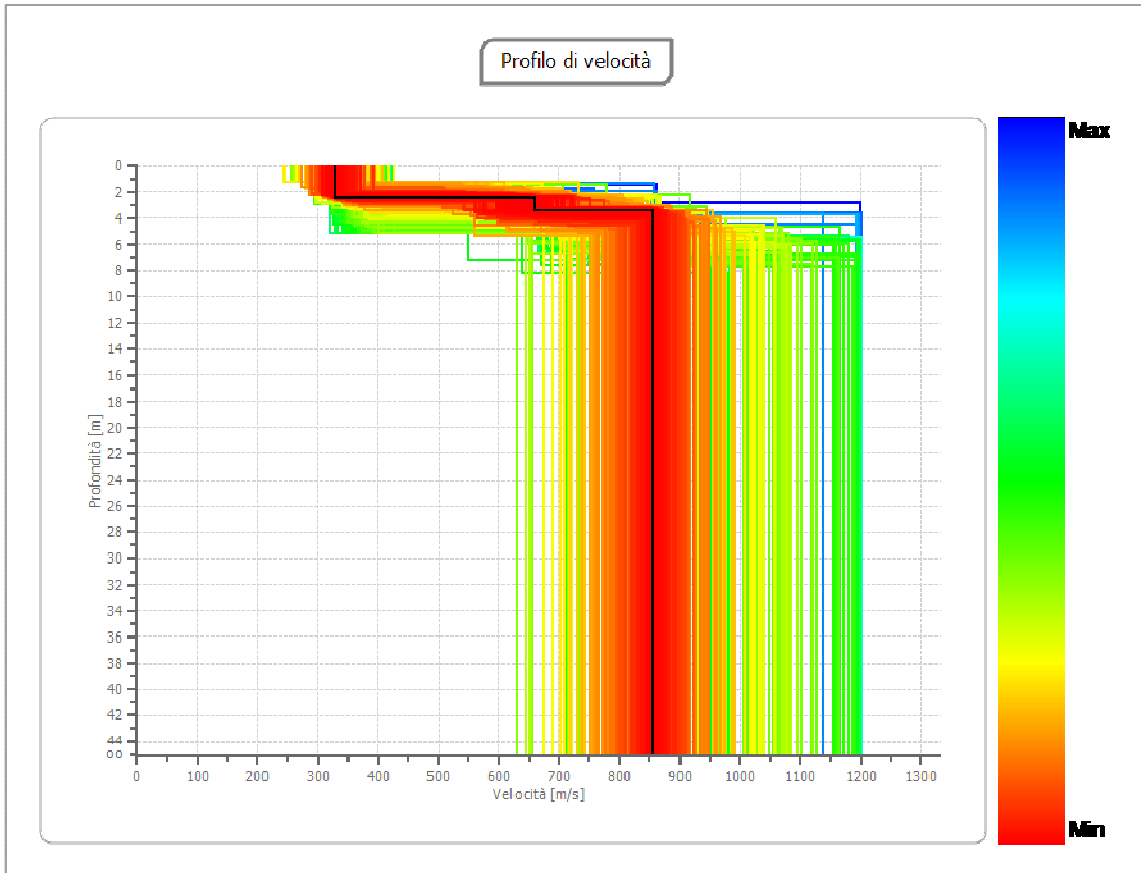
Percentuale di errore

0.014 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.012







## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0,00
$V_{\text{equivalente-3,5}}$ [m/sec]	439.0
Categoria del suolo	B

**CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE, ai sensi delle NTC2018: Cat. "B"**

**con  $V_{\text{equivalente-3,5}}=439$  m/s**

## Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	2.45	2.45	328.75	684.35	1900.00	0.35	205.35	889.84	616.05	554.44
2	3.46	1.00	659.96	1310.18	2400.00	0.33	871.09	3433.14	2271.68	2317.11
3	oo	oo	854.54	1598.70	2600.00	0.30	1533.51	5367.30	3322.61	3987.14

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## CALCOLO DELLA VELOCITA' EQUIVALENTE DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO - NCT 2018

- hi Spessore dell'iesimo strato  
 Vs,i Velocità delle onde di taglio nell'iesimo strato  
 N Numero di strati  
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/sec

Profondità substrato con Vs non inferiore a 800 m/sec = **4** metri  
 se entro 30 m non viene superata una Vs di 800 m/sec  
 si applica la formula delle NCT 2008 con "H" = 30

Calcolazione secondo NCT 2018 =

**Vs 4**

$$V_{S,eq} = \frac{H}{N} \frac{4}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

(3.2.1)

**438.89** m/sec

Categoria di suolo : **B**

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	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, 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 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 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 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.

**Progetto :** Variante urbanistica

**Località :** Cinisi - Via Aldo Moro

**Ditta :** Lo Chirco - Munaco

Prof	Vs	hi	hi/Vi
1	328.75	1	0.00304
2	328.75	1	0.00304
3	660	1	0.00152
4	660	1	0.00152
5	854.54	1	0.00117
6	854.54	1	0.00117
7	854.54	1	0.00117
8	854.54	1	0.00117
9	854.54	1	0.00117
10	854.54	1	0.00117
11	854.54	1	0.00117
12	854.54	1	0.00117
13	854.54	1	0.00117
14	854.54	1	0.00117
15	854.54	1	0.00117
16	854.54	1	0.00117
17	854.54	1	0.00117
18	854.54	1	0.00117
19	854.54	1	0.00117
20	854.54	1	0.00117
21	854.54	1	0.00117
22	854.54	1	0.00117
23	854.54	1	0.00117
24	854.54	1	0.00117
25	854.54	1	0.00117
26	854.54	1	0.00117
27	854.54	1	0.00117
28	854.54	1	0.00117
29	854.54	1	0.00117
30	854.54	1	0.00117
31	854.54	1	0.00117
32	854.54	1	0.00117

H 2018	H 2008
4	30

NCT 2018	NCT 2008
438.89	772.43

$\Sigma hi/Vs,i =$	0.009
$\Sigma hi/Vs,j =$	0.039

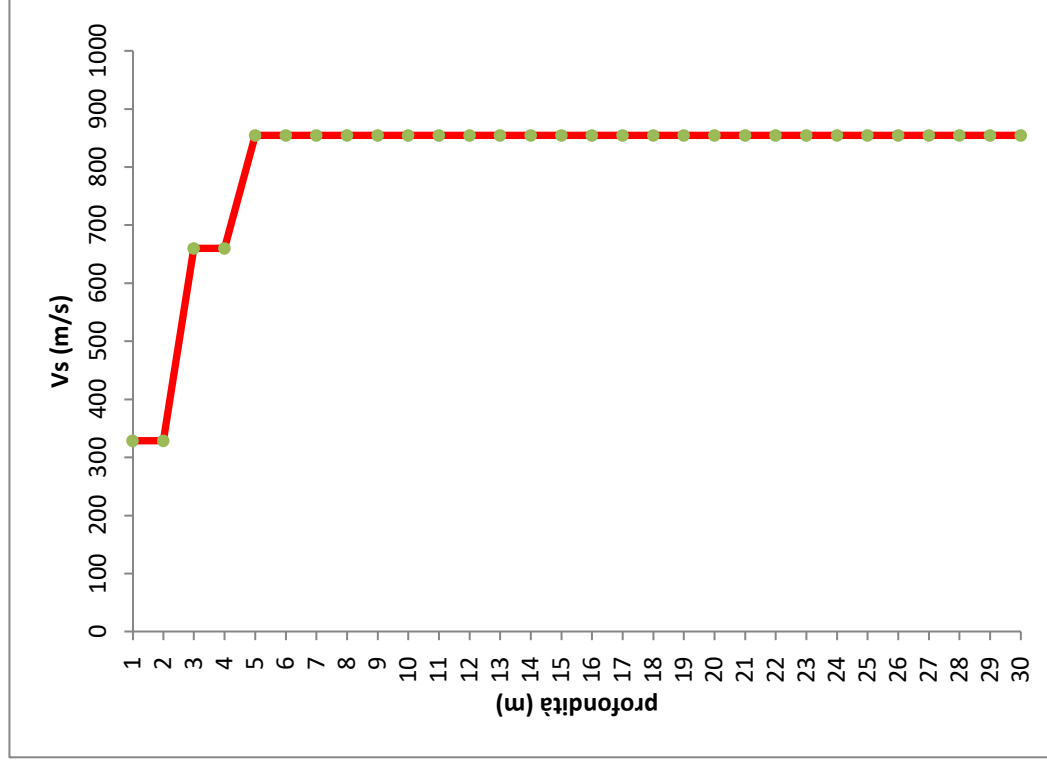


Grafico NCT 2008 con Vs30

Profondità (metri) - Vs (m/sec)

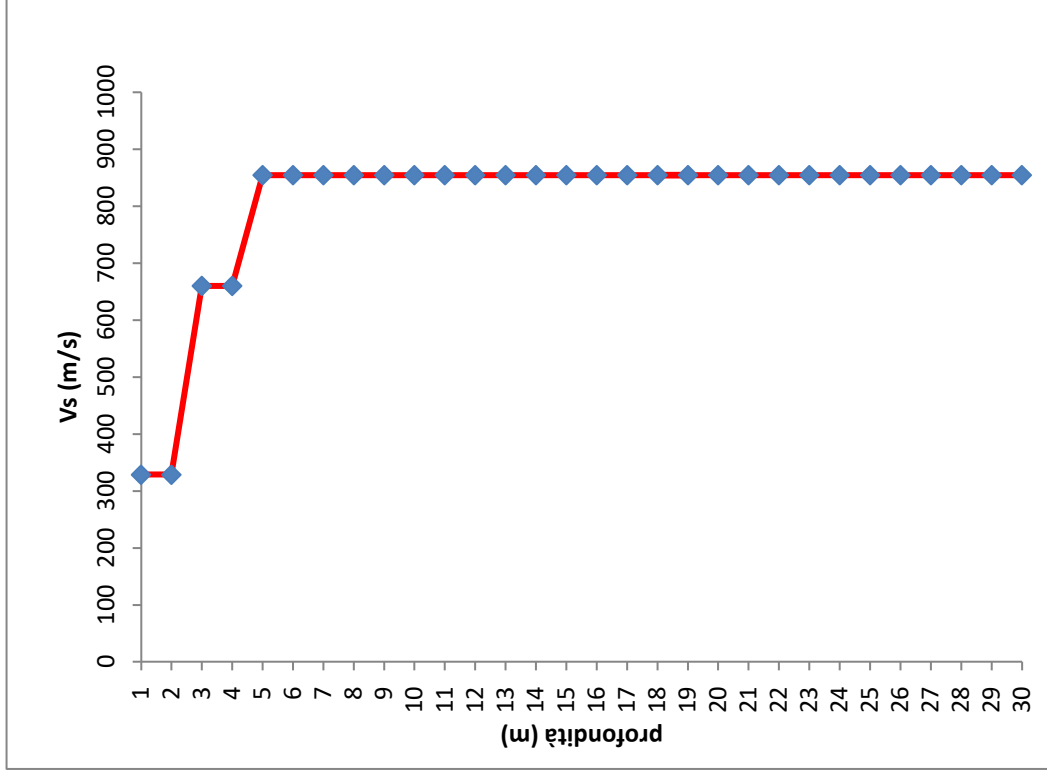


Grafico NCT 2018 con Vs,i

Profondità (metri) - Vs (m/sec)

## Calcolo parametri sismici dinamici

Prof	Vp	Vs	Vp/Vs	v	Edin	K <sub>din</sub>	G <sub>din</sub>	γ <sub>din</sub>	δ <sub>din</sub>	R
1	885	328.75	2.69	0.42	568273	30308	20418	1.85	0.19	62.1
2	885	328.75	2.69	0.42	568273	30308	20418	1.85	0.19	62.1
3	1777	660	2.69	0.42	2614700	139451	93946	2.11	0.22	142.3
4	1777	660	2.69	0.42	2614700	139451	93946	2.11	0.22	142.3
5	2301	854.54	2.69	0.42	4603780	245535	165413	2.22	0.23	193.6
6	2301	854.54	2.69	0.42	4603780	245535	165413	2.22	0.23	193.6
7	2301	854.54	2.69	0.42	4603780	245535	165413	2.22	0.23	193.6
8	2301	854.54	2.69	0.42	4603780	245535	165413	2.22	0.23	193.6
9	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
10	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
11	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
12	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
13	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
14	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
15	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
16	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
17	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
18	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
19	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
20	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
21	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
22	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
23	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
24	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
25	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
26	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
27	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
28	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
29	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1
30	2093	854.54	2.45	0.4	4458066	297204	162466	2.18	0.22	190.1

### LEGENDA

Vp = Vel. onde verticali

Vs = Vel. onde orizzontali

Vp/Vs = Rapporto

v = Coeff. di Poisson

Edin = Mod. Elasticità din.

K<sub>din</sub> = Mod. Compressib.

