



# COMUNE DI CAPACCIO PAESTUM

## PROVINCIA DI SALERNO

### STUDIO GEOLOGICO-SISMICO RELATIVAMENTE ALLA VARIANTE URBANISTICA PER LO “SVILUPPO SOSTENIBILE DELLA FASCIA COSTIERA E RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE TORRE - LINORA”

RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA  
Per la richiesta del "Nulla Osta" per Vincolo Idrogeologico

DOTT. GEOL. LORELLA RUSSO

DATA  
MAGGIO  
2023

## **RELAZIONE GEOLOGICA E SVINCOLO IDROGEOLOGICO DI VARIANTE**

### **INDICE**

1. PREMESSA	pag. 2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag. 5
3.1 Caratteristiche geologico-strutturali dell'area	pag. 5
3.2 Caratteristiche geomorfologiche dell'area	pag. 8
3.3 Caratteristiche idrogeologiche dell'area	pag. 8
4. INDAGINE ESEGUITA	pag. 10
5. STABILITÀ GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA DELL'AREA	pag. 12
6. RISCHIO SISMICO	pag. 13
6.1 Classificazione Sismica di Capaccio Paestum	pag. 15
6.2 Stabilità nei confronti della Liquefazione	pag. 17
7. DISCUSSIONI E CONCLUSIONI	pag. 20

### **ELABORATI**

TAV. 1 – Corografia generale dell'area	(scala 1:10.000)
TAV. 2 – Corografia generale dell'area	(scala 1:5.000)
TAV. 3 – Carta Geolitologica	(scala 1:5.000)
TAV. 4 – Carta Idrogeologica	(scala 1:5.000)
TAV. 5 – Carta della Stabilità	(scala 1:5.000)
TAV. 6 – Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva Sismica	(scala 1:5.000)

### **ALLEGATO**

Prospezione sismica M.A.S.W.

## 1. PREMESSA

Per incarico ricevuto dal Comune di Capaccio Paestum, da parte dell'Ufficio dell'Area P.O. *“Edilizia Privata – Urbanistica – Demanio – Patrimonio”*, la sottoscritta, dr. Lorella Russo, geologo iscritta all'ordine dei Geologi della Regione Campania, Albo n°2172, di redigere uno studio geologico con relativa redazione della relazione geologica e lo studio geologico-sismico relativamente alla Variante Urbanistica per lo **“Sviluppo sostenibile della fascia costiera e riqualificazione ambientale Torre – Linora”**.

Il progetto consiste nella messa in sicurezza, nella riqualificazione ambientale, nel recupero e nello sviluppo sostenibile della fascia litorale compresa tra la zona Archeologica e il limite Sud del Comune di Capaccio Paestum fino al confine con il Comune di Agropoli; un tratto di litoranea di circa 2050 m, situata tra la pineta e la fascia costiera, compresa tra Torre di Mare e Linora.

L'area interessata dal progetto ricade nel perimetro delle zone soggette a **vincolo idrogeologico** ai sensi dei **RR.DD. n. 3267/1923 e n. 1126/1926** e successive integrazioni e modificazioni.

Il presente studio geologico è stato realizzato nel rispetto del quadro normativo di riferimento e delle vigenti disposizioni della L.R. 9/83 *“Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico”*, nonché in accordo con quanto previsto dalle più recenti normative in materia di rischio sismico (D.G.R. 5447/02 *“Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania”*, O.P.C.M. n. 3274/03 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*; del D.M. del 16/01/1996, n° 3274, EC7, EC8, delle NTC 2008, del D.M. 14/01/2008, della L.R. N° 19/09, dell'art. 12 del Regolamento Regionale n°4/2010 e del D.M. 17/01/2018 *“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”*) e con le disposizioni del D.M. 11.03.88.

L'area non è riportata in alcun perimetro delle cartografie in scala 1:5.000, redatte dell'Autorità di Bacino Regionale Sinistra Sele, PSAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico), aggiornamento 2012. Inoltre non è riportata nelle

cartografie in scala 1:10.000, dell'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del Fiume Sele, aggiornamento 2012.

L'area interessata dal progetto ricade nel Comune di Capaccio Paestum, il quale è sismico di III categoria (bassa sismicità).

Per l'espletamento dell'incarico, sono state effettuate una serie di ricognizioni sul territorio atte a definire le caratteristiche geologiche generali dell'area (analisi morfoevolutiva e assetto litostratigrafico); i risultati di tale operazione sono stati integrati con la consultazione della cartografia tematica esistente e con le notizie reperite dalla bibliografia specialistica. Tali informazioni sono state successivamente integrate e dettagliate mediante i risultati di sondaggi geognostici effettuati in precedenza nella zona di studio ed in quelle ad essa limitrofe. In tal modo è stato possibile pervenire ad una caratterizzazione dei terreni costituenti la locale successione litostratigrafia. Per avere la caratterizzazione sismica dei terreni è stata eseguita una prospezione sismica M.A.S.W.

I dati ottenuti sono stati integrati con l'ausilio del Foglio 198 di Eboli (Sa) della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 e relative note descrittive.

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

L'area studiata è situata nel Comune di Capaccio Paestum. Con riferimento alla cartografia ufficiale dello Stato, essa ricade nel Foglio n°486 II – Foce del Sele e nel Foglio n°502 I – Agropoli, della carta topografica d'Italia (Figura 1).

Il sito oggetto di studio è caratterizzato da un'area pianeggiante facente parte della piana del Sele, la quale è attraversata dal Fiume Sele e più in particolare si trova lungo la fascia costiera del Comune di Capaccio Paestum che va da Torre di Mare fino alla Linora, con quote che variano da 0,0 a 3,4 metri sul livello del mare (Tavola 1 e 2).





Figura 1 – Stralcio della Carta Topografica d'Italia scala 1:25.000 – Foglio 486 sez. II "Foce del Sele" e Foglio 502 sez. I "Agropoli"

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

#### 3.1 Caratteristiche geologico-strutturali dell'area

L'area in esame si inserisce nel contesto geologico dell'Appennino meridionale peritirrenico ed è caratterizzata da un assetto strutturale a falde di ricoprimento. Ciò ha avuto origine a seguito di più fasi tettonogenetiche traslative, sviluppatesi dal miocene inferiore al pliocene, che hanno determinato la sovrapposizione di vari bacini paleogeografici. Una intensa fase tettonica distensiva, per buona parte messiniana, ha modificato l'orogene appenninico secondo un sistema a *horst* e *graben*: i primi coincidono con gli alti strutturali mentre i secondi con le depressioni. La piana del Sele occupa la porzione più interna di una di queste depressioni, ovvero il settore continentale del graben del golfo di Salerno. Essa è delimitata a nord-ovest dai Monti Lattari, a nord-est dai Monti Picentini e a sud-est dai Monti del Cilento e dai Monti Alburni. I terreni che colmano la piana sono rappresentati da successioni marine e continentali quaternarie che poggiano sui depositi delle unità stratigrafico-strutturali della catena appenninica. Queste, presumibilmente, possono essere riferibili al complesso liguride (*flysch del Cilento*) o al complesso sifilide (*argille varicolori*) in quanto affiorano estesamente a nord e a nord-est della piana e si trovano tettonicamente sovrapposte ai depositi di piattaforma.

La piana del Sele si individua a partire dal pliocene superiore – pleistocene inferiore con il coevo sollevamento del margine dei monti Picentini-Alburni-Cilento, lungo strutture appenniniche e anti-appenniniche che hanno individuato graben costieri e alti strutturali. La complessa evoluzione neotettonica della Piana del Sele dei suoi massicci bordieri si riflettono anche nelle caratteristiche dei sedimenti che la colmano i quali, da prevalentemente alluvionali durante il pleistocene inferiore e medio, diventano poi prevalentemente marino costiero durante il pleistocene superiore e l'olocene. Tra il pleistocene superiore e l'olocene nella piana del Sele si risentono degli effetti delle oscillazioni marine che hanno dato origine a cinque paleo-linee di costa e la formazione travertinosa. La pianura che sulla costa ha un fronte lungo circa 12-14 Km (da Foce Sele alla Foce del fiume Solofrone) si restringe gradualmente verso l'interno seguendo il disegno delle morfostrutture carbonatiche e dei rilievi collinari del Cilento.

La formazione dei terreni alluvionali, di età olocenica, che si eleva al di sopra di vecchi greti torrentizi e fluviali, è costituita da terreni palustri, lagunari e di colmata per bonifica e localmente frammisto a materiale piroclastico sciolto. Questa formazione ricopre il materiale sedimentario di depositi marini poco profondi.

In seguito al notevole sollevamento della zona montuosa verificatosi nel Quaternario recente con gli eventi neotettonici, si è avuta una rapida modificazione della morfologia preesistente, per cui i corsi d'acqua hanno inciso valli profonde determinando versanti laterali a pendenza notevole. Le forme tipiche legate ai corsi d'acqua sono i terrazzi fluviali; se ne individuano tre ordini: il terrazzo di primo ordine si estende fino alla tenuta di Persano; il terrazzo di secondo ordine si spinge fino al cordone dunare di Gromola, mentre il terrazzo di terzo ordine è evidente a pochi metri dall'alveo del Sele.

Altre forme tipiche sono rappresentate dai cordoni dunari che si dispongono parallelamente all'attuale linea di costa. Si individuano cinque paleo-linee di costa antiche; le prime due sono rappresentate dai ben evidenti cordoni dunari di Sterpina e di Laura che si elevano rispettivamente fino a 5 e 7 m s.l.m., ascrivibili all'olocene (tra circa 3000 a circa 5000 anni b.p. per i depositi marini di Laura, e circa 2000 anni b.p. per quelli di Sterpinia); altre linee di riva storiche sono databili intorno al 1200-1300 d.C. e coinciderebbero con allineamento delle torri costiere (Aragonesi).

Il terzo cordone dunare si rinviene ben conservato in località Gromola e Capaccio Scalo a circa a 3 km di distanza dalla costa attuale e raggiunge talora la elevazione massima di 25 m s.l.m. La quarta linea di riva antica è rappresentata da una collinetta allungata NW-SE presente in località Masseria Stregara (a circa 2 km a est di Gromola) e culminante a quota 12 m s.l.m. Il quinto più antico tracciato è stato individuato nella zona di Ponte Barizzo, Masseria Sabatella a circa 7 km dalla costa attuale.

Nell'area in esame sono presenti anche depositi travertinosi, che formano due grandi placche distribuite su una superficie complessiva di circa 18-20 km<sup>2</sup>: la prima è quella che si estende dalle località C. Filette fino a Cafasso; la seconda è quella su cui sorge la città greca di Paestum e che si estende dalla località Gaudio, fino a lambire quasi il Fiume Solofrone.



L'area in esame è rappresentata, dal punto di vista geologico, nel Foglio 198 "Eboli" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Figura 2).



Figura 2 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 – Foglio 198 Eboli

### *3.2 Caratteristiche geomorfologiche dell'area*

Il territorio del Comune di Capaccio Paestum è ubicato in parte in pianura ed in parte sulla fascia collinare compresa tra i rilievi di Monte Soprano e Monte Sottano; l'area studiata interessa la parte pianeggiante del territorio

Come già accennato, la diversità geolitologica del territorio studiato, ha condizionato gli agenti morfogenetici con il risultato di forme e paesaggi disomogenei, in dipendenza della maggiore o minore suscettibilità dei terreni ad essere modellati. Inoltre, in alcuni casi, gli attuali agenti modellatori agiscono su morfologie relitte e ridisegnano il paesaggio con un'energia morfogenetica notevolmente inferiore a quelli che hanno agito nel passato.

### *3.3 Caratteristiche idrogeologiche dell'area*

L'area esaminata, a scala più ampia, è parte integrante dell'unità idrogeologica del massiccio di Monte Cervati – Monte Vesole. La falda di Monte Soprano e di Monte Sottano è strettamente connessa con quella di Monte Cervati – Monte Vesole da cui riceve cospicui volumi d'acqua. È caratterizzata da un livello piezometrico molto profondo che si sviluppa a circa 350 metri di profondità rispetto all'abitato di Capaccio ed alimenta tutto il gruppo delle sorgenti di Capaccio-Paestum (sorgenti Capodifiume-Acqua salsa,  $Q = 2900$  l/s; sorgenti Paestum-Cafasso,  $Q = 750$  l/s; sorgenti acqua sulfurea,  $Q = 250$  l/s).

La piana del Sele, invece, è un grosso serbatoio naturale di acqua in quanto è costituita, per la maggior parte, da terreni le cui caratteristiche di porosità sono tali da favorire cospicui accumuli idrici. Il rifornimento idrico proviene dal corso d'acqua (*bacino idrografico*), dall'infiltrazione sotterranea (*bacino idrogeologico*) e dall'infiltrazione diretta (*precipitazioni*). L'idrografia generale della piana è caratterizzata dalla presenza di un corpo idrico molto importante, il **Fiume Sele**, il quale è alimentato da diversi affluenti, il principale è il Calore. Corsi d'acqua di minore importanza sono Capodifiume e il Solofrone. Nei pressi dell'area di studio, il reticolo idrografico è stato modificato da opere di bonifica effettuate nel passato recente ed è rappresentato da un fitto sistema di canalizzazioni, organizzato gerarchicamente fino ai recapiti idrici principali.

Tuttavia l'acquifero della piana risulta discontinuo e fortemente condizionato dalle caratteristiche sedimentologiche dei terreni. Il risultato è un acquifero interessato da continue variazioni di permeabilità e, quindi, di diversa capacità di ritenzione idrica sia verticale che laterale. Il complesso alluvionale che ne risulta ingloba tutti i sedimenti sciolti della piana ed è costituito da ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi di fondovalle e/o alluvionali e lacustri.

Esso è permeabile per porosità, il cui grado si può considerare medio e condizionato dalla granulometria dei depositi. La capacità ricettiva dell'acquifero alluvionale è complessivamente buona, sia nei confronti dell'alimentazione diretta (fenomeno, questo, agevolato dalla morfologia piatta degli affioramenti), che nei confronti di quella indiretta proveniente dagli acquiferi adiacenti, come le strutture carbonatiche di Monte Polveracchio-Raione; questi quantitativi idrici vengono distribuiti all'acquifero anche attraverso i paleoalvei del Sele e del Tusciano, che fungono da vie di alimentazione preferenziale. In questo complesso, inoltre, possono essere inclusi gli estesi affioramenti di travertino in quanto dotati di una permeabilità medio-alta per porosità e fratturazione.

L'intera unità idrogeologica della Piana del Sele è caratterizzata da una circolazione idrica profonda, con più falde sovrapposte, e da una superficiale; presenti nei terreni a maggiore permeabilità. Generalmente la prima falda si riscontra in posizione subsuperficiale e si trova negli accumuli limo – torbosi che affiorano per buona parte del territorio; altri livelli piezometrici possono essere intercettati più in profondità e riguardano, nella maggior parte dei casi, le falde confinate in depositi sabbiosi sepolti.

Le diverse litologie dei terreni, come già accennato, hanno comportamenti differenti anche nei riguardi della circolazione idrica sotterranea. Sulla base di questo riconoscimento, le formazioni sono state raggruppate in funzione delle loro caratteristiche idrogeologiche comuni, definendo così i seguenti complessi idrogeologici:

1. *complesso Sabbioso;*
2. *Complesso dei Travertini.*

***Complesso Sabbioso:***

Depositi di spiaggia e duna recenti, attuali ed antiche.

La permeabilità è medio-alta per porosità.

***Complesso dei Travertini:***

Travertini in facies di sabbie fitoermali e fitoclastiche litoidi e/o sciolti.

La permeabilità è alta per porosità, fessurazione e carsismo nei livelli più antichi.

#### **4. INDAGINE ESEGUITA**

Nell'area d'intervento è stata eseguita una prospezione sismica M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh), per caratterizzare sismostratigraficamente i litotipi presenti e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018)

L'indagine si realizza disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale una mazza battente su piastra metallica, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, e l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni, quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione matematica con algoritmi finalizzati a minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata dall'indagine, di lunghezza circa corrispondente a

quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume ( $V_p$ ).

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. Il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale. La massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

La prova sismica ha permesso di definire la categoria di suolo del sito che rientra nella categoria 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.***

I risultati della prova con i relativi diagrammi sono riportati nell'allegato della Prova sismica M.A.S.W.



## **5. STABILITA' GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA DELL'AREA**

Le condizioni di stabilità sono state dedotte dallo studio effettuato sul territorio attraverso un'analisi geomorfologica dell'area; rilevando il territorio tale da poter costruire dei profili topografici e studiarne la morfologia in relazione all'intervento da erigersi. Quindi attraverso i dati rilevati, geologici-strutturali nonché delle caratteristiche fisico-meccaniche delle coltri di alterazioni, la parte studiata del territorio comunale di Capaccio Paestum è stata classificata come area stabile su substrato sabbioso compatto e su substrato compatto affiorante. Per quanto riguarda il sito d'interesse ricade nell'area stabile, l'area è pianeggiante ed ha raggiunto la sua forma morfoevolutiva.

L'area non è riportata in alcun perimetro delle cartografie in scala 1:5.000, redatte dell'Autorità di Bacino Regionale Sinistra Sele, PSAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico), aggiornamento 2012. Inoltre non è riportata nelle cartografie in scala 1:10.000, dell'Autorità di Bacino Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del Fiume Sele, aggiornamento 2012.

Per quanto riguarda il Vincolo Idrogeologico, che è stato emesso, il 30/12/1923 con il R.D.L. n° 3267 e successive integrazioni (L.R. n°13 del 28/02/1987), per tutelare gli interessi pubblici. L'articolo 1 stabilisce che “sono soggetti a vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi uso e destinazione che per effetto di varie forme di utilizzazione possono subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque con conseguente danno pubblico”.

Scopo principale del vincolo è di prevenire alterazioni e modifiche tali da compromettere gli equilibri raggiunti attraverso l'incessante azione dei processi geomorfici.

Per quanto riguarda l'area oggetto di studio per cui si richiede lo Svincolo Idrogeologico, le attività progettuali che verranno realizzate sono da considerarsi come elementi di integrazione controllata che non alterano gli equilibri idrogeologici e geomorfologici. Infatti il progetto prevede, per la sistemazione dell'area, modesti movimenti di terra. Non verrà alterata né la circolazione idrica superficiale né quella sotterranea, non innescherà fenomeni di instabilità di tipo gravitativo poiché l'area sarà protetta con opportune opere di regimentazione delle acque meteoriche

superficiali. Per tanto non sussistono elementi per continuare a mantenere l'area soggetta a vincolo idrogeologico.

## **6. RISCHIO SISMICO**

Il comune di Capaccio Paestum si inserisce nel contesto geologico – strutturale dell'Appennino Meridionale, di conseguenza ad esso è collegato anche per gli eventi sismogenetici, in modo meno amplificato, che lo hanno interessato. Da studi effettuati, gli eventi sismici storici più importanti sono il terremoto del **1688** che interessò violentemente la zona di Benevento, provocando gravissimi danni fino all'area di Avellino e di Serino, manifestò i suoi effetti in modo meno disastroso, ma pur sempre di notevole entità, anche più a Sud ed almeno fino a Cava de' Tirreni ed a Salerno. Il terremoto del **1694** provocò ingenti danni su tutta una vasta area e il terremoto del **23.11.80**, anche quest'ultimo ha provocato ingenti danni su tutta una vasta area coincidente con quella interessata dal sisma del **1694**.

Tale raccolta sintetica di notizie storiche sugli effetti provocati nell'area di studio dai più significativi e violenti movimenti tellurici che hanno interessato l'Appennino campano-lucano, mette in luce che i sismi che hanno colpito con maggiore violenza il territorio comunale sono stati quelli del 1980 e del 1694, caratterizzati dalla stessa area epicentrale, e quello del 1688, con epicentro nella zona di Benevento. La forza massima che finora, quindi, ha interessato l'area di Salerno è assimilabile a quella dei sismi del 1694 e del 23.11.1980. Recenti ricerche sull'evoluzione neotettonica della catena appenninica hanno messo in evidenza che questa è distinguibile, nei riguardi della sismicità, in due fasce orientate NW-SE.

La fascia occidentale, comprendente l'area tra la linea di costa tirrenica ed il margine orientale delle rocce calcaree lungo l'allineamento segnato dalle alte valli dei fiumi Agri e Melandro, lo scalo di Muro Lucano – Biella, alta valle del Sele, Ofanto e Calore, Benevento e Matese Orientale (valle di Boiano) è stata caratterizzata da fenomeni di assestamento definitivo risalenti a circa 800.000 anni e pertanto, può ritenersi ormai stabilizzata.

Invece la fascia centro-orientale della catena ed il bordo orientale dei rilievi calcarei, è stata caratterizzata da intensi e recenti sollevamenti non ancora del tutto esauriti.