G<sub>din</sub> = Modulo di taglio

γ<sub>din</sub> = Peso di volume

δ<sub>din</sub> = Densità geofisica

R = Rapp. di impedenza

### Unità di misura

Vp = m/sec

Vs = m/sec

Vp/Vs = adimensionale

v = adimensionale

Edin = kg/cmq

K<sub>din</sub> = kg/cmq

G<sub>din</sub> = kg/cmq

γ<sub>din</sub> = t/mc

δ<sub>din</sub> = T/mc / m/sec

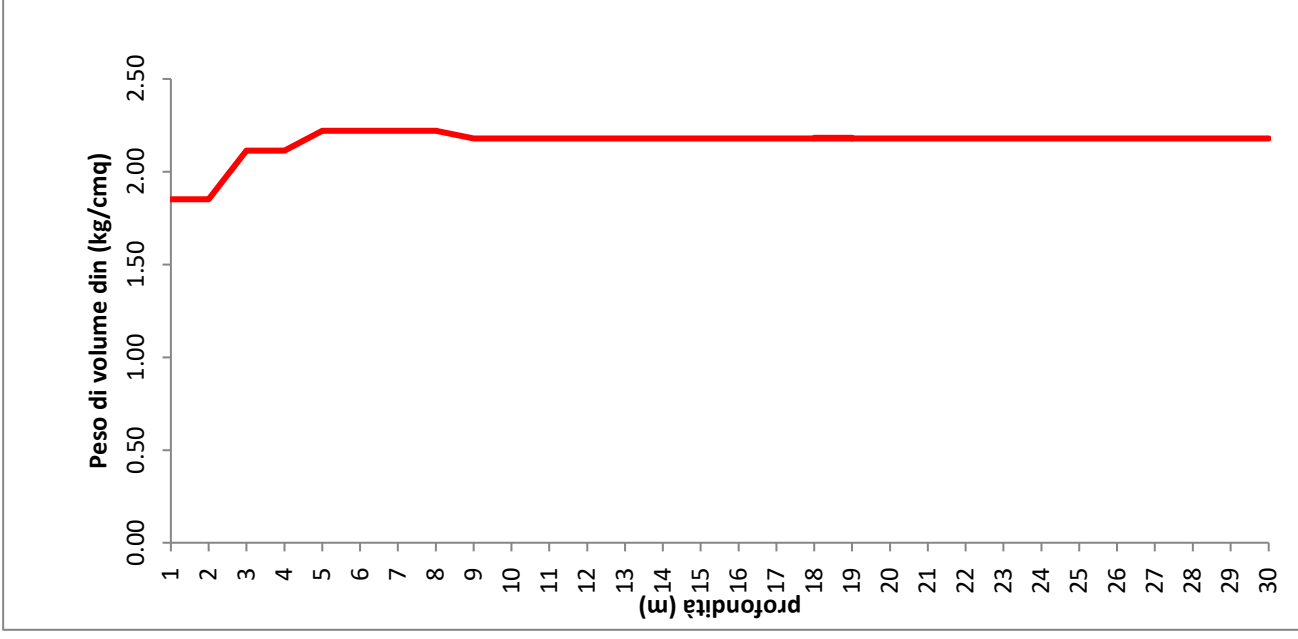
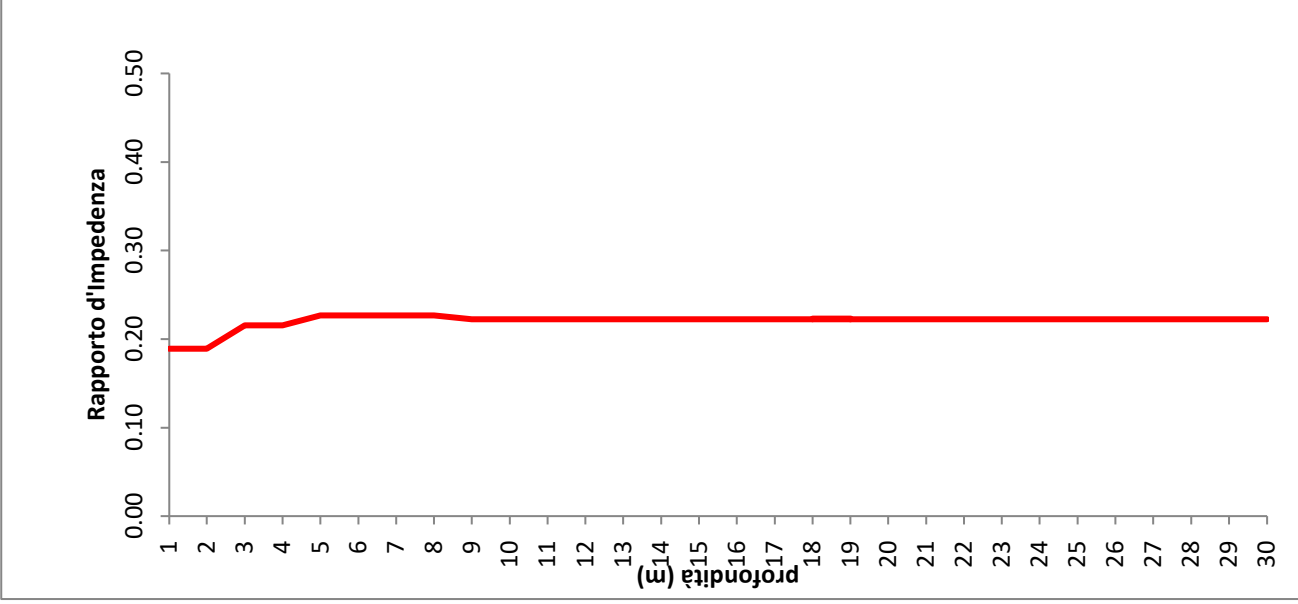
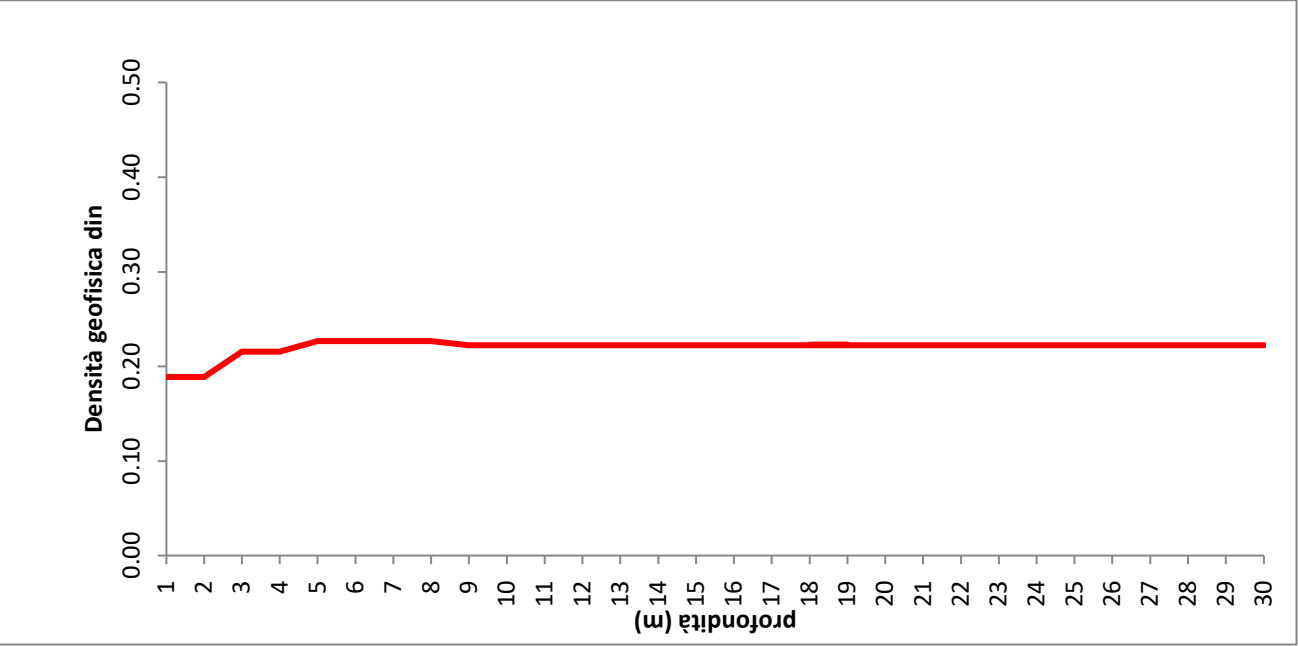
R = t/(mq\*sec)

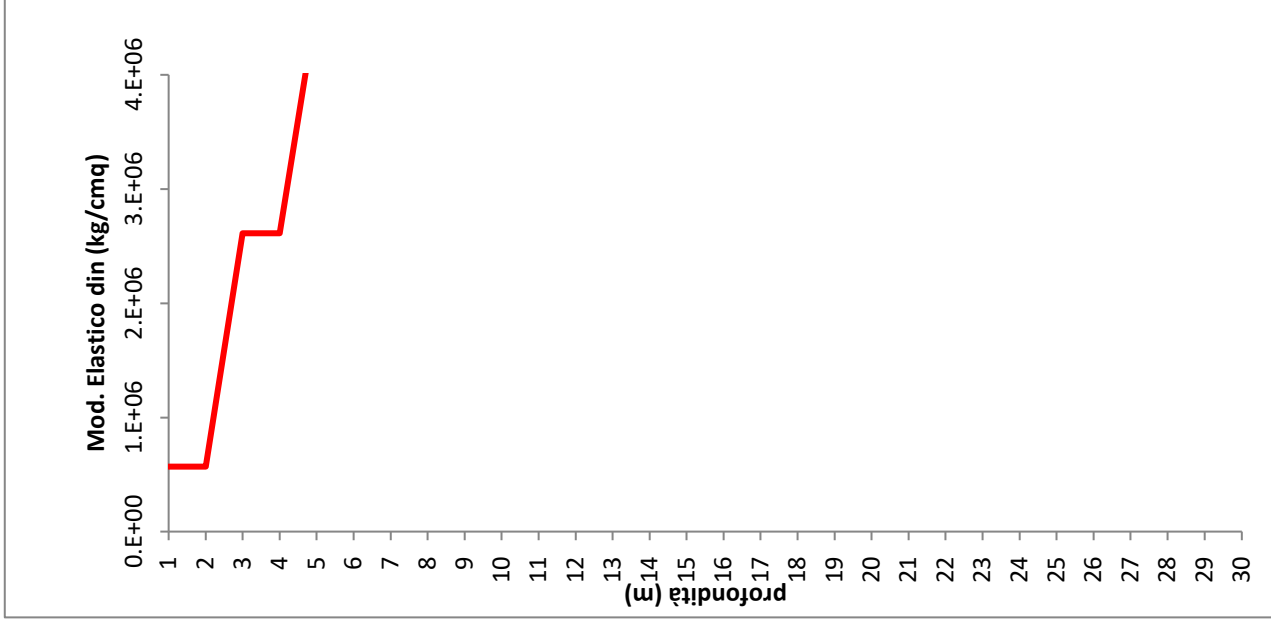
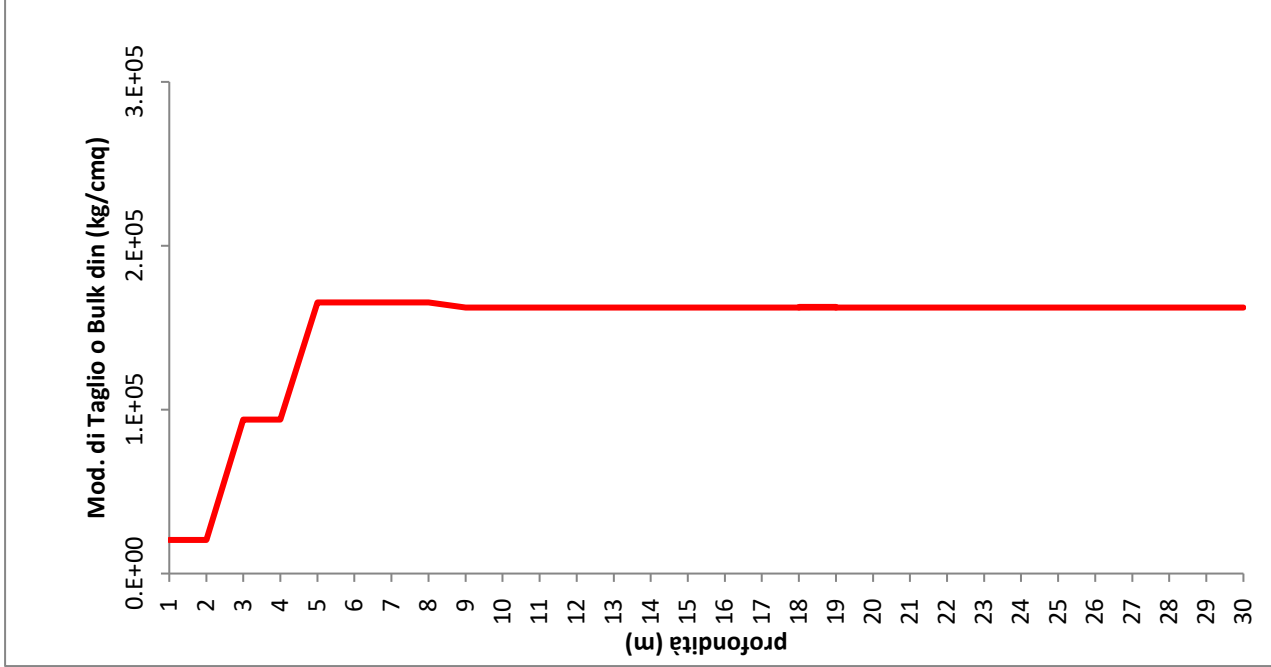
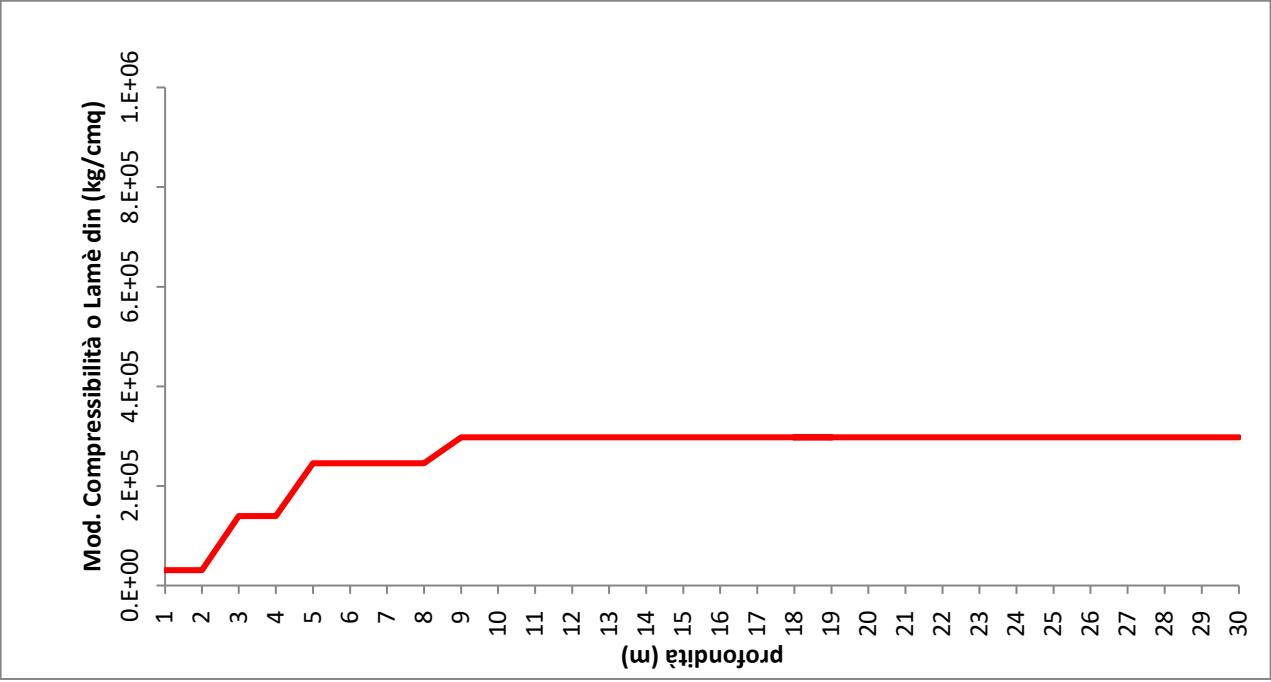
$\mu$	$k$	$\lambda$	$E$	$\nu$
$\frac{3(k-\lambda)}{2}$	$\lambda + \frac{2\mu}{3}$	$k - \frac{2\mu}{3}$	$\frac{9k\mu}{3k+\mu}$	$\frac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$
$\lambda \left( \frac{1-2\nu}{2+\nu} \right)$	$\mu \left[ \frac{2(1+\nu)}{3(1-2\nu)} \right]$	$\frac{2\mu\nu}{(1-2\nu)}$	$2\mu(1+\nu)$	$\frac{\lambda}{(3k-\lambda)}$
$3k \left( \frac{1-2\nu}{2+2\nu} \right)$	$\lambda \left( \frac{1+\nu}{3\nu} \right)$	$3k \left( \frac{\nu}{1+\nu} \right)$	$\mu \left( \frac{3\lambda+2\mu}{\lambda+\mu} \right)$	$\frac{3k-2\mu}{2(3k+\mu)}$
$\frac{E}{2(1+\nu)}$	$\frac{E}{3(1-2\nu)}$	$\frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$	$3k(1-2\nu)$	$\frac{3k-E}{6k}$

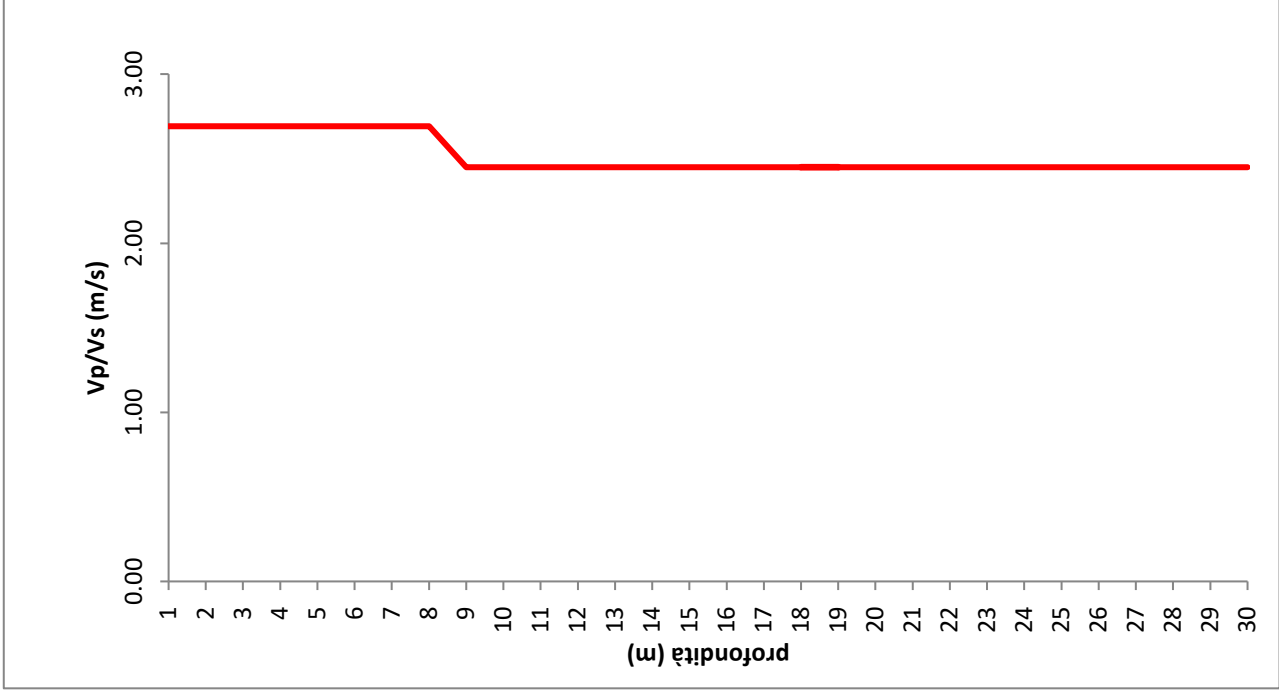
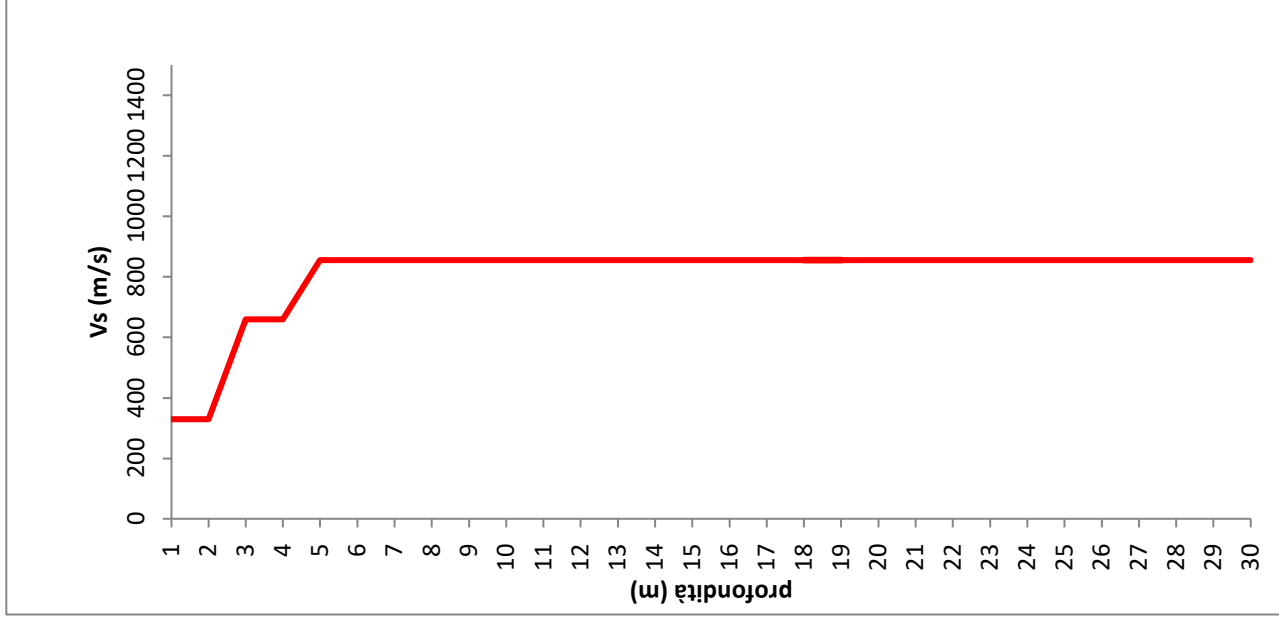
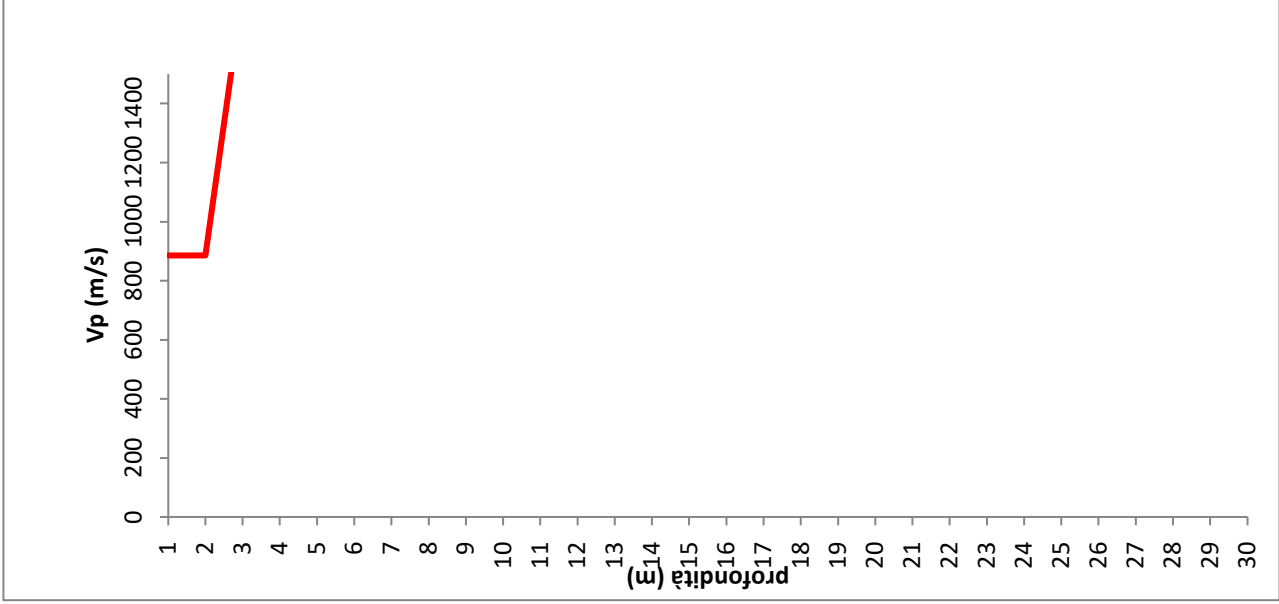
Relazioni tra le principali costanti elastiche

Materiale	Velocità sismiche in sito (a piccole deformazioni) (m/s)	Coefficiente di Poisson $\nu$	Densità (g/cm <sup>3</sup> ) $\rho$	Modulo di elasticità tangenziale (MN/m <sup>2</sup> ) $G$
	$V_p$ $V_s$			
Sabbia Sciolta (in prossimità della superficie)	1450-1550 (180-450) 1500-1750 (320-650)	0.48-0.50 (0.3-0.35) 0.47-0.49 (0.2-0.3)	1.5-1.8 1.7-2.1	15-110 70-250
Argilla	1700-2000 (550-1300)	0.45-0.48 (0.15-0.3)	1.9-2.2	230-1000
Arenaria e scisti non alterati	1450-1550 (80-180) 1500-1700 (180-300) 1600-1900 (300-500)	0.47-0.5 0.47-0.5 0.47-0.5	1.6-2.0 1.7-2.1 1.8-2.3	10-65 55-190 160-450
Calcare	1500-4000 (800-2000)	0.25-0.35	2.0-2.4	1300-9500
Roccia cristallina o metamorfica non alterata	2000-6000 (1200-3000) 3500-7000 (2000-3500)	0.25-0.35 0.25-0.30	1.8-2.5 2.2-2.6	2600-20000 8500-32000

Velocità sismiche e alcuni moduli elastici per tipo di terreno tra parentesi se il materiale è saturo









## Rapporto sulla stazione di misura:

# Isola delle Femmine

### Dati Stazione

**Codice:** 19198  
**Bacino:**  
**Comune:**  
**Quota:** 4.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 38.195724  
**Longtudine:** 13.245829

### Dati Serie

**Serie presenti:** 10  
**Durate presenti:** 10 minuti, 20 minuti, 30 minuti, 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore, 48 ore, 72 ore  
**Minima dimensione serie:** 1  
**Massima dimensione serie:** 38

Serie n. 1	
<b>Nome della serie</b>	10 minuti
<b>Durata</b>	10 minuti
<b>Descrizione</b>	

Serie n. 2	
<b>Nome della serie</b>	20 minuti
<b>Durata</b>	20 minuti
<b>Descrizione</b>	

Serie n. 3	
<b>Nome della serie</b>	30 minuti
<b>Durata</b>	30 minuti
<b>Descrizione</b>	

Serie n. 4	
<b>Nome della serie</b>	1 ora
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

Serie n. 5	
Nome della serie	3 ore
Durata	3 ore
Descrizione	

Serie n. 6	
Nome della serie	6 ore
Durata	6 ore
Descrizione	

Serie n. 7	
Nome della serie	12 ore
Durata	12 ore
Descrizione	

Serie n. 8	
Nome della serie	24 ore
Durata	24 ore
Descrizione	

Serie n. 9	
Nome della serie	2 giorni
Durata	48 ore
Descrizione	

Serie n. 10	
Nome della serie	3 giorni
Durata	72 ore
Descrizione	

### Serie osservazioni

n	Durate									
	10 minuti	20 minuti	30 minuti	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
1	19.0	14.4	21.2	7.8	14.0	18.8	32.0	43.0	80.0	86.2
2	-	15.0	13.0	15.4	23.0	23.0	33.4	50.0	43.6	48.6
3	-	-	22.4	38.6	46.8	47.4	47.4	47.4	49.8	51.2
4	-	-	20.2	20.8	43.0	50.8	52.0	52.0	49.4	49.4
5	-	-	16.2	39.6	40.8	41.0	41.0	45.6	52.0	52.0
6	-	-	15.6	18.4	20.0	24.2	31.6	47.2	53.0	56.0

n	Durate									
	10 minuti	20 minuti	30 minuti	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
7	-	-	17.8	27.6	30.8	34.6	34.6	34.6	47.4	54.2
8	-	-	-	26.6	31.8	35.0	50.8	52.6	34.6	36.2
9	-	-	-	22.2	31.8	40.0	40.0	46.2	52.6	53.4
10	-	-	-	16.6	17.2	23.0	30.2	35.2	48.0	51.0
11	-	-	-	21.0	39.4	40.0	45.4	62.4	41.4	53.8
12	-	-	-	23.4	52.6	80.2	91.6	91.6	67.6	75.6
13	-	-	-	20.2	32.8	33.2	39.2	66.2	107.8	107.8
14	-	-	-	14.4	21.4	25.0	36.6	36.6	83.4	85.2
15	-	-	-	33.8	39.4	41.8	55.0	72.0	42.2	43.0
16	-	-	-	11.0	18.0	26.0	34.4	43.0	72.0	72.8
17	-	-	-	15.4	30.4	38.6	57.6	89.4	47.6	56.6
18	-	-	-	25.6	36.2	46.8	61.2	108.0	98.8	108.8
19	-	-	-	12.4	16.6	24.2	29.2	34.6	112.6	120.0
20	-	-	-	19.0	26.4	44.4	53.6	60.0	41.8	48.2
21	-	-	-	27.2	34.6	35.4	40.0	51.0	60.6	69.4
22	-	-	-	40.0	74.4	84.6	107.2	110.0	65.0	69.0
23	-	-	-	25.2	64.2	77.4	109.0	118.6	130.4	141.4
24	-	-	-	21.4	21.6	31.6	45.8	65.2	121.4	129.0
25	-	-	-	16.6	22.0	34.0	45.8	47.8	86.8	113.4
26	-	-	-	50.2	70.2	73.0	73.0	87.2	57.2	57.8
27	-	-	-	40.4	74.4	93.2	115.2	124.4	100.8	100.8
28	-	-	-	15.8	21.0	25.0	31.6	41.4	124.4	125.0
29	-	-	-	21.6	22.0	33.2	40.0	44.2	43.0	43.4
30	-	-	-	16.8	21.2	23.2	60.0	80.2	55.6	63.4
31	-	-	-	28.8	43.8	57.2	69.6	70.0	83.6	93.6
32	-	-	-	22.0	26.2	38.4	62.4	78.8	73.6	73.6
33	-	-	-	20.2	25.0	37.0	50.4	53.2	89.8	91.2
34	-	-	-	25.8	28.6	28.6	28.6	49.8	53.2	55.8
35	-	-	-	25.6	42.2	49.4	62.4	77.0	55.0	64.8
36	-	-	-	25.6	61.8	82.2	88.2	88.2	88.8	111.8
37	-	-	-	28.4	34.0	42.6	47.6	65.4	88.2	89.2
38	-	-	-	-	-	-	-	-	65.4	86.6