Questa seconda fascia, quindi, risulta ancora instabile e tende tuttora a sollevarsi lentamente in seguito ad assestamenti delle masse profonde fino a 30-35 Km. Essa, ampia da 25 a 35 km, è delimitata in profondità da importanti faglie lungo le quali avvengono gli scorrimenti relativi tra le rocce ad Ovest e ad Est che rimangono relativamente stabili e la parte di rocce che tende sollevarsi. In corrispondenza di tali faglie profonde perimetrali, non riconoscibili direttamente in superficie, avvengono gli attriti principali e quindi i terremoti più disastrosi che periodicamente colpiscono sempre le stesse aree. Presentano un allineamento lungo due direttrici NW-SE, ampie alcuni km: quella occidentale è ben delineabile dalle valli Agri e Melandro, Scalo di Muro Lucano – Bella, alte valli del Sele, Ofanto e Calore, zona di Benevento e valle di Boiano, lungo le quali si sono originati, tra gli altri, i violenti sismi del 1688, 1694, 1805, 1853, 1857, 1980; quella orientale è definibile da Melfi, Bisaccia, margine orientale della Baronia e zona di Ariano Irpino ed ha dato luogo, tra gli altri, ai sismi del 1851, 1930 e 1962.

Ciò detto, risulta che le strutture sismogenetiche più vicine all'area di Salerno sono quelle ubicate lungo la prima fascia, con il tratto più prossimo compreso tra le alte valli del Sele, Ofanto, Calore e Benevento, lungo il quale si sono originati i sismi del 1688, 1694 e 1980.

Ulteriori importanti strutture sismogenetiche più prossime al territorio di Salerno non se ne conoscono e pertanto è possibile dedurre che la forza massima che può interessare il territorio indagato è pari a quella dei sismi del 1694 e del 1980; peraltro tale considerazione è direttamente confermata dall'analisi storica dei terremoti verificatisi in passato, a cui sopra si è accennato.

Dall'analisi della distribuzione degli eventi tellurici citati si nota come la provincia di Salerno risente della sismicità storica originatasi all'interno delle zone sismogenetiche presenti nella catena appenninica, disposte lungo una fascia orientata NW-SE, comprendente parte delle regioni Molise, Campania e Basilicata. Questa fascia è definita dalla distribuzione degli epicentri dei terremoti sia storici che recenti. Gli addensamenti degli epicentri, le modalità di rilascio energetico in

correlazione con l'assetto geologico-strutturale, permettono di individuare aree sismogenetiche a diverso comportamento sismico.

L'analisi della distribuzione degli effetti prodotti dai terremoti con intensità maggiore dell'VIII grado **MCS** (Mercalli–Cancani–Sieberg), a partire dal XV secolo fino al terremoto del 1980, ha evidenziato che gran parte della provincia di Salerno ha subito un danneggiamento valutabile tra il VII e il X grado della scala MCS, mentre nel Cilento l'intensità non ha superato il VI grado MCS (Esposito et al., 1992).

In termini di massima intensità macrosismica avvertibile in seguito ad eventi sismici, il comune di *Capaccio Paestum* ricade nelle aree in cui si risentono valori  $\leq$  al 6° grado della scala MCS. Tale valore è in accordo con l'intensità dei terremoti registrata in tale comune, evidenziata dalla storia sismica e dai cataloghi di terremoti consultati.

In conclusione, considerando i dati sin qui esposti, si può ritenere che i centri abitati dell'intero comprensorio comunale di *Capaccio Paestum* non sono mai stati colpiti da eventi tellurici disastrosi. Appare, pertanto, che il **6° grado MCS** può essere considerato come il massimo grado di danneggiamento per il Comune di ***Capaccio Paestum***.

#### **6.1 Classificazione Sismica di Capaccio Paestum**

A livello normativo, il problema del rischio sismico viene affrontato in modo organico con la legge n. 64 del 2 febbraio 1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", in cui si prevedeva l'aggiornamento periodico della classificazione e delle norme tecniche costruttive in funzione di nuove conoscenze sulla genesi e sull'azione dinamica esercitata sulle strutture dall'azione sismica.

Ai sensi della L. 64/74 i comuni dichiarati sismici venivano classificati mediante decreti legislativi con i quali ad essi veniva assegnato un grado di sismicità "**S**" (6,9,12) a seconda dell'intensità macrosismica. In seguito al terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980, che evidenziò le errate scelte urbanistiche fino ad allora operate in chiave di protezione sismica, si rese necessario imporre norme più restrittive per l'adeguamento degli strumenti urbanistici generali e particolareggiati

vigenti. In tal senso, la Legge n.741 del 10 dicembre 1981 oltre a stabilire i criteri per la formazione degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione del rischio sismico, determinava la delega alle Regioni (art. 20) per l'emanazione delle suddette norme, che in Campania trovò nella **Legge Regionale 9/83** una delle prime norme a livello locale che introducevano i criteri e le indagini per la redazione di mappe di Microzonazione comunale, per le progettazioni urbanistiche a carattere generale, e di Caratterizzazione sismica dei siti, per le progettazioni esecutive, nei comuni dichiarati sismici. A seguito dei recenti eventi sismici (terremoto dell'Appennino umbro-marchigiano del 1998, terremoto del Molise del 2002), il legislatore ha emanato nel 2003 nuove norme antisismiche, introdotte con l'**Ordinanza n. 3274** del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 20 marzo 2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*.

In anticipo rispetto alla normativa nazionale, la Regione Campania ha adottato, con **D.G.R. 5447 del 7 novembre 2002**, la nuova classificazione sismica del territorio regionale formulata dal gruppo di lavoro costituito da esperti del Servizio Sismico Nazionale, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, in base alla risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997 e le risultanze relative ai comuni della Campania.

In seguito a tale risoluzione, la classificazione sismica del territorio nazionale passa da tre a quattro categorie. Il Comune di **Capaccio Paestum**, ai sensi della normativa vigente, è classificato a rischio sismico e rientra nella **zona 3 (bassa sismicità)**.

Con l'entrata in vigore dell'O.P.C.M. 3274/03 è cambiato il livello energetico attribuito alle classi sismiche, per cui la **"Pericolosità Sismica"**, espressa come intensità sismica in termini di accelerazione al suolo (*ag/g*), mette in luce nuovi valori di riferimento, notevolmente superiori rispetto a quelli precedentemente vigenti.

Dall'applicazione della nuova normativa regionale (D.G.R.C. 248 del 24/01/2003; G.R.C. prot. 1667/SP del 5/11/2003; D.G.R.C. 816 del 10/06/2004) ne consegue che i Comuni che hanno subito una variazione dell'intensità sismica

devono procedere ad una revisione degli strumenti urbanistici, in quanto questi risultano, di fatto, inadeguati a garantire la sicurezza nel territorio e, soprattutto, degli edifici in occasione dell'evento massimo atteso. Tutti i Comuni della Campania devono, pertanto, procedere ad **azioni di valutazione dell'intensità sismica locale (Microzonazione Sismica)** e ad una **revisione degli strumenti urbanistici vigenti**, in quanto gli stessi risultano essere inadeguati, in termini di "Pericolosità Sismica", alla nuova normativa vigente in Italia (*cfr. Relazione finale della Commissione Pericolosità Sismica -Deliberazione n°181 del 24/01/2007 dell'Ordine dei Geologi della Campania*).

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di **Capaccio Paestum** rientra nei valori di *ag* di riferimento compresi tra **0.075 e 0.100**.

### **6.2 Stabilità nei confronti della liquefazione**

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi sabbiosi saturi e dipendono principalmente da:

- *proprietà geotecniche dei terreni;*
- *caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;*
- *genesì e storia geologica dei terreni.*

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti. Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce.

La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. Il fenomeno della liquefazione si origina preferibilmente in sedimenti posti tra 1,0 m e 20,0 m di profondità dal piano campagna, come chiarisce la Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile *“Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”*.

Le NTC richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste la progettazione di un manufatto. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Il D.M. 17.01.2018 contiene al punto 7.11.3.4.2 le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni. Una valutazione semplificata della suscettibilità può essere ottenuta considerando le seguenti condizioni:

- *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti*
- *profondità media stagionale della falda*
- *tipo di deposito.*

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

*1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*

*2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*

*3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$ , dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 KPa, e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata a una tensione di verticale di 100 KPa;*

*4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 42 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in figura 43 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .*

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Quando nessuna delle condizioni risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto-falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

La verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

La caratterizzazione sismica dell'area di studio è stata trattata nella relazione delle Indagini Geognostiche allegata alla fine della presente, alla quale si rimanda.

Si fa notare che, per quanto riguarda il sito oggetto di studio, non sussistono fattori predisponenti alla liquefazione. Infatti la prima circostanza è verificata, infatti *le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono minori di 0,1g (Figura 3).*



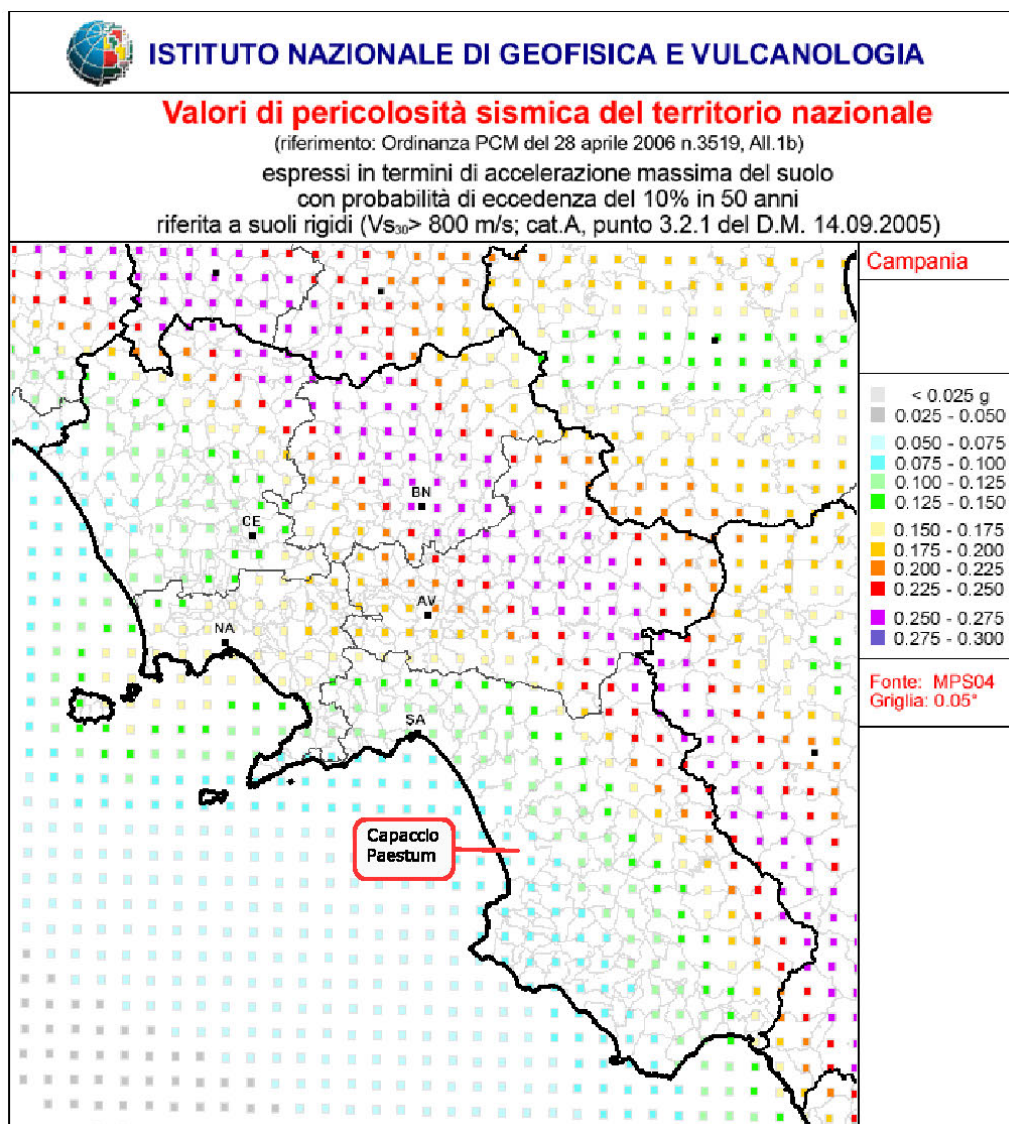


Figura 3 – Mappa dei Valori di Pericolosità Sismica del territorio nazionale

## 7. DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Il presente studio è una relazione geologica e lo studio geologico-sismico relativamente alla Variante Urbanistica per lo **“Sviluppo sostenibile della fascia costiera e riqualificazione ambientale Torre – Linora”**.

Il progetto consiste nella messa in sicurezza, nella riqualificazione ambientale, nel recupero e nello sviluppo sostenibile della fascia litorale compresa tra la zona Archeologica e il limite Sud del Comune di Capaccio Paestum fino al confine con il Comune di Agropoli; un tratto di litoranea di circa 2050 m, situata tra la pineta e la fascia costiera, compresa tra Torre di Mare e Linora.

L'area interessata dal progetto ricade nel perimetro delle zone soggette a **vincolo idrogeologico** ai sensi dei **RR.DD. n. 3267/1923 e n. 1126/1926** e successive integrazioni e modificazioni.

Lo studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico evidenzia che l'area oggetto di studio è stabile dal punto di vista morfoevolutivo. In quest'area è presente un corso d'acqua principale dato dal Fiume Capodifiume, il quale non dà luogo a nessun tipo di problematica quali esondazioni.

Lo studio della stratigrafia ha evidenziato la presenza di una formazione di base, costituita da **sabbie da poco a mediamente addensate**. Nel complesso, il litotipo è caratterizzato da discreti parametri geotecnici.

Attraverso la prova sismica M.A.S.W., si è potuto definire la categoria di suolo del sito che rientra nella categoria 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.***

Da quanto esposto si evince chiaramente la compatibilità geologica e idrogeologica con gli interventi previsti dal progetto per il quale si è provveduto alla presente relazione e che sussistono tutte le condizioni favorevoli al rilascio del "Nulla Osta" da parte degli enti delegati.

Agropoli, maggio 2023

Il geologo  
dott. Lorella Russo

ATTO DI ASSEVERAZIONE  
(Art. 2 L.R. n° 9 del 7/2/1983)

OGGETTO: asseverazione relazione geologica relativamente alla Variante Urbanistica per lo **“Sviluppo sostenibile della fascia costiera e riqualificazione ambientale Torre – Linora”**.

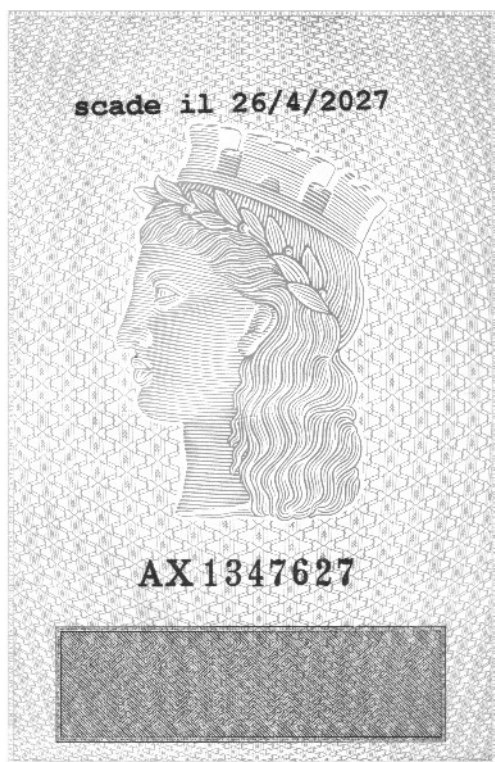
La sottoscritta dott. Geol. Lorella Russo, nata a Battipaglia (Sa) il 26/04/1973, residente ad Agropoli (Sa), in Via San Marco - 15, iscritta all'Ordine dei Geologi della Regione Campania, Albo n°2172:

ASSEVERA

Che la relazione geologica sullo studio di compatibilità per lo svincolo idrogeologico relativa all'oggetto, è stata redatta nel rispetto degli adempimenti previsti dalla legge del R.D. n° 3267 del 30/12/1923, dalla L.R. n°13 del 28/02/1987 e della L.R. n°11 del 7/05/1996.

Agropoli, maggio 2023

firma



Cognome **RUSSO**

Nome **LORELLA**

nato il **26/04/1973**

(atto n. **1** P. **I** S. ....)

a **BATTIPAGLIA (SA)**

Cittadinanza **ITALIANA**

Residenza **AGROPOLI**

Via **Via San Marco, 15**

Stato civile **Coniugata CURCIO**

Professione **Geologo**

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura **MT. 1,70**

Capelli **CASTANI**

Occhi **VERDI**

Segni particolari **NESSUNO**



Firma del titolare *Lorella Russo*

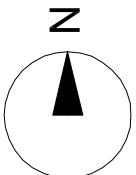
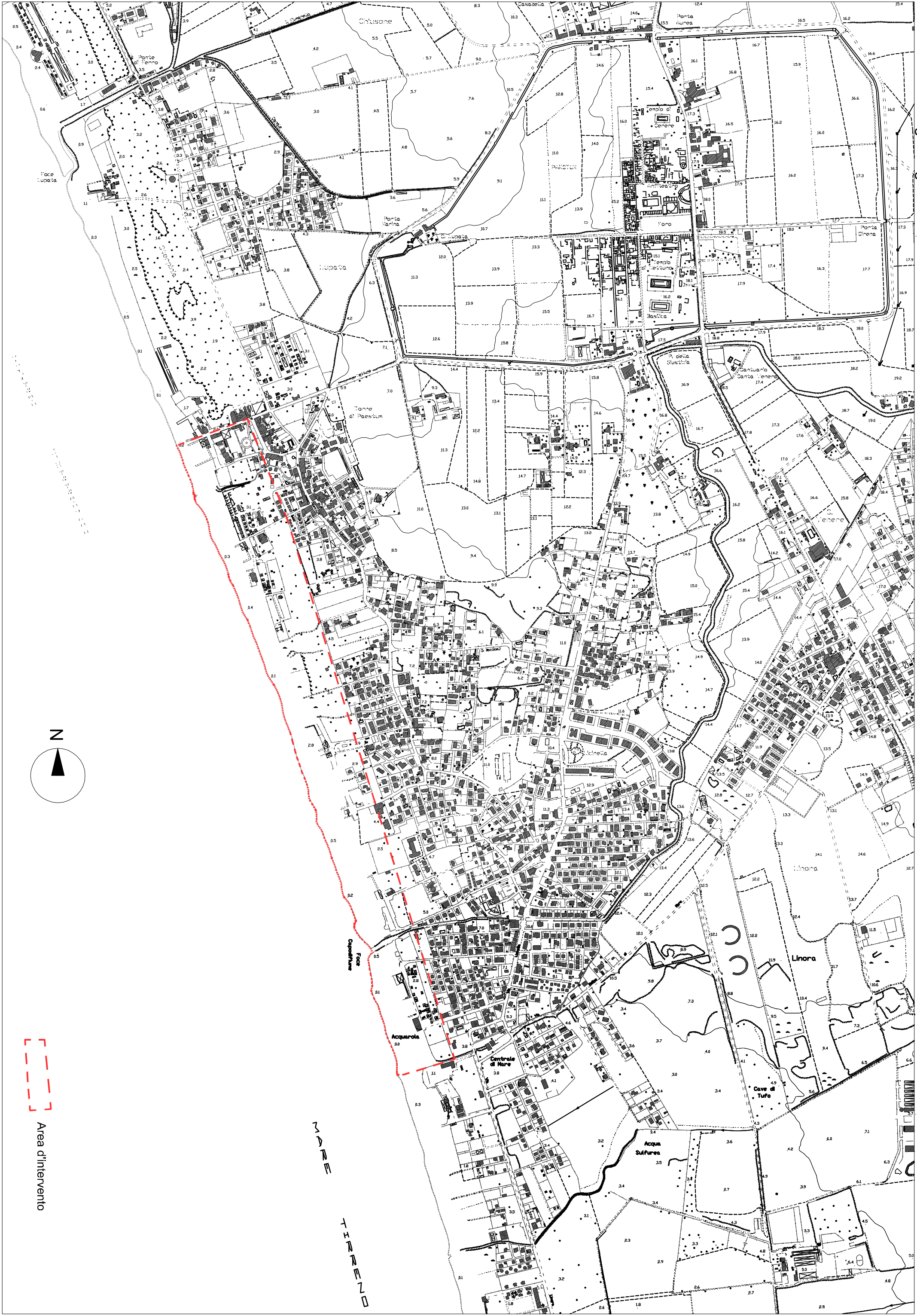
**AGROPOLI** li **05/05/2016**