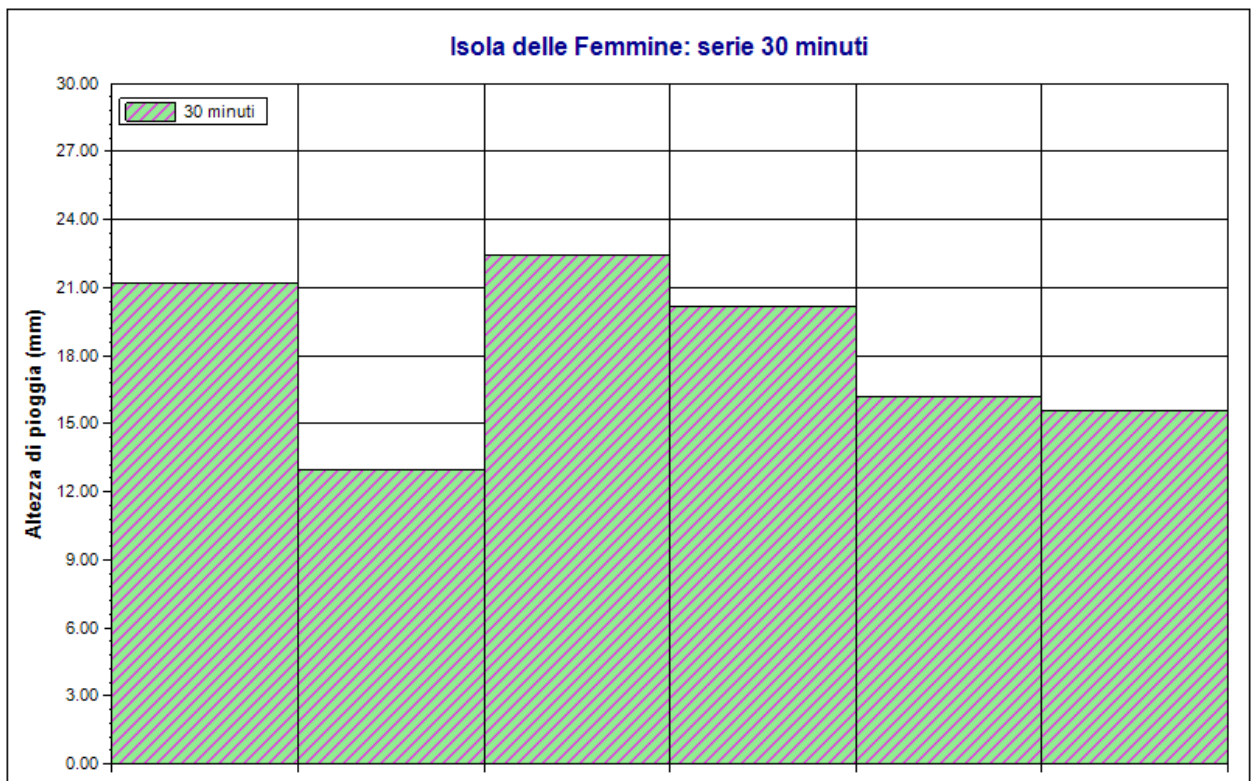
## Dati Statistici

Parametro	Durate									
	10 minuti	20 minuti	30 minuti	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
Dimensione campione	1	2	7	37	37	37	37	37	38	38
Somma dei dati	19.0	29.4	126.4	881.4	1299.6	1584.0	1973.6	2370.0	2668.4	2889.2
Valore minimo	19.0	14.4	13.0	7.8	14.0	18.8	28.6	34.6	34.6	36.2

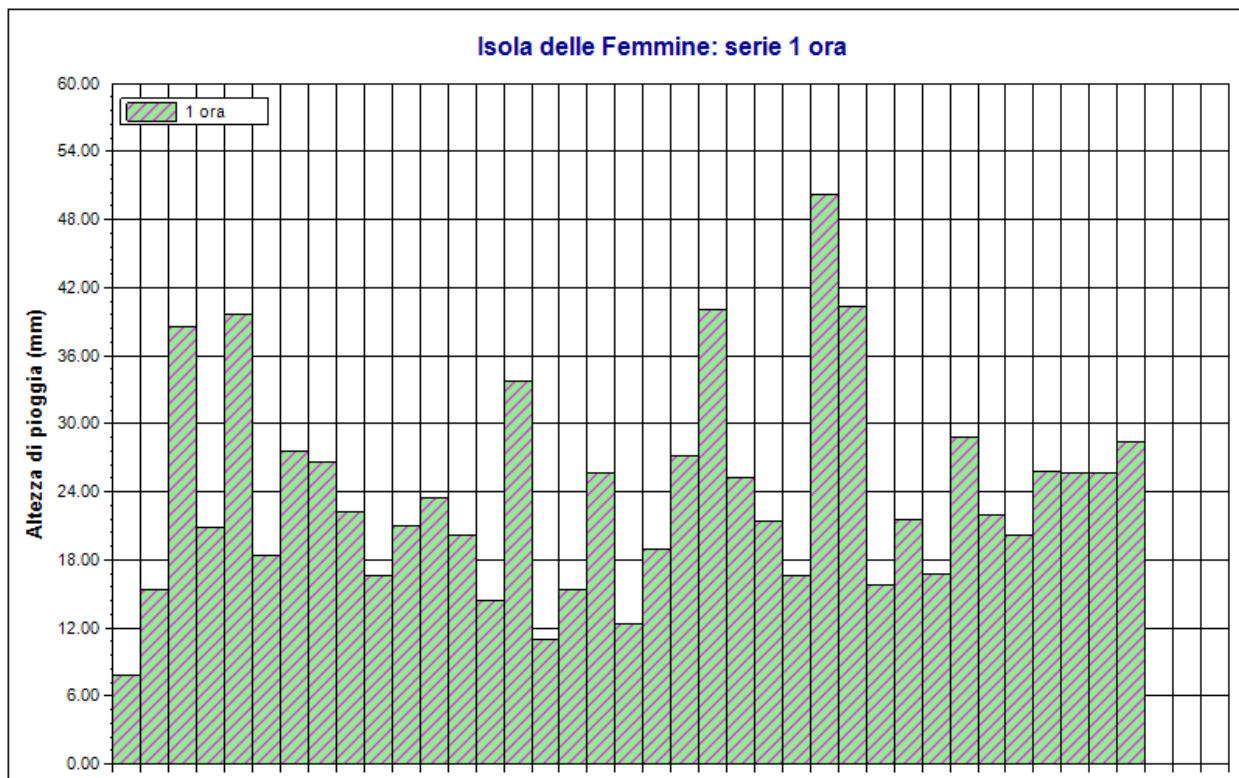
Parametro	Durate									
	10 minuti	20 minuti	30 minuti	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
Valore massimo	19.0	15.0	22.4	50.2	74.4	93.2	115.2	124.4	130.4	141.4
Valore medio	19.00	14.70	18.06	23.82	35.12	42.81	53.34	64.05	70.22	76.03
Dev. standard	NaN	0.42	3.38	9.14	16.53	19.66	23.04	24.45	26.22	27.99
Coeff. variazione	NaN	0.029	0.187	0.384	0.470	0.459	0.432	0.382	0.373	0.368
Coeff. asimmetria	0.000	Infinito	-0.168	0.917	1.085	1.208	1.360	0.936	0.768	0.674



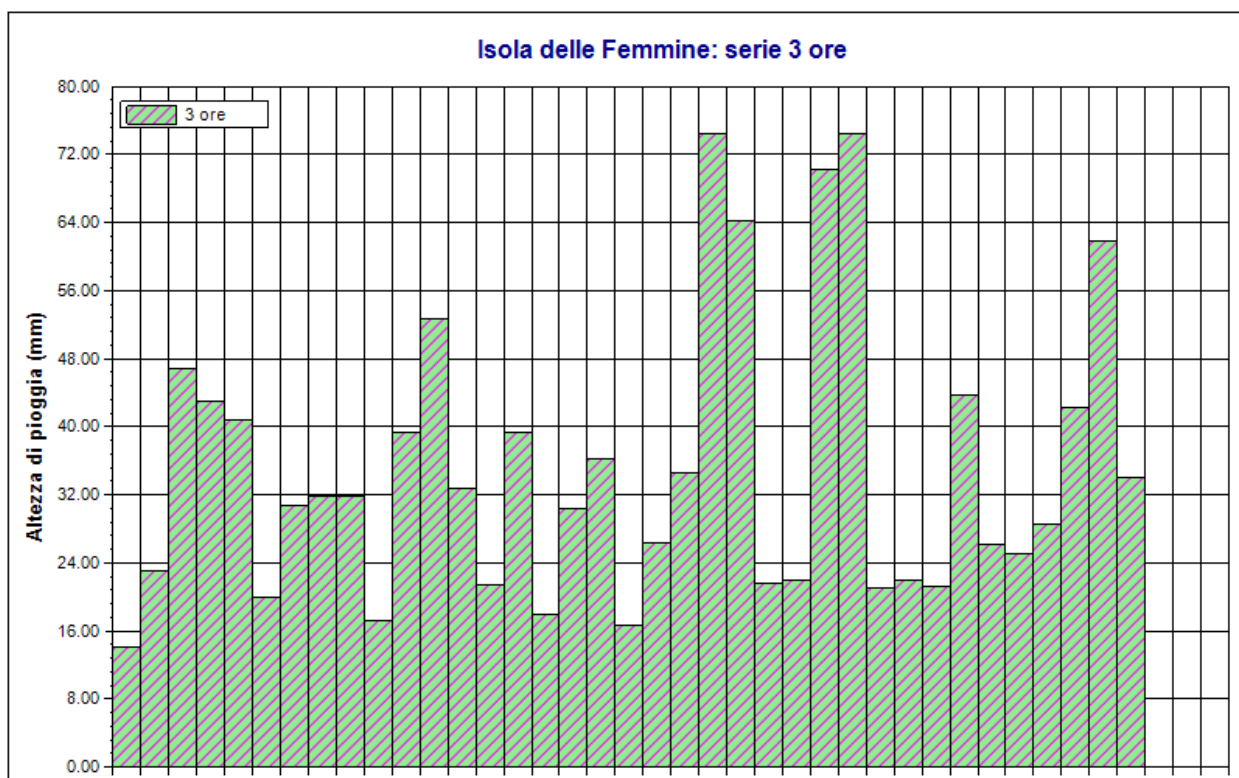
*Isola delle Femmine. 20 minuti. Durata 20 minuti*



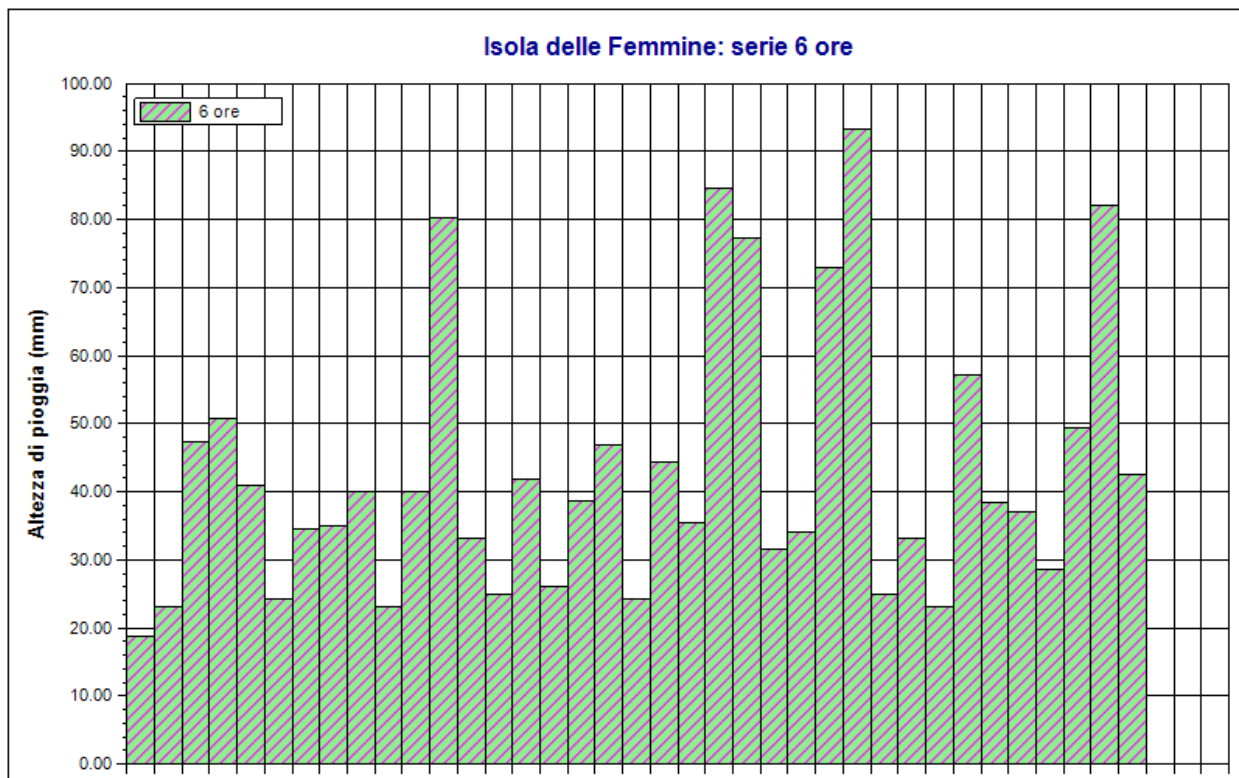
*Isola delle Femmine. 30 minuti. Durata 30 minuti*



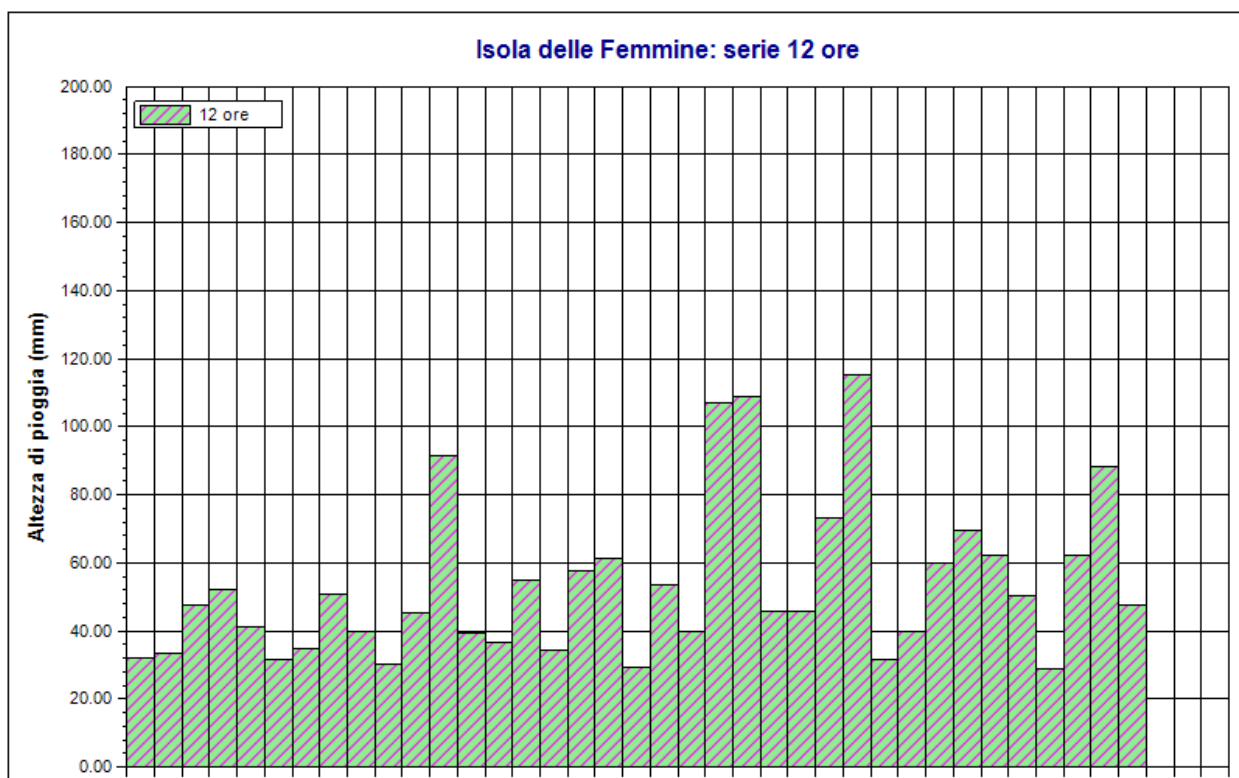
*Isola delle Femmine. 1 ora. Durata 1 ora*



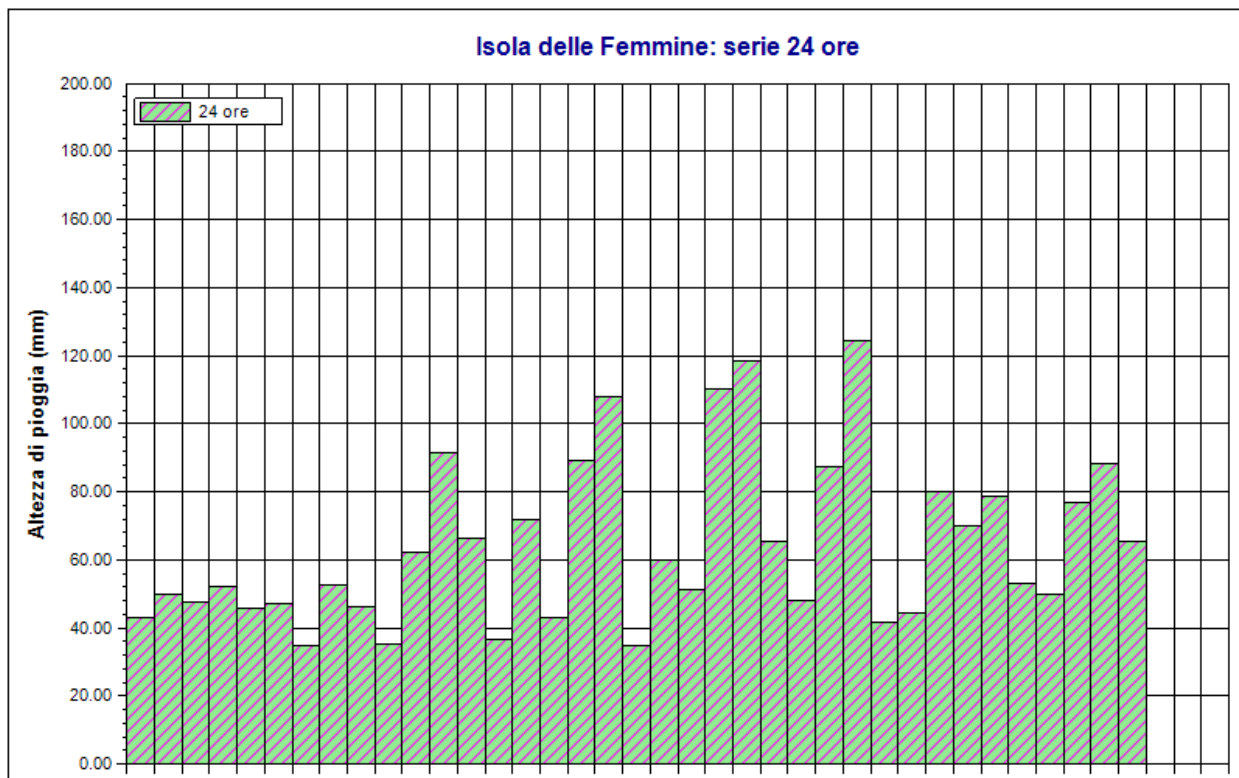
*Isola delle Femmine. 3 ore. Durata 3 ore*



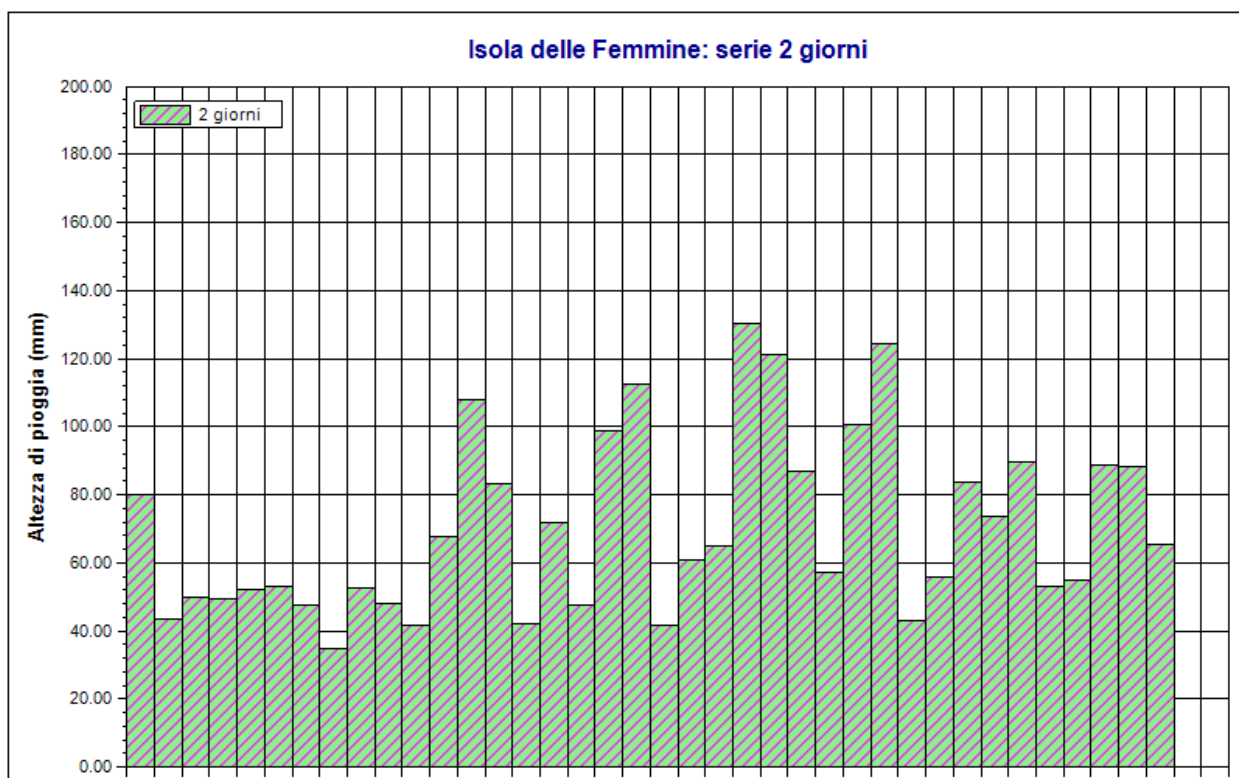
*Isola delle Femmine. 6 ore. Durata 6 ore*



*Isola delle Femmine. 12 ore. Durata 12 ore*

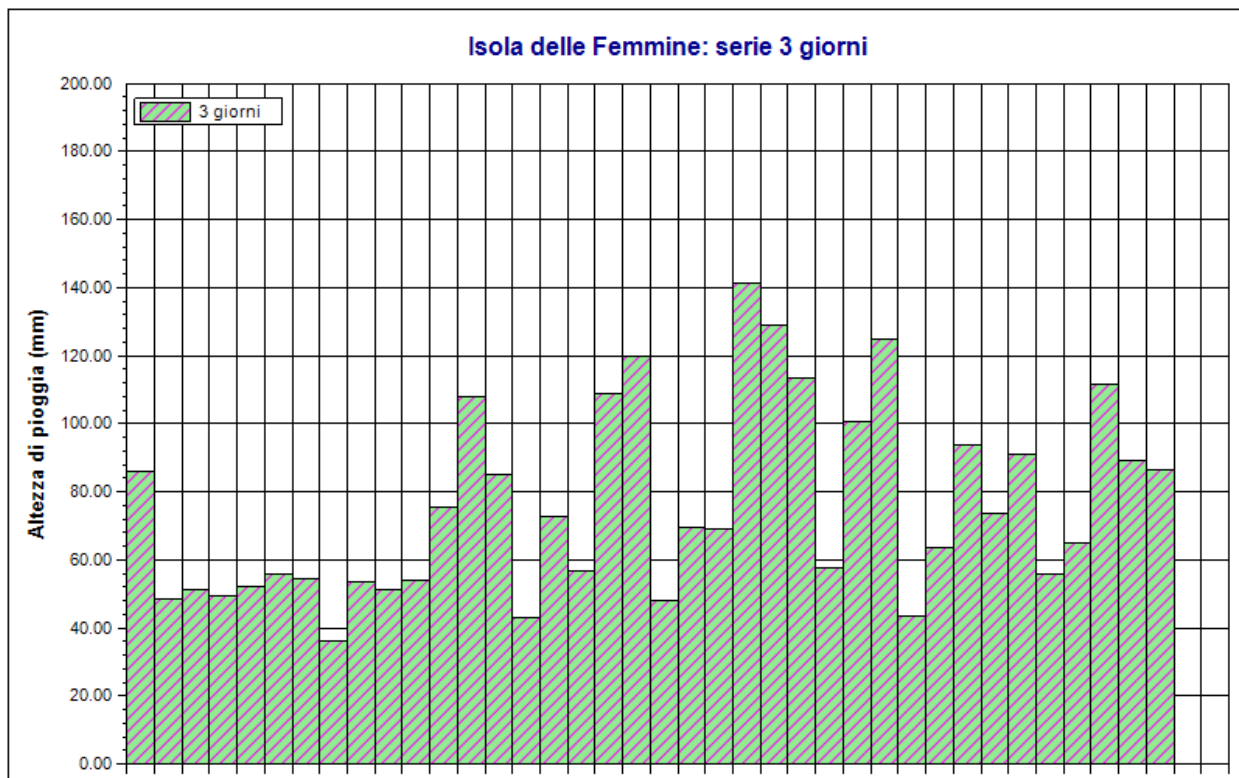


*Isola delle Femmine. 24 ore. Durata 24 ore*



*Isola delle Femmine. 2 giorni. Durata 48 ore*





*Isola delle Femmine. 3 giorni. Durata 72 ore*

## Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

### Elaborazione TCEV primo livello 1

#### Modello TCEV (Two Components Extreme Value)

La stima  $x_T$  del valore assunto da una grandezza idrologica in corrispondenza di un assegnato periodo di ritorno si effettua sulla base della serie campionaria della variabile  $x$  nel punto di interesse, se disponibile, oppure utilizzando l'informazione fornita dalle serie storiche disponibili nella regione in cui si trova il punto di interesse.

Nel primo caso si ha una stima *puntuale*, nel secondo caso una stima *regionale*. Nel caso si combinino l'informazione puntuale e quella regionale si giungerà ad una stima *mista*.

L'insieme delle operazioni che conducono ad una stima di  $x_T$  si definisce stimatore e si costruisce utilizzando un modello probabilistico ad uno o più parametri. La stima di questi ultimi si effettua in base ai dati storici puntuali e/o regionali.

Il modello probabilistico adottato per l'analisi dei valori estremi delle precipitazioni è il modello a doppia componente denominato TCEV (two components extreme value). Tale modello è in grado di riprodurre i principali caratteri statistici delle serie storiche delle piogge.