Impronta del dito indice sinistro *Lorella Russo*

UFFICIALE D'ANAGRAFE DELEGATO  
Il Sindaco *Il Sindaco*

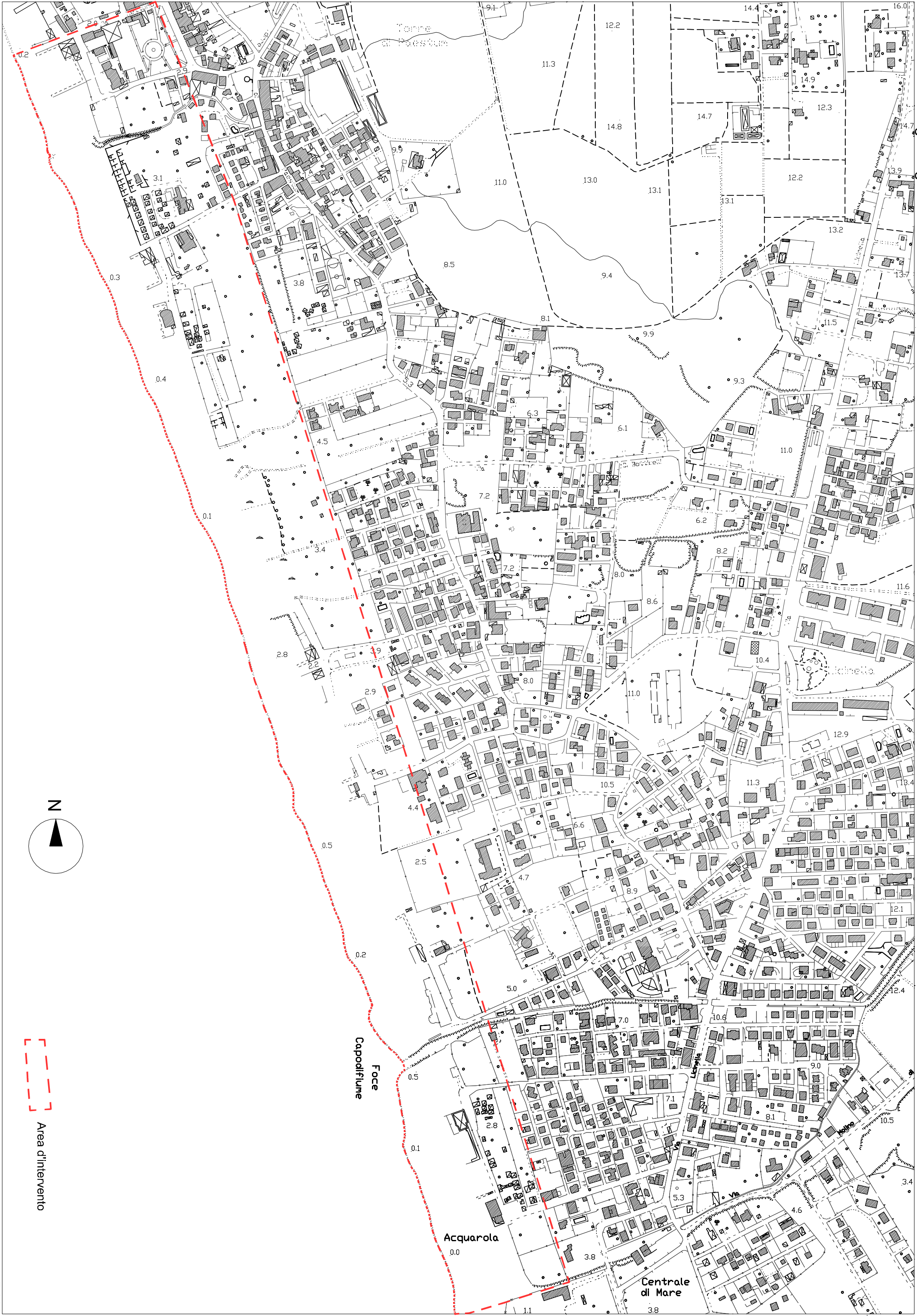




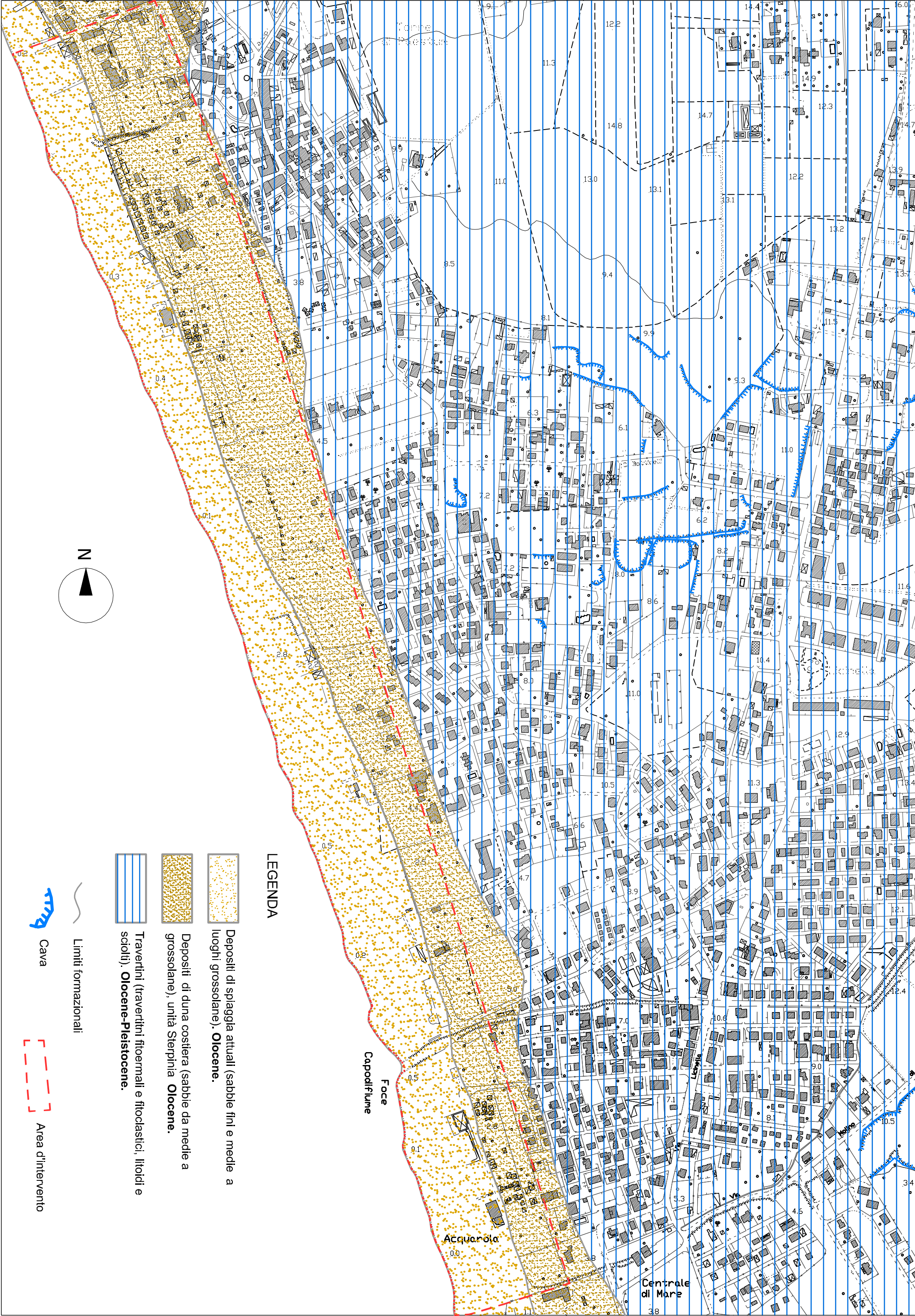


Area d'intervento

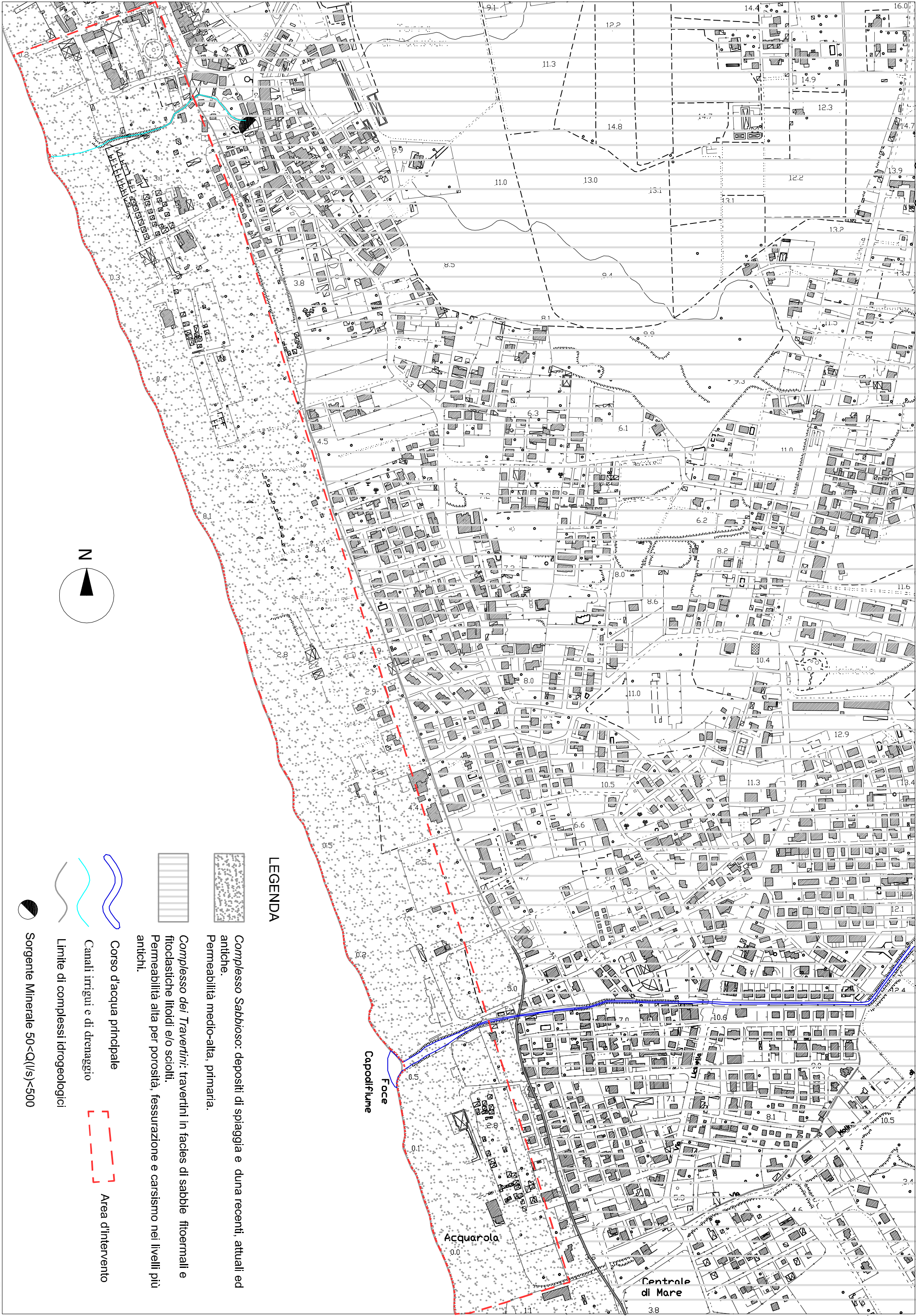




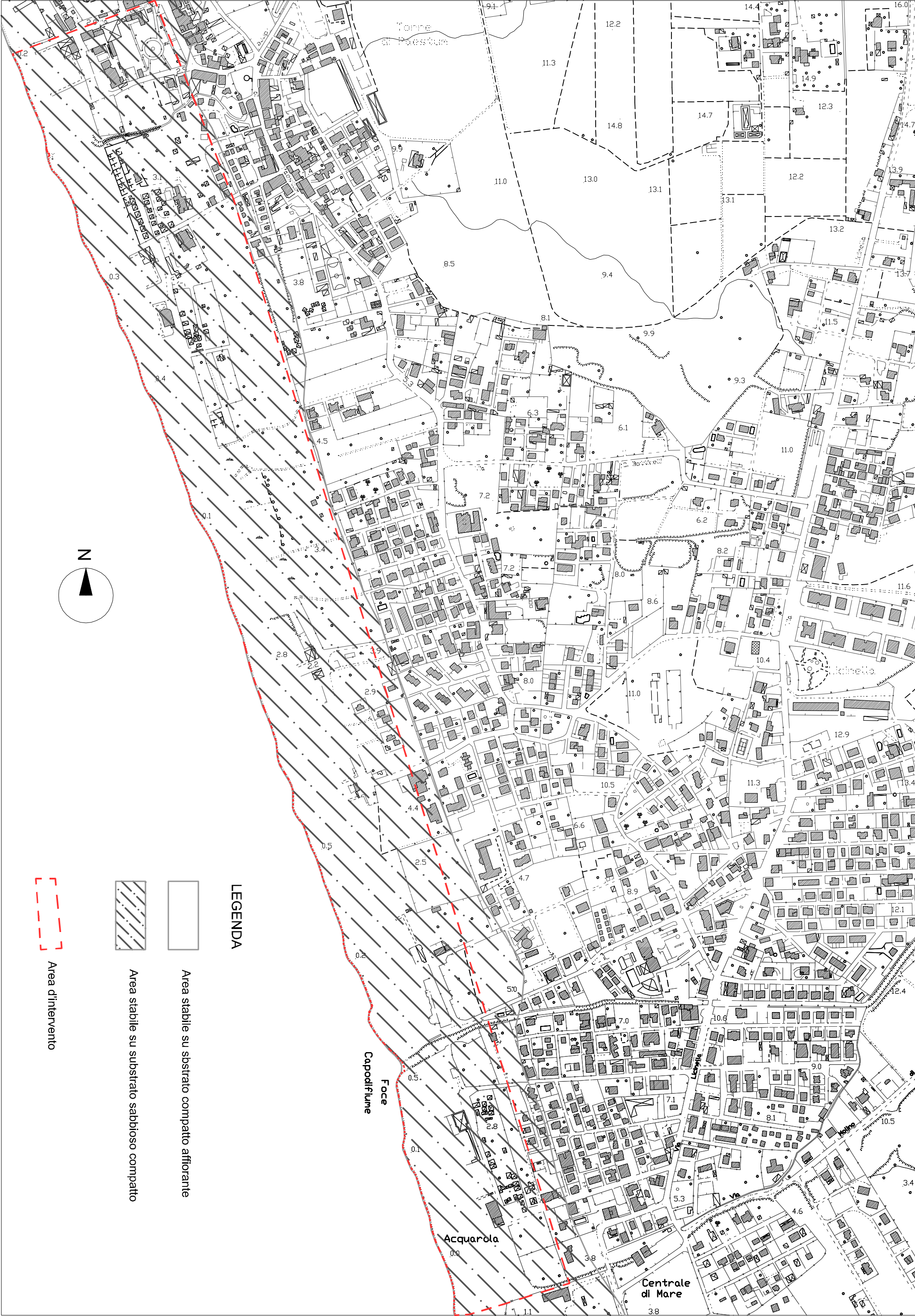




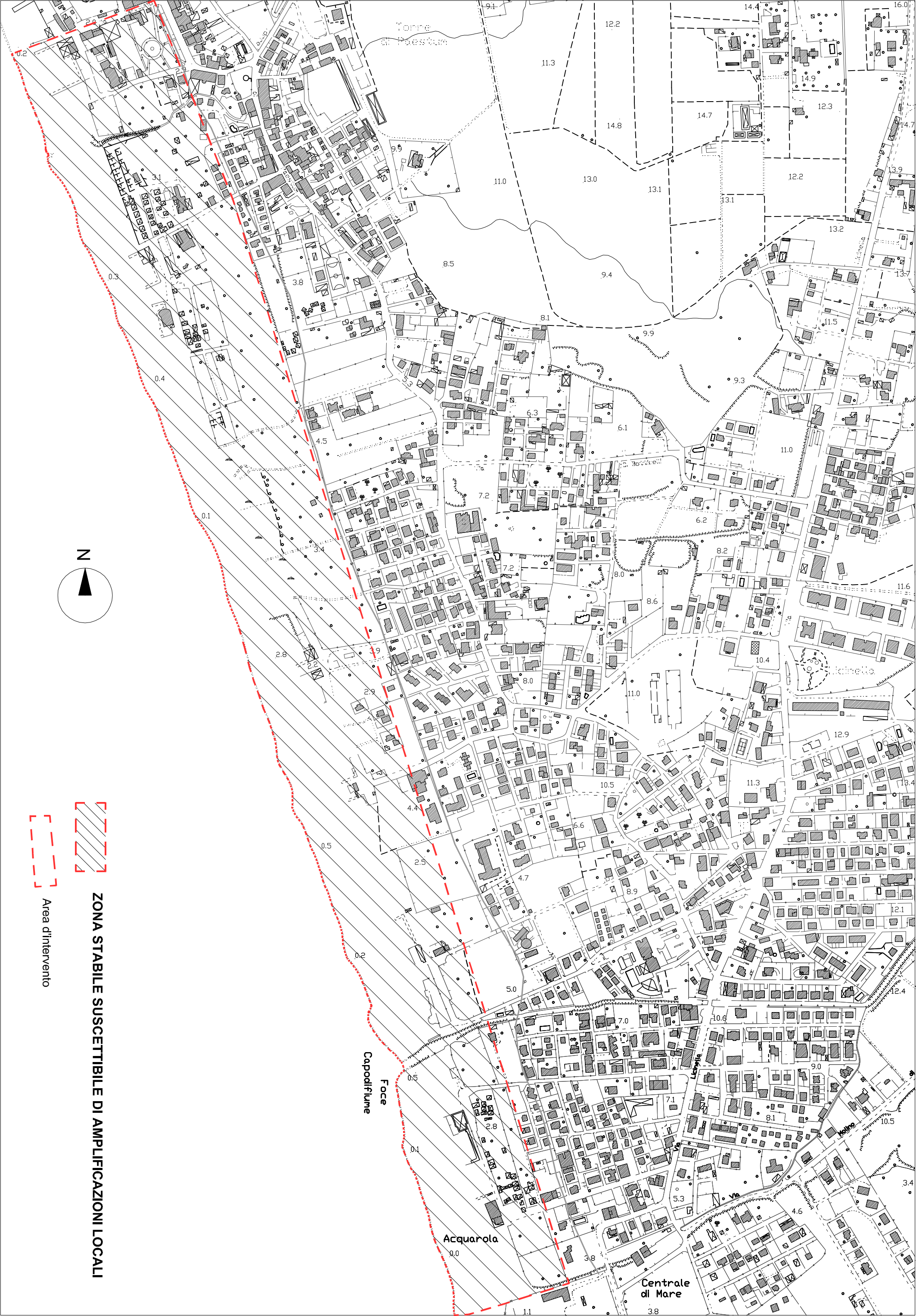














# COMUNE DI CAPACCIO PAESTUM

(PROVINCIA DI SALERNO)

---

## INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

(Multichannel Analysis of Surface Waves)

(D.M. 17/01/2018)

**OGGETTO :** VARIANTE URBANISTICA PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE DELLA FASCIA COSTIERA E RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

**LOCALITA':** TORRE - LINORA



**COMMITTENTE**

**AMM.NE COMUNALE DI CAPACCIO PAESTUM (SA)**

# INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. PROSPEZIONE SISMICA MASW: ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH .....	2
3. INDAGINE ESEGUITA: STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E FASE DI ACQUISIZIONE DATI.....	4
4. ELABORAZIONE DATI.....	5