Il modello a doppia componente TCEV ipotizza che i valori estremi di una grandezza idrologica (portata, pioggia) facciano parte di due differenti popolazioni legate a differenti fenomeni meteorologici.

Alla base di questa ipotesi c'è il fatto che molte serie di massimi annuali presentano uno o più valori nettamente maggiori degli altri e tali da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione degli altri dati.

L'espressione della CDF della distribuzione TCEV è data da:

$$F_x(x) = \exp \left[ -\Lambda_1 \exp \left( -\frac{x}{g_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left( -\frac{x}{g_2} \right) \right]; \quad x \geq 0$$

Nell'espressione precedente si sono indicati con il pedice 1 i parametri riguardanti la *componente base* e con il pedice 2 i parametri relativi alla *componente straordinaria*.

I parametri  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  rappresentano il numero medio annuo di eventi indipendenti delle due componenti, mentre  $v_1$  e  $v_2$  esprimono il loro valore medio annuo.

La distribuzione TCEV equivale al prodotto di due distribuzioni di Gumbel, con la quale viene a coincidere se si pone  $\Lambda_2=0$ .

Riferendosi alla variabile standardizzata:

$$y = \frac{x}{g_1} - \ln \Lambda_1$$

si ha che la CDF di  $y$  è data da:

$$F_y(y) = \exp \left[ -\exp(-y) - \Lambda_* \exp \left( -\frac{y}{\vartheta_*} \right) \right]$$

avendo posto:

$$\vartheta_* = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\vartheta_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

$$\mu = \vartheta_1 (\ln \Lambda_1 + \gamma_\varepsilon) - \vartheta_1 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma \left( \frac{j}{\vartheta_*} \right)$$

con  $\gamma_\varepsilon = 0,5772$ , costante di Eulero. Con il simbolo  $\Gamma$  si è indicata la funzione gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{t-1} e^{-t} dx$$

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\vartheta^*$  ed è quindi indipendente da  $\vartheta_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\vartheta^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\vartheta_1$ .

### **Modelli regionali**

Il modello TCEV consente di costruire un modello regionale articolato in una struttura gerarchica.

Infatti si può assumere che esistano delle regioni in cui è costante il solo coefficiente di asimmetria e quindi siano costanti i parametri  $\Lambda^*$  e  $\vartheta^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

Più precisamente esiste un primo livello di regionalizzazione che consiste nell'individuare zone omogenee (zo) nelle quali si può assumere che il coefficiente di asimmetria teorico delle serie dei massimi annuali sia costante. I parametri  $\Lambda^*$  e  $\vartheta^*$  possono essere stimati utilizzando tutte le serie storiche disponibili nella zona, riducendo in modo consistente l'incertezza della stima.

Al secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee (szo), con estensione minore rispetto alle precedenti, nelle quali oltre al coefficiente di asimmetria risulta costante anche il coefficiente di variazione. In una sottozona risultano quindi costanti i tre parametri  $\Lambda^*$ ,  $\vartheta^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  e  $\vartheta^*$  si ha:

$$F_x(x) = \exp \left[ -\Lambda_1 \exp \left( -\frac{x}{\vartheta_1} \right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\vartheta_*} \exp \left( -\frac{x}{\vartheta_1 \vartheta_*} \right) \right]$$

poiché si può scrivere:

$$\frac{x}{\vartheta_1} = \frac{x}{\mu} \cdot \frac{\mu}{\vartheta_1}$$

e cioè:

$$\frac{x}{\vartheta_1} = x' \cdot \eta$$

avendo posto (variabile indice):

$$x' = \frac{x}{\mu}$$

e

$$\eta = \frac{\mu}{\vartheta_1} = \ln \Lambda_1 + \gamma_c - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_1^j}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\vartheta_*}\right) = f(\Lambda_1, \Lambda_*, \vartheta_*)$$

si ottiene

$$F_{x'}(x') = \exp\left[-\Lambda_1 \exp(-\eta x') - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\vartheta_*} \exp\left(-\frac{\eta x'}{\vartheta_*}\right)\right]$$

Alla precedente espressione si dà il nome di **curva di crescita**.

Al terzo livello di regionalizzazione si individuano all'interno della sottozona omogenea le relazioni che intercorrono tra  $x_m$  e le caratteristiche fisiche o climatiche dei bacini.

In definitiva la stima  $x_T$  di una grandezza idrologica ad un prefissato tempo di ritorno può essere effettuata, in base al modello TCEV, in quattro modi diversi:

a) Al livello di regionalizzazione zero, in cui tutti i parametri del modello sono stimati dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \vartheta_1; \Lambda_1; \vartheta_*; \Lambda_*)$$

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\vartheta^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\vartheta_1$  dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \vartheta_1; \Lambda_1; \vartheta_*^R; \Lambda_*^R)$$

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\vartheta^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\vartheta_1$  dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \vartheta_1; \Lambda_1^R; \vartheta_*^R; \Lambda_*^R)$$

d) Al livello di regionalizzazione tre, in cui tutti i parametri sono stimati con tecniche di analisi regionale:

$$x_T = f(T; \vartheta_1^R; \Lambda_1^R; \vartheta_*^R; \Lambda_*^R)$$

## Dati Elaborazione

**Stazione di misura:** Isola delle Femmine

**Distribuzione probabilistica:** TCEV primo livello

**Metodo di stima dei parametri:** Massima verosimiglianza

**Elaborazioni presenti:** 7 (10 minuti, 20 minuti, 30 minuti, 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore, 48 ore, 72 ore)

**Elaborazioni valide:** 6 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore, 72 ore)

### Stima parametri

Parametro	Durate						
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
Dimensione campione	37	37	37	37	37	38	38
Valore medio	23.82	35.12	42.81	53.34	64.05	70.22	76.03
Dev. standard	9.14	16.53	19.66	23.04	24.45	26.22	27.99
Parametri regionali							
Descrizione	Zona Unica	Zona Unica	Zona Unica	Zona Unica	Zona Unica		Parametri zona: Sicilia - Durata: Unica
Lambda*	0.17500	0.24360	0.30010	0.36970	0.45550	-	0.45510
Teta*	1.97840	2.03520	2.12040	2.29080	2.63160	-	2.63190
Parametri stimati							
Lambda 1	16.4394 6	13.3675 6	18.9890 4	34.6493 9	50.8177 3	-	43.8787 5
Teta 1	6.57913	9.65341	10.3304 9	10.7842 4	11.6171 9	-	14.3096 6
Lambda 2	0.72048	0.87089	1.20287	1.73768	2.02660	-	1.91464
Teta 2	13.0161 6	19.6466 3	21.9047 8	24.7045 3	30.5717 9	-	37.6616 0

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: 1 ora	$F_x(t) = \exp \left[ -16.44 \exp \left( -\frac{x}{6.579} \right) - 0.72 \exp \left( -\frac{x}{13.016} \right) \right]$
TCEV primo livello: 3 ore	$F_x(t) = \exp \left[ -13.37 \exp \left( -\frac{x}{9.653} \right) - 0.87 \exp \left( -\frac{x}{19.647} \right) \right]$
TCEV primo livello: 6 ore	$F_x(t) = \exp \left[ -10.99 \exp \left( -\frac{x}{10.330} \right) - 1.20 \exp \left( -\frac{x}{21.905} \right) \right]$
TCEV primo livello: 12 ore	$F_x(t) = \exp \left[ -34.65 \exp \left( -\frac{x}{10.784} \right) - 1.74 \exp \left( -\frac{x}{24.705} \right) \right]$

TCEV primo livello: 24 ore	$F_x(t) = \exp \left[ -50.82 \exp \left( -\frac{x}{11.617} \right) - 2.03 \exp \left( -\frac{x}{30.572} \right) \right]$
TCEV primo livello: 3 giorni	$F_x(t) = \exp \left[ -43.88 \exp \left( -\frac{x}{14.310} \right) - 1.91 \exp \left( -\frac{x}{37.862} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

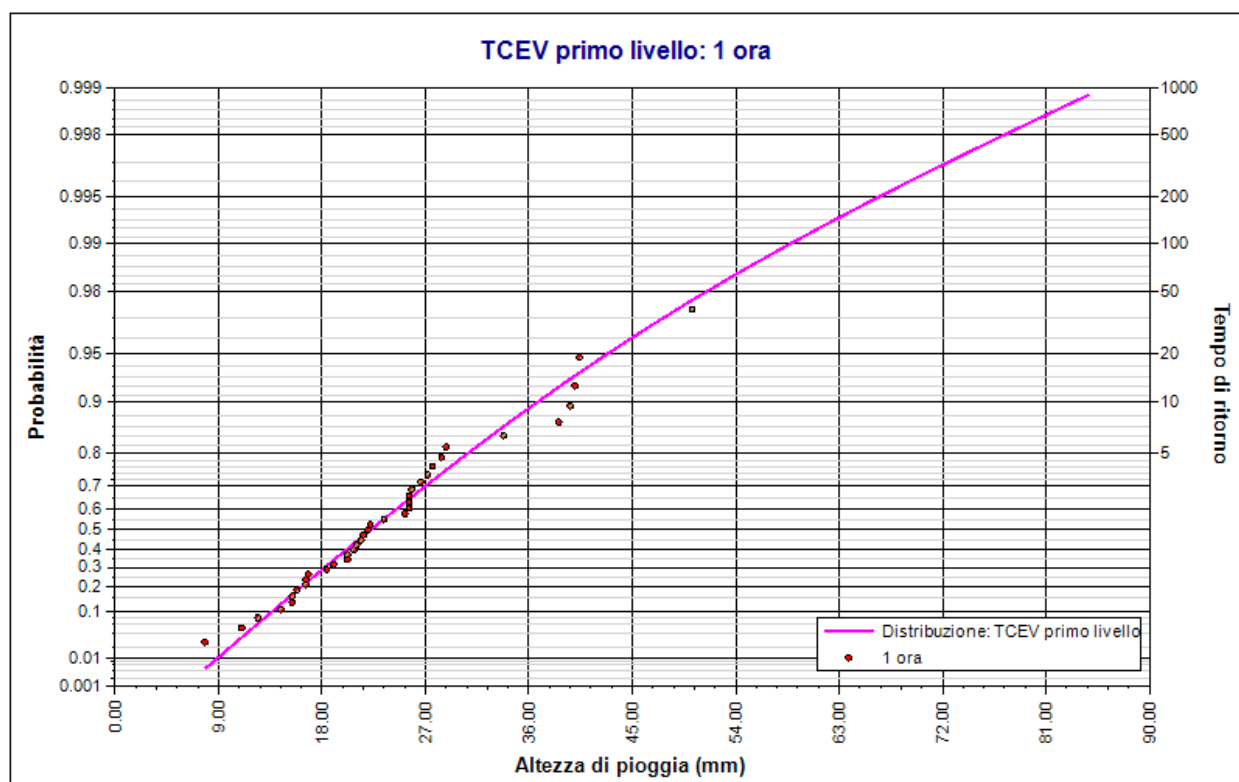
TCEV primo livello: 1 ora	$F_x(t) = \exp \left[ -16.439 (39.226)^{-x} - 0.720 (6.390)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: 3 ore	$F_x(t) = \exp \left[ -13.368 (35.921)^{-x} - 0.871 (5.811)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: 6 ore	$F_x(t) = \exp \left[ -18.989 (56.922)^{-x} - 1.203 (6.727)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: 12 ore	$F_x(t) = \exp \left[ -34.649 (122.127)^{-x} - 1.738 (8.146)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: 24 ore	$F_x(t) = \exp \left[ -50.818 (234.646)^{-x} - 2.027 (7.957)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: 3 giorni	$F_x(t) = \exp \left[ -43.879 (202.478)^{-x} - 1.915 (7.522)^{-x} \right]$

### Fratili distribuzioni probabilistiche

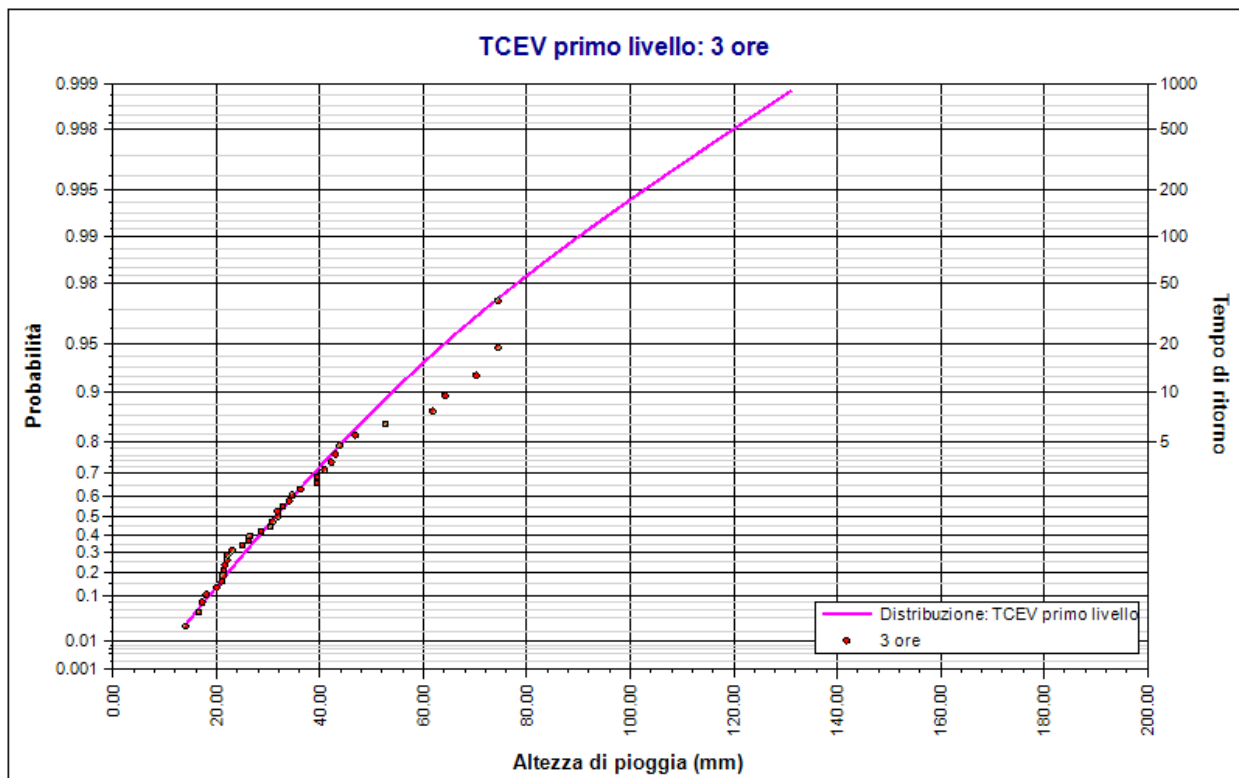
Tempi di ritorno	Durate						
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
2 anni	22.21	31.40	37.98	47.19	56.93	-	68.01
5 anni	30.69	44.52	52.76	63.92	77.67	-	93.56
10 anni	36.68	54.02	63.72	76.84	94.89	-	114.76
20 anni	42.83	63.96	75.41	90.95	114.09	-	138.41
50 anni	51.56	78.30	92.39	111.46	141.29	-	171.91
100 anni	58.77	90.12	106.27	127.90	162.36	-	197.87
200 anni	66.52	102.64	120.76	144.74	183.54	-	223.96
500 anni	77.46	119.90	140.42	167.23	211.57	-	258.49
1000 anni	86.09	133.26	155.47	184.32	232.76	-	284.60