5. INTERPRETAZIONE DATI E CATEGORIA DI SUOLO (D.M. DEL 17.01.2018) ...	6
6. CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	9

## 1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dall'Amm.ne Comunale di CAPACCIO PAESTUM (SA), è stata effettuata una prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) al fine di caratterizzare sismostratigraficamente i litotipi presenti e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

L'indagine in oggetto è stata eseguita per i lavori di *"Variante Urbanistica per lo sviluppo sostenibile della Fascia Costiera e Riqualificazione Ambientale Torre - Linora"*.



Ubicazione su foto satellitare dell'area di intervento e dell'indagine sismica MASW

## 2. PROSPEZIONE SISMICA MASW: ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

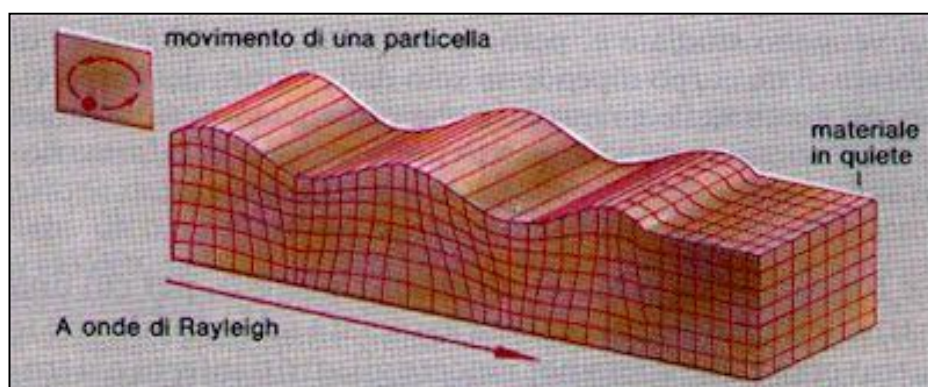
L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine sismica non invasiva, mirata alla determinazione di un modello di distribuzione della velocità delle onde di taglio Vs con la profondità e alla definizione delle caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi presenti nell'area di sedime.