## Fattori di crescita

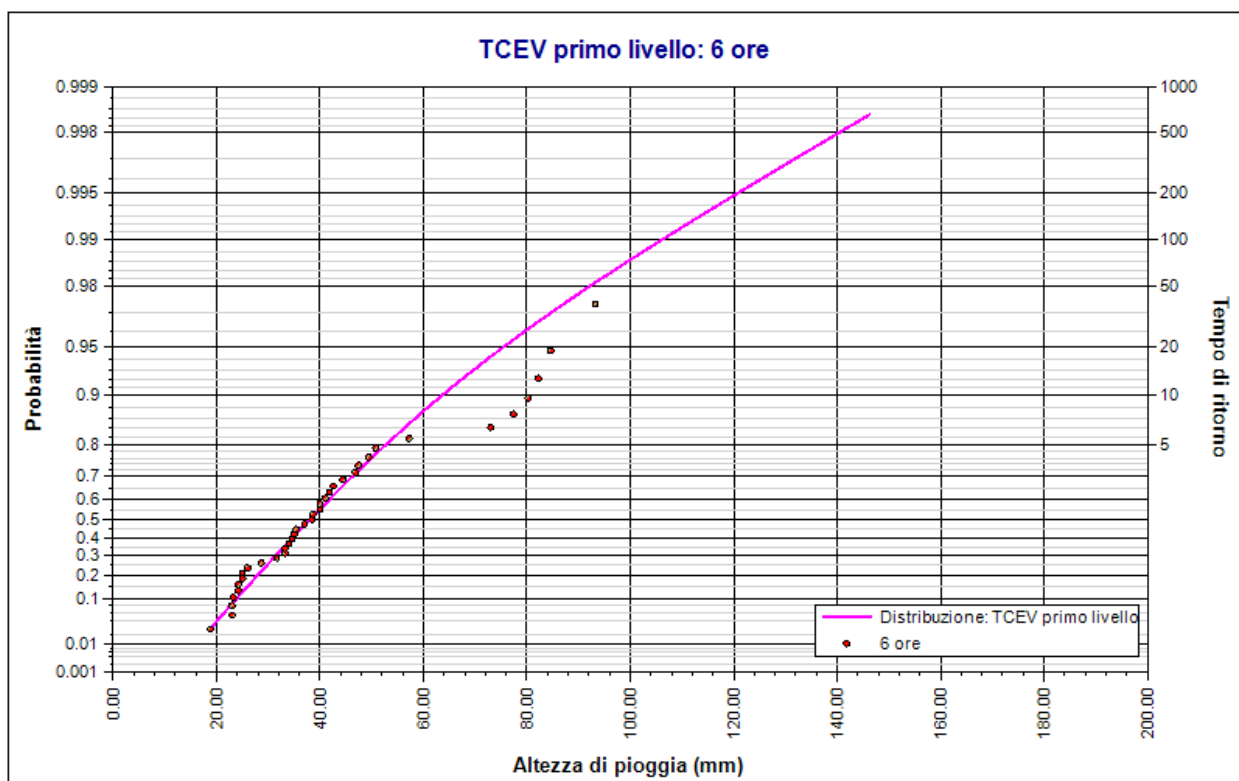
Tempi di ritorno	Durate						
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
2 anni	0.92	0.91	0.91	0.91	0.90	-	0.89
5 anni	1.27	1.29	1.26	1.23	1.22	-	1.23
10 anni	1.52	1.56	1.53	1.48	1.50	-	1.51
20 anni	1.77	1.85	1.81	1.76	1.80	-	1.82
50 anni	2.14	2.26	2.21	2.15	2.23	-	2.26
100 anni	2.43	2.61	2.55	2.47	2.56	-	2.60
200 anni	2.76	2.97	2.89	2.79	2.89	-	2.95
500 anni	3.21	3.47	3.36	3.23	3.34	-	3.40
1000 anni	3.57	3.85	3.72	3.56	3.67	-	3.75