Scopo ultimo dell'indagine eseguita è la classificazione sismica del suolo in esame secondo la normativa vigente (D.M. 17.01.2018).

Tale metodologia di indagine è basata sull'utilizzo delle onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni disposti lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale.

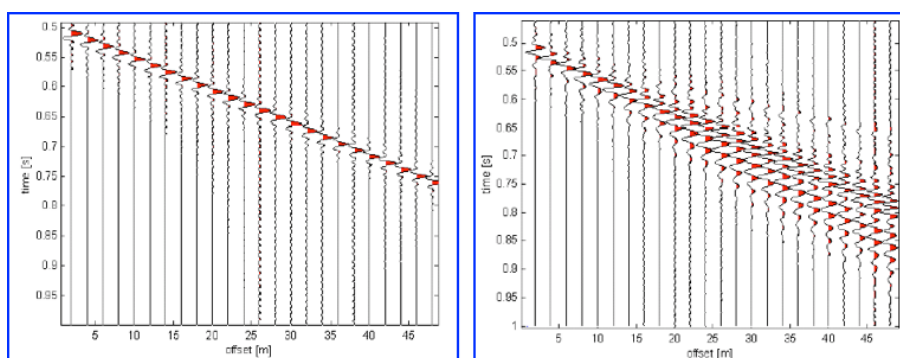
Le onde superficiali di Rayleigh sono onde polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) che si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando questo viene sollecitato acusticamente.

Il moto delle particelle, vincolato in uno spazio verticale contenente la direzione di propagazione, descrive un'orbita ellittica retrograda secondo la direzione di propagazione dell'onda stessa. L'ampiezza dell'ellissi decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.



**Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.**

Proprietà fondamentale che caratterizza le onde superficiali di Rayleigh è il fenomeno della dispersione che avviene quando queste onde attraversano mezzi stratificati e, su tale principio, si basa l'analisi per la determinazione delle Vs (Fig.2 ).



**Fig. 2: Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.**

Dall'analisi della curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o del suo inverso,



cioè la frequenza) è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità attraverso il processo di inversione.

La metodologia di analisi basata sulle proprietà dispersive delle onde superficiali per la definizione del parametro  $V_s$  a diversa profondità, è descrivibile attraverso cinque punti fondamentali:

- In campagna vengono eseguite ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante (solitamente costituita da una massa battente su di una piastra in alluminio). I segnali sismici vengono acquisiti lungo uno stendimento rettilineo di sorgenti-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
- Definizione della velocità di propagazione delle onde di superficie per le diverse frequenze (curva di dispersione sperimentale);
- Calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  (definizione del modello iniziale di velocità);
- Modifica della curva teorica: cioè si variano opportunamente lo spessore  $H$ , la velocità delle onde di taglio  $V_s$  la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino al raggiungimento di una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale (o curva di dispersione teorica) e la velocità di fase numerica (o curva di dispersione sperimentale) corrispondenti al modello di suolo (processo di inversione).
- ricostruzione di un modello 1D delle  $V_s$  dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero uno spostamento lungo la linea dello stendimento).

### **3. INDAGINE ESEGUITA: STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E FASE DI ACQUISIZIONE DATI**

La prospezione sismica MASW è stata eseguita mediante l'utilizzo di un sistema di acquisizione dati costituito da un sismografo a 24 canali Ambrogeo ECHO 12-24/2002 collegato ad una serie di 12 geofoni da 4.5 Hz. I dati ottenuti secondo il metodo MASW, sono stati acquisiti e salvati da un PC portatile con sistema operativo Windows 10 e software di acquisizione Ambrogeo 7.00.

Come accennato precedentemente il metodo MASW è un metodo d'indagine di tipo attivo per cui è necessario l'utilizzo di un sistema di

energizzazione capace di generare, nel sottosuolo, un'onda di tipo impulsiva. Il sistema di energizzazione utilizzato è costituito da un maglio di 8 kg battente verticalmente su una piastra circolare in alluminio del diametro di 25 cm posta direttamente sul piano campagna.

Ai fini dell'acquisizione è necessario l'utilizzo di un sistema di trigger o starter che consiste in un circuito che viene chiuso all'istante in cui il grave colpisce la base di battuta; il sensore che riceve l'impulso è un geofono verticale a 14 Hz posto in prossimità della piastra quadrata in alluminio.

L'indagine sismica oggetto della presente relazione è stata eseguita utilizzando 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5Hz posizionati lungo un profilo sismico di 11,00 metri adottando, quindi, una distanza intergeofonica pari a 0,50 m; inoltre, ai fini di investigare il volume di sottosuolo d'interesse, l'energizzazione è stata eseguita ad un offset di 1,00 m, ovvero a una distanza di 1,00 m dal primo geofono. Questa procedura ha consentito di investigare il sottosuolo in esame fino a una profondità di circa 30 metri dal piano campagna consentendo, quindi, di determinare la sismostratigrafia 1D dei terreni di sedime.

#### **4. ELABORAZIONE DATI**

La fase di elaborazione dati consiste nell'analisi dei segnali attraverso un processo di inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh, permettendo. Quindi, di ottenere una sismostratigrafia 1D delle Vs (velocità delle onde di taglio).

I segnali sismici acquistati in formato *.dta* vengono processati attraverso l'utilizzo del software "Easy MASW" della "Geostru Software".

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale tra velocità di fase e frequenza (c-f); l'analisi dello spettro (c-f) permette di distinguere "il modo di oscillazione fondamentale" delle onde superficiali di Rayleigh dai tutti gli altri "modi di oscillazione superiori".

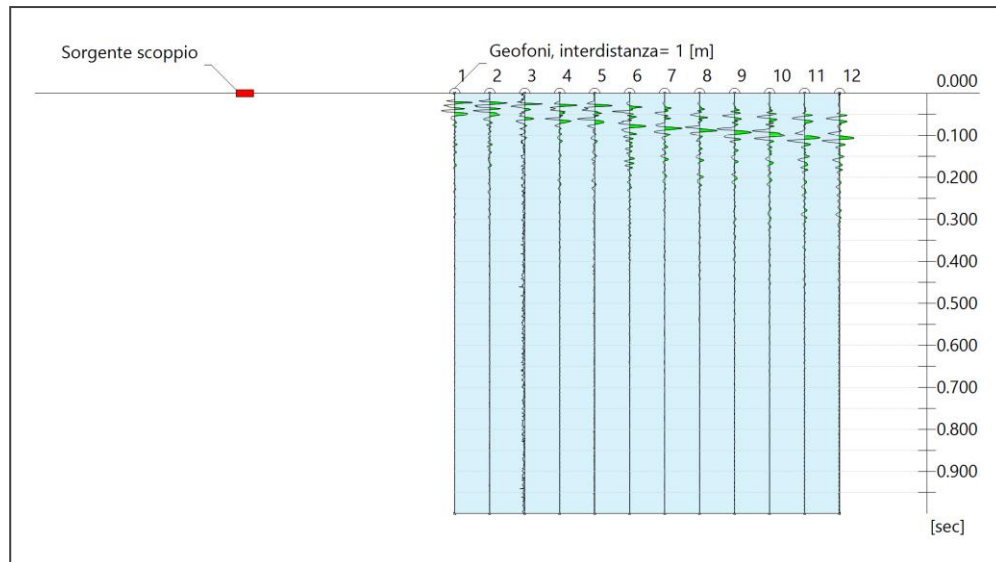
Mediante l'operazione di "picking" si estrapola la curva di dispersione sperimentale da confrontare successivamente con la curva di dispersione numerica.

Successivamente definito un modello iniziale di sottosuolo si applica l'algoritmo che inverte la curva di dispersione fino ad ottenere un modello di

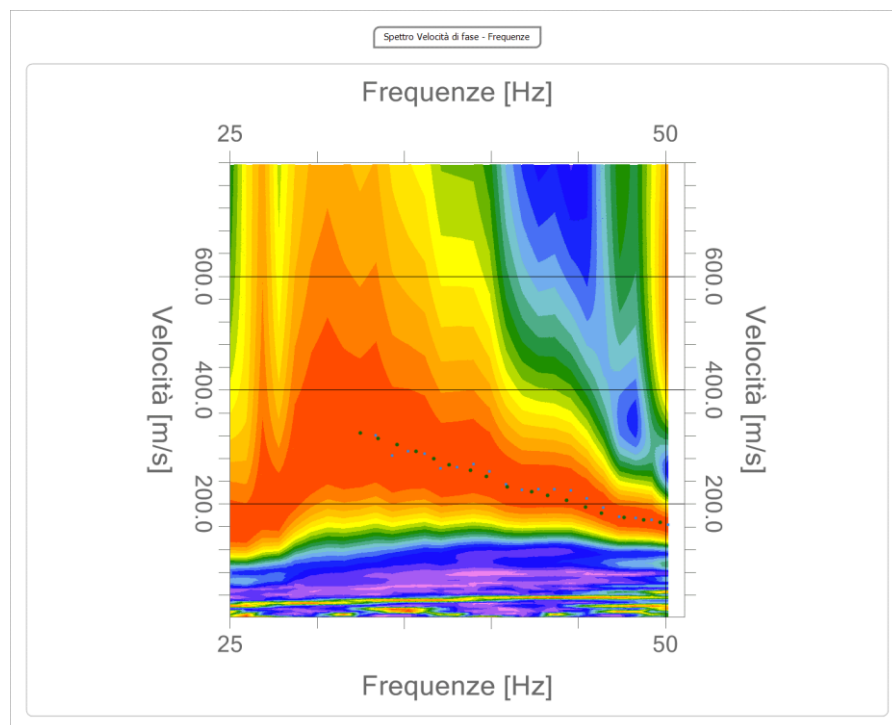


velocità delle onde di taglio con la profondità, rappresentativo del volume di sottosuolo analizzato.