Elaborazione TCEV primo livello 1. TCEV primo livello: 1 ora. Durata 1 ora

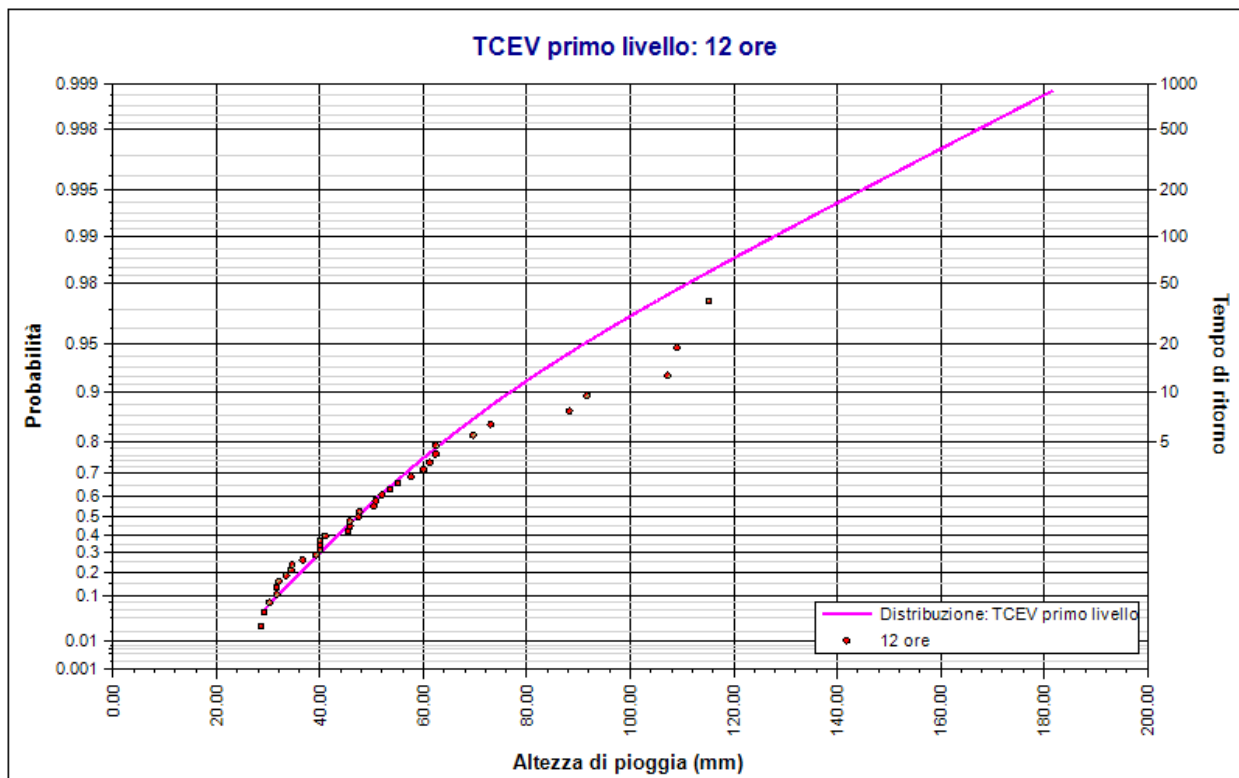


*Elaborazione TCEV primo livello 1. TCEV primo livello: 3 ore. Durata 3 ore*

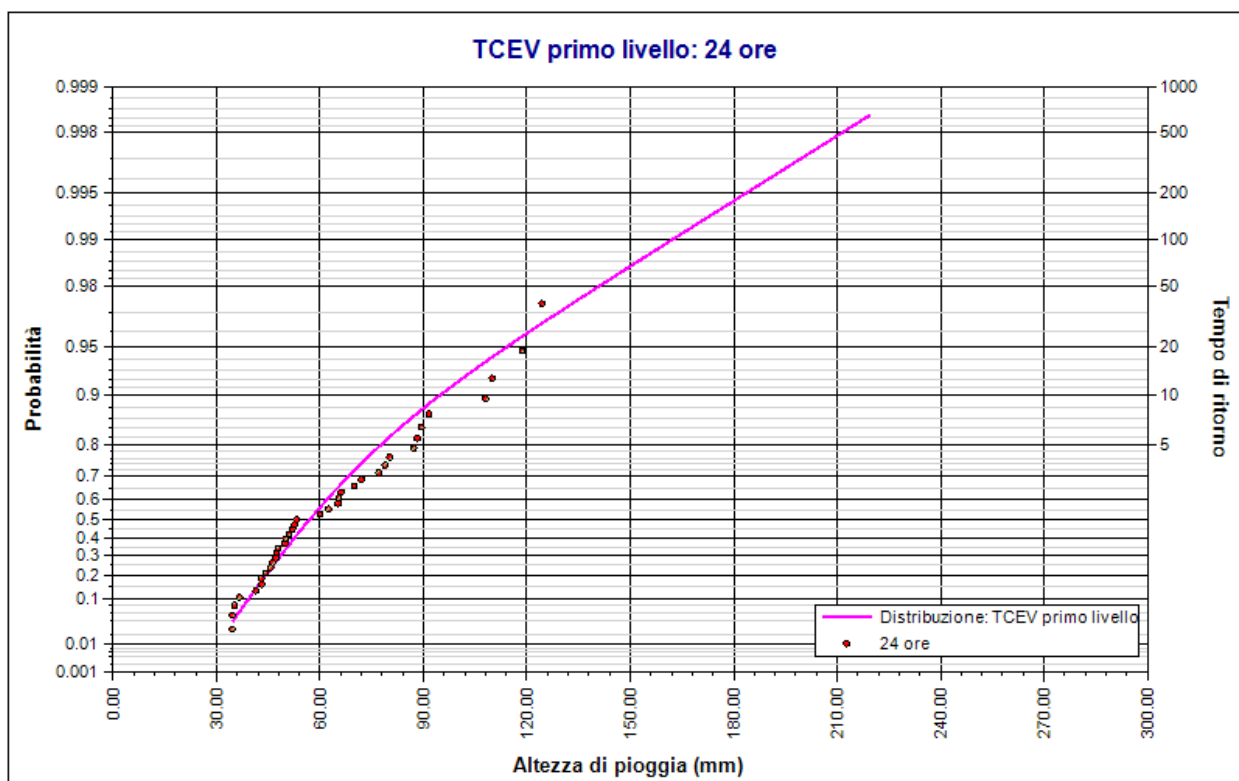


*Elaborazione TCEV primo livello 1. TCEV primo livello: 6 ore. Durata 6 ore*

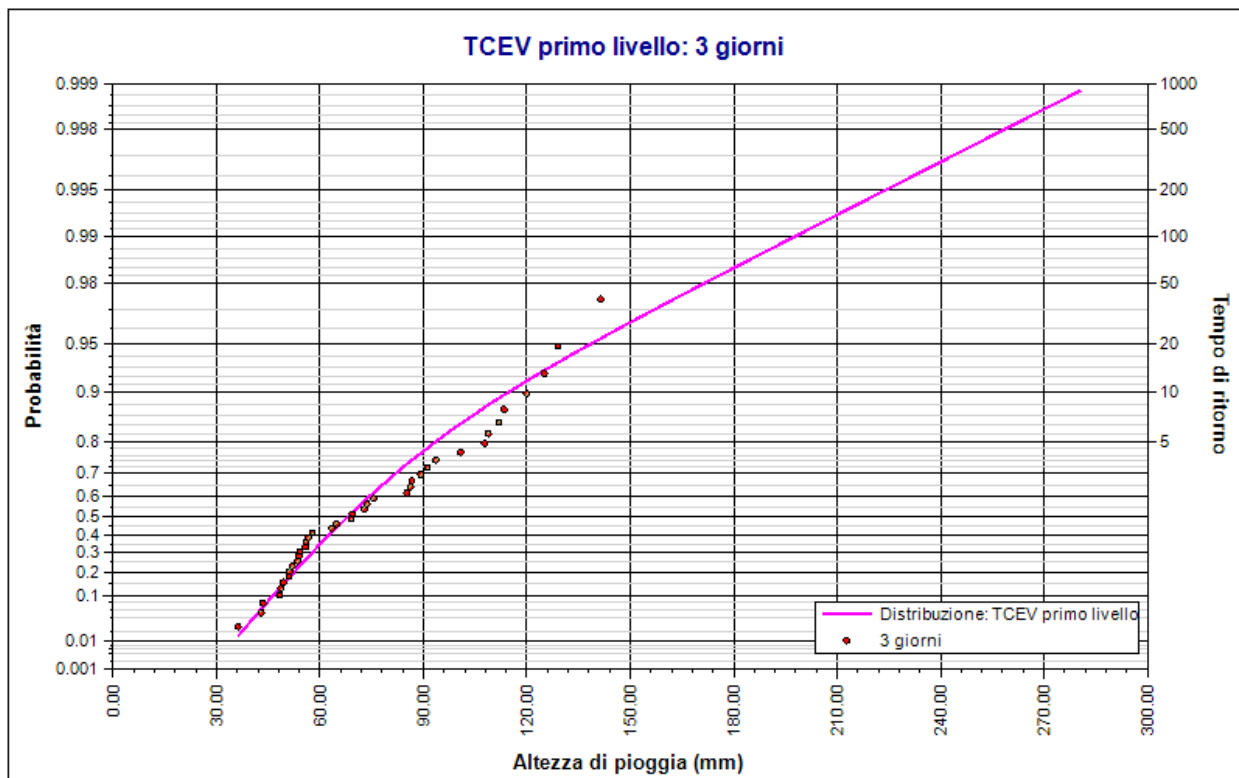




*Elaborazione TCEV primo livello 1. TCEV primo livello: 12 ore. Durata 12 ore*



*Elaborazione TCEV primo livello 1. TCEV primo livello: 24 ore. Durata 24 ore*



*Elaborazione TCEV primo livello 1. TCEV primo livello: 3 giorni. Durata 72 ore*

## Rapporto sulla curva di pioggia:

# Curva pioggia calcolata 1

### Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello 1

Tempo di ritorno: 50.000 anni

Numero punti: 6

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore, 72 ore

### Tabella punti di calcolo

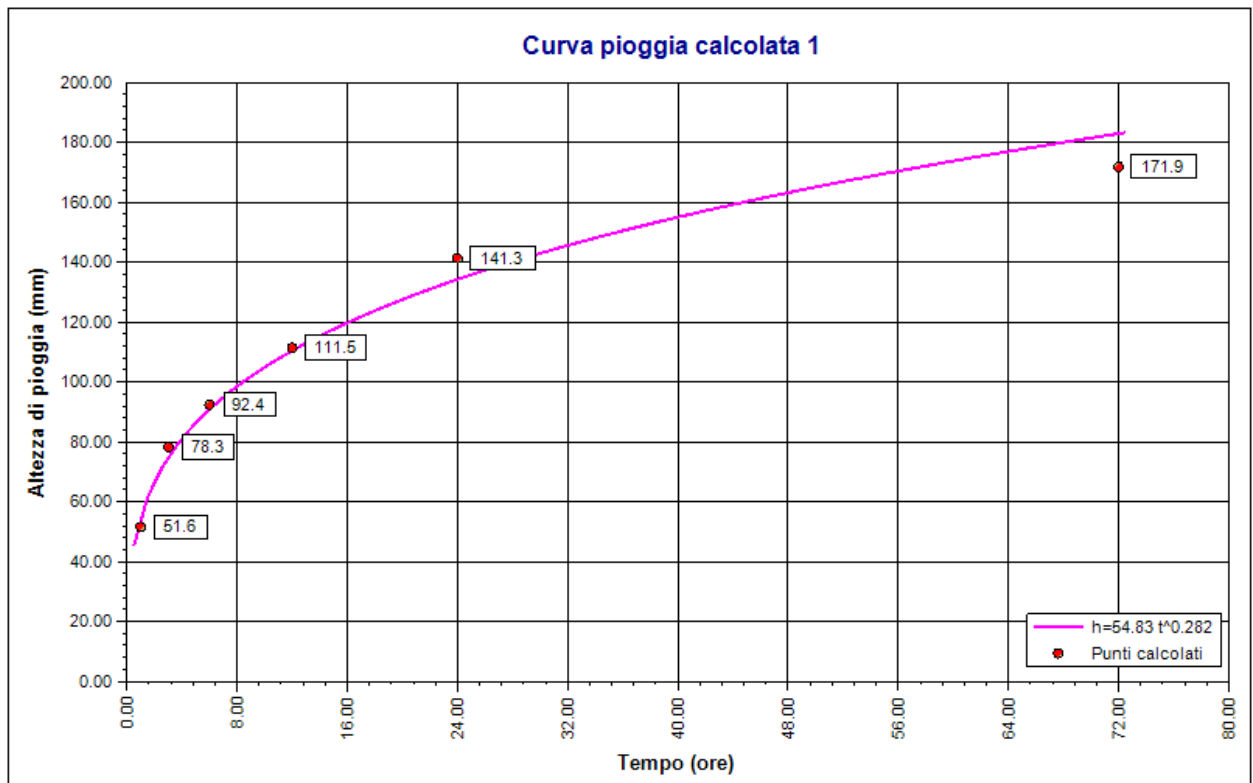
n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	51.563
2	3.000	180	78.296
3	6.000	360	92.387
4	12.000	720	111.461
5	24.000	1440	141.288
6	72.000	4320	171.915

### Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
54.83	0.28	0.99	$h(t) = 54.8 t^{0.282}$

### Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	54.831	9	101.839	17	121.826
2	66.658	10	104.907	18	123.804
3	74.726	11	107.763	19	125.705
4	81.035	12	110.438	20	127.535
5	86.294	13	112.957	21	129.301
6	90.843	14	115.340	22	131.007
7	94.876	15	117.605	23	132.658
8	98.514	16	119.763	24	134.258



*Curva pioggia calcolata 1*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

# Pluviogramma sintetico 1

### Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata 1

Durata: 1.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 54.831 mm

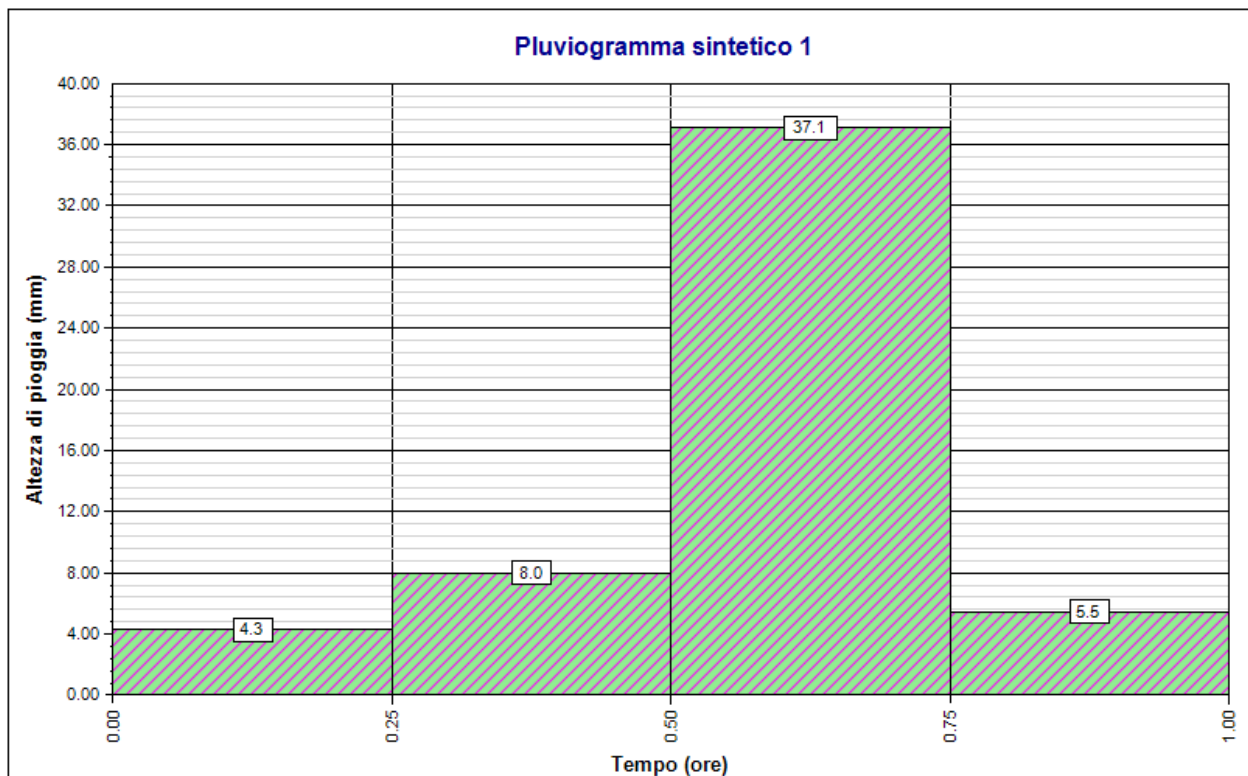
Intervallo di discretizzazione: 15

### Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
54.83	0.28	$h(t) = 54.8 t^{0.282}$

### Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.250	0	15	4.269
2	0.250	0.500	15	30	8.002
3	0.500	0.750	30	45	37.101
4	0.750	1.000	45	60	5.459



Pluviogramma sintetico 1

## Rapporto idrogramma:

# Idrogramma SCS 1

### Modello SCS-CN

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di

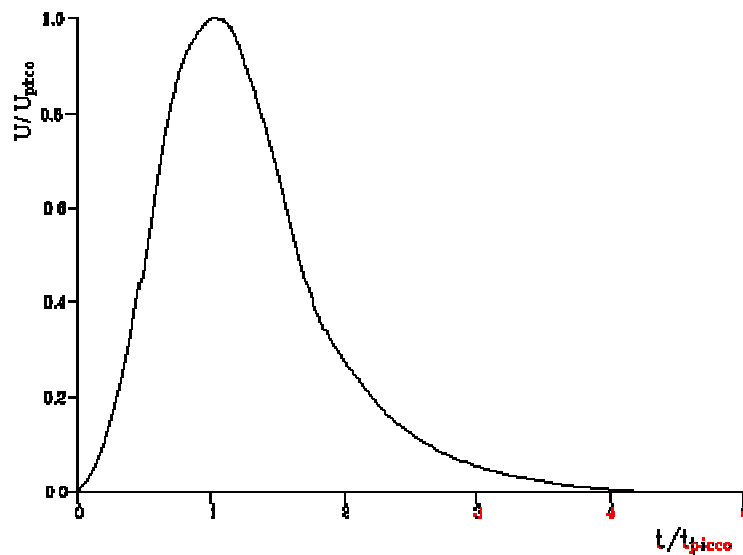
umidità.

La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_C$  con  $t_C$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$
$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

## Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

Pluviogramma di input: Pluviogramma sintetico 1

Superficie del bacino: 1.0 kmq

Tlag: 0.330 ore

Astrazione iniziale: 3.0 mm

Curve Number: 75.0

Intervallo di calcolo: 5 minuti

## Tabella idrogramma

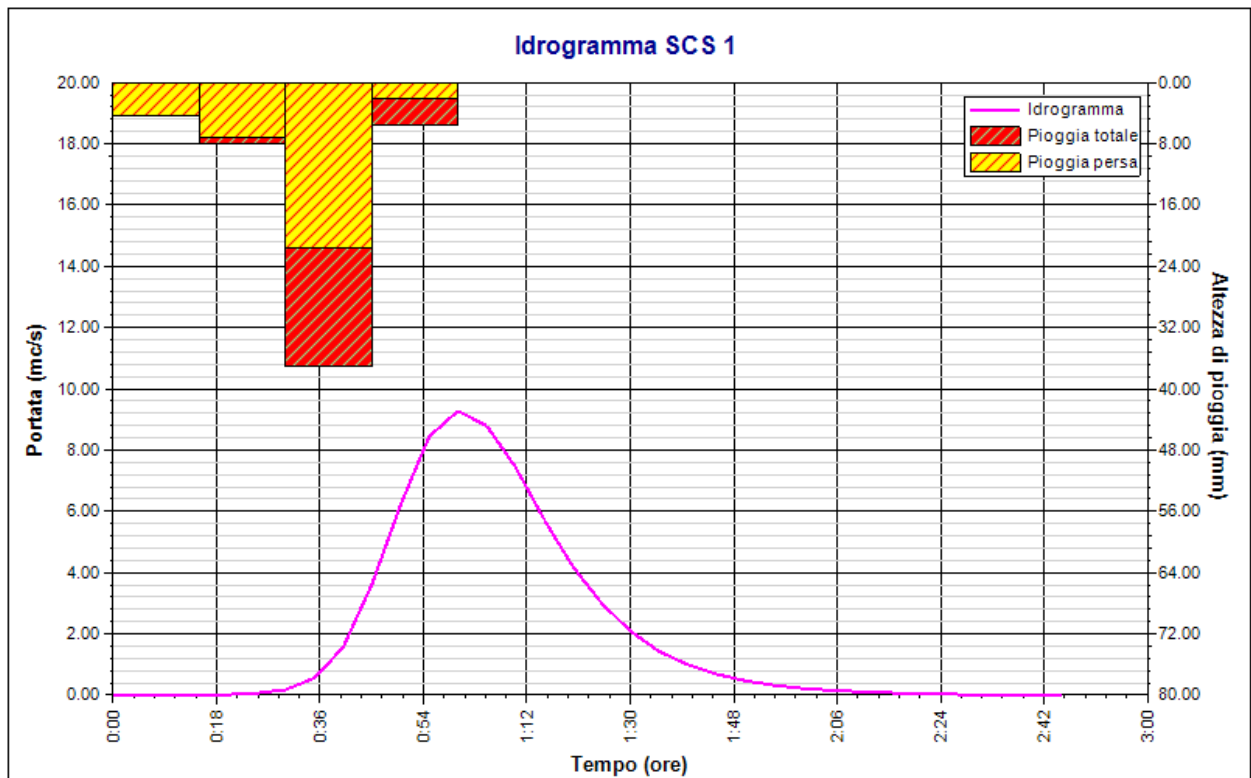
n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	1.423	1.423	0.000	0.0
2	0.083	5	1.423	1.423	0.000	0.0
3	0.167	10	1.423	1.404	0.019	0.0
4	0.250	15	2.667	2.511	0.156	0.0
5	0.333	20	2.667	2.364	0.303	0.0
6	0.417	25	2.667	2.230	0.437	0.1
7	0.500	30	12.367	8.877	3.489	0.2
8	0.583	35	12.367	7.027	5.340	0.6
9	0.667	40	12.367	5.701	6.666	1.6
10	0.750	45	1.820	0.749	1.070	3.6
11	0.833	50	1.820	0.729	1.091	6.2
12	0.917	55	1.820	0.710	1.110	8.4
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	9.3
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	8.8
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	7.4
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	5.7
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	4.2
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	3.0
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	2.1
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	1.4
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	1.0
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	0.7
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	0.5
24	1.917	115	0.000	0.000	0.000	0.3
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	0.2
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	0.2
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	0.1
28	2.250	135	0.000	0.000	0.000	0.1
29	2.333	140	0.000	0.000	0.000	0.0
30	2.417	145	0.000	0.000	0.000	0.0
31	2.500	150	0.000	0.000	0.000	0.0
32	2.583	155	0.000	0.000	0.000	0.0



n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
33	2.667	160	0.000	0.000	0.000	0.0
34	2.750	165	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	9.3	mc/s
Istante picco	1.000	ore
Istante picco	60.0	minuti
Durata totale evento	2.750	ore
Volume afflusso	55	mc x 1000
Volume deflusso	20	mc x 1000
Altezza afflusso	54.831	mm
Altezza deflusso	19.703	mm
Coeff. deflusso	0.36	-
Coeff. udometrico	9.28	mc/s/kmq



Idrogramma SCS 1