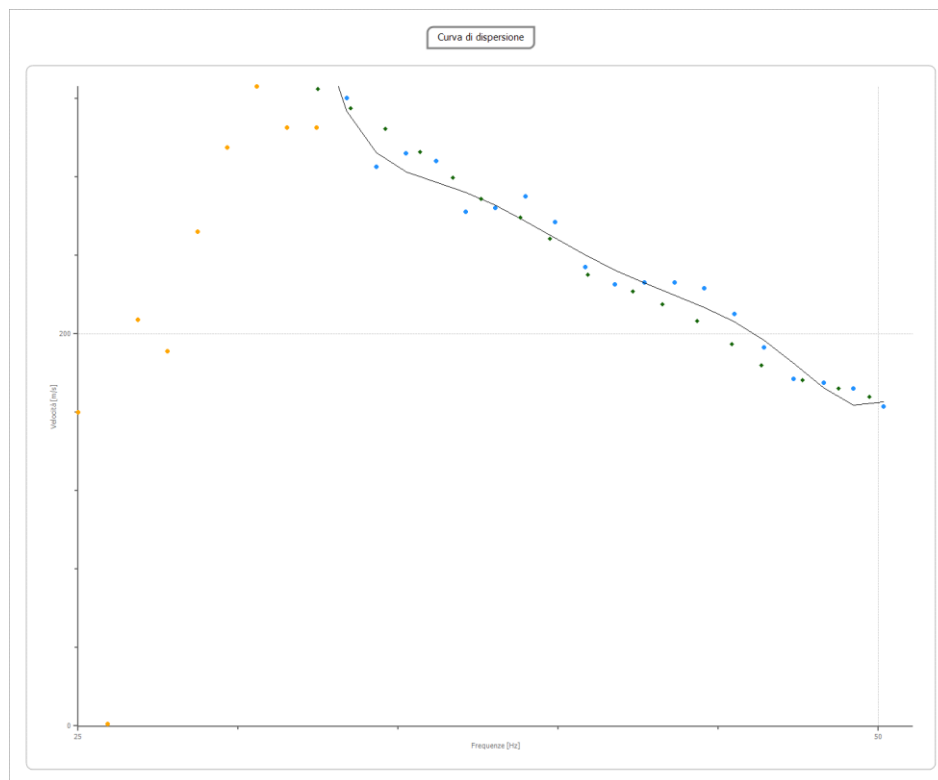
Gli elaborati relativi alla prospezione sismica MASW effettuata nel sito di specifico interesse sono di seguito riportati.



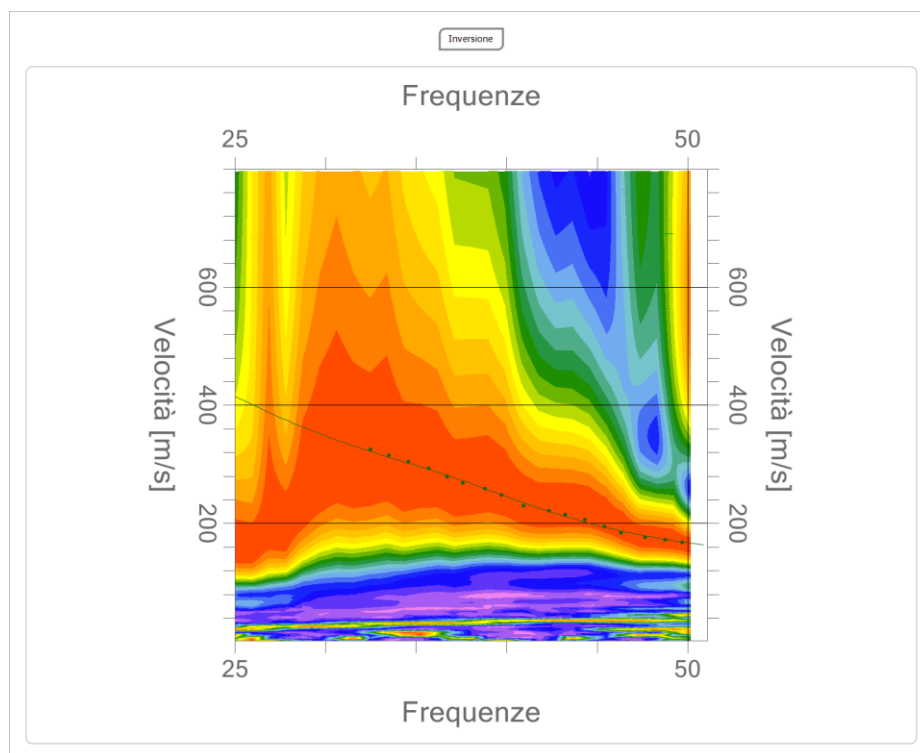
Sismogramma relativo all'indagine sismica MASW



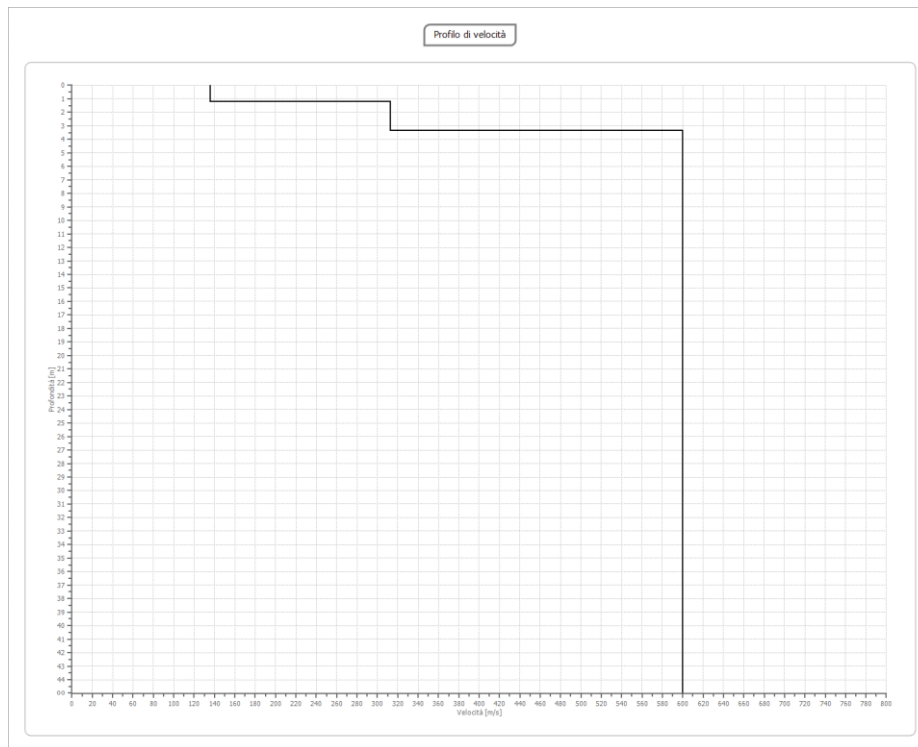
Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo



Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde di Rayleigh



Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza con picking



Profilo verticale delle Vs ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh

## 5. INTERPRETAZIONE DATI E CATEGORIA DI SUOLO (D.M. del 17.01.2018)

Come previsto dal D.M. del 17 gennaio 2018 bisogna attribuire al sottosuolo investigato la giusta categoria di suolo (Tabella 1).

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:

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

dove  $h_i$  e  $v_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti in  $H$  metri superiori, ed  $H$  indica la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal para-metro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Quindi il calcolo degli spessori relativi agli strati  $h$  e delle velocità relative alle onde di taglio  $V_s$  ha permesso la valutazione della velocità delle onde di taglio nei primi 30,00 metri del sottosuolo; pertanto la categoria di suolo ottenuta è **B**.

CLASSE	DESCRIZIONE
A	<b>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</b> 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	<b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</b> , 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	<b>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</b> 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	<b>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</b> , 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	<b>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</b> , con profondità del substrato non superiore a 30m.

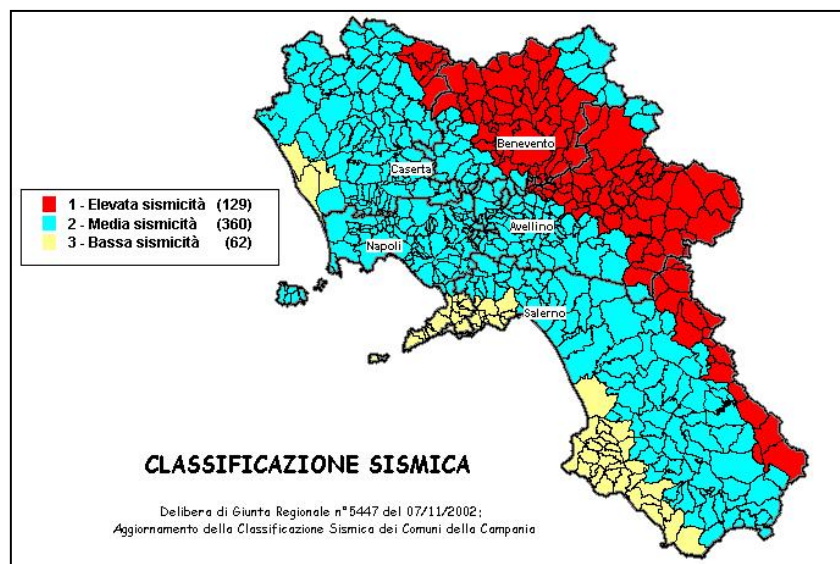
Tabella 1: Categorie dei Suoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018).

Dall'insieme delle risultanze della prospezione sismica MASW effettuata nell'area oggetto d'indagine è possibile suddividere il sottosuolo in n° 3 sismostrati, aventi le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

STENDIMENTO M1				
Sismostrato	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Velocità onda P [m/s]	Velocità onda S [m/s]
S <sub>1</sub>	1.22	1700.0	254.0	135.8
S <sub>2</sub>	2.15	1770.0	651.0	312.7
S <sub>3</sub>	oo	1800.0	1990.0	600.0

## 6. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Capaccio Paestum (SA), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in III categoria  $a_g=0.15$  g (Fig. 3).



**Fig. 3–** Classificazione sismica del 2002 dei comuni della regione Campania. Zona 1, valore di  $a_g=0.35g$ ; Zona 2, valore di  $a_g=0.25g$ ; Zona 3, valore di  $a_g=0.15g$ .

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di suolo del sito, che risulta rientrare nella categoria B (vedi Tabella 1), con valori di  $V_{s,eq}$  ( $H=30,00$  m) calcolati pari a ca. 498 m/s (Tab. 2):

<i>Prospezione sismica</i>	<i><math>V_{s,eq}</math> (<math>H=30,00</math> m) (m/s)</i>	<i>Categoria di suolo (D.M. del 17/01/2018)</i>
<b>MASW</b>	<b>498</b>	<b>B</b>

**Tab. 2 –** Valore di VS30 calcolato e relativa categoria di suolo ottenuta.

Capaccio Paestum (SA), maggio 2023

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 2: Particolare del sistema di acquisizione a 24 canali (MASW N. 1)