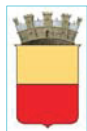


Comune di Napoli

Provincia di Napoli



PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

Ambito 5 del P.R.G. di Napoli

(art.26 Lg Urbanistica Regionale "Norme sul governo del territorio" n.16 del 22/12/2004 e smi)

Ubicazione: Napoli (Na) - via del Gran Paradiso

Committente:

"Merlino Gas S.r.l."
Corso Europa n. 2
80029 - Sant'Antimo (Na)



GRUPPO DI LAVORO

Progetto e coordinamento

Studio tecnico Tudisco - via Antiniana, 2G - 80078 Pozzuoli (Na) - info@studiotudisco.com

Strade e mobilità

In.Co.Set. S.r.l. - via A. Balzico, 50 - 84013 Cava de' Tirreni (Sa)

Paesaggio e agronomia

Progetto Verde S.c.a.r.l. - via F. Crispi, 98 - 80121 Napoli (Na) - info@progettoverde.eu

Geologia

GeoTec - Studio di Geologia Tecnica & Ambientale - via Mascolo, 1 - 84013 Cava de' Tirreni (Sa)

Progetto strutturale

FM ENGINEERING and DEVELOPMENT srl - Via Trieste, 33 - 80038 Pomigliano D'Arco (NA)

Infrastrutture idrauliche

Studio Politecnico Digesto - Via Lago Patria, 143 -80147- Napoli

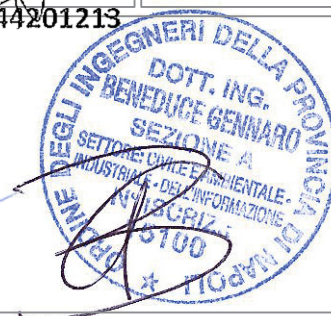
Infrastrutture elettriche

Studio di Ingegneria ing. V. Toscano - via Lamberti, 33 - 84014 Nocera Inferiore (SA)

MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

Data	aprile 2023	Tavola:	MERLINO GAS S.R.L.
Rev.		S.10	C. so Europa, 2 80029 - Sant'Antimo (NA) P. IVA: 06244201213

I Tecnici



9. SISMICITA' DELL'AREA E CARATTERIZZAZIONE SISMICA SECONDO LE NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI

Dal punto di vista sismico Secondigliano, territorio comunale di Napoli, presenta un rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla catena Appenninica, ai Campi Flegrei e al Somma Vesuvio. Per quanto riguarda la catena Appenninica, essa ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico, è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono maggiormente i principali eventi sismici. Le isosisme dei maggiori terremoti dell'appennino Campano-Lucano mostrano che le aree a più elevata intensità sono allungate secondo l'asse della catena.

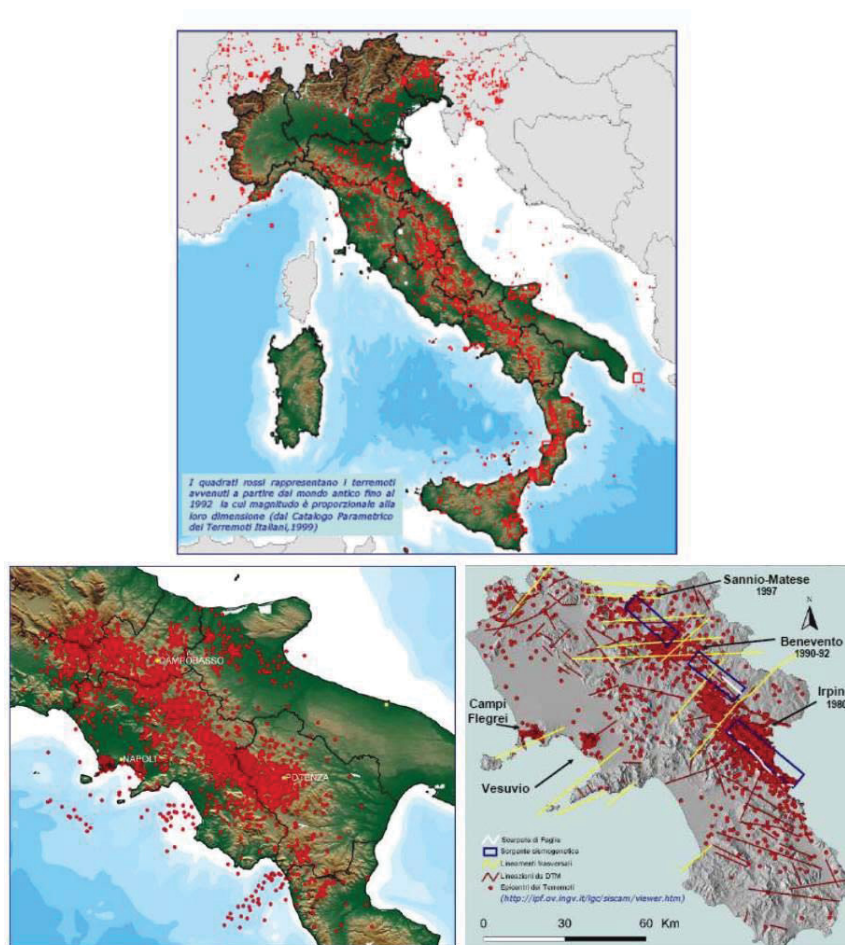


Figura 16: Terremoti verificati in Italia dai tempi antichi fino ad oggi, in basso a sinistra terremoti verificati in Campania.

Nella figura seguente vengono riportate le aree dei maggiori terremoti storici che hanno colpito la Campania e la Basilicata, che forniscono un immediata visione della distribuzione delle fratture oltre che delle dimensioni della zona maggiormente interessata dai terremoti.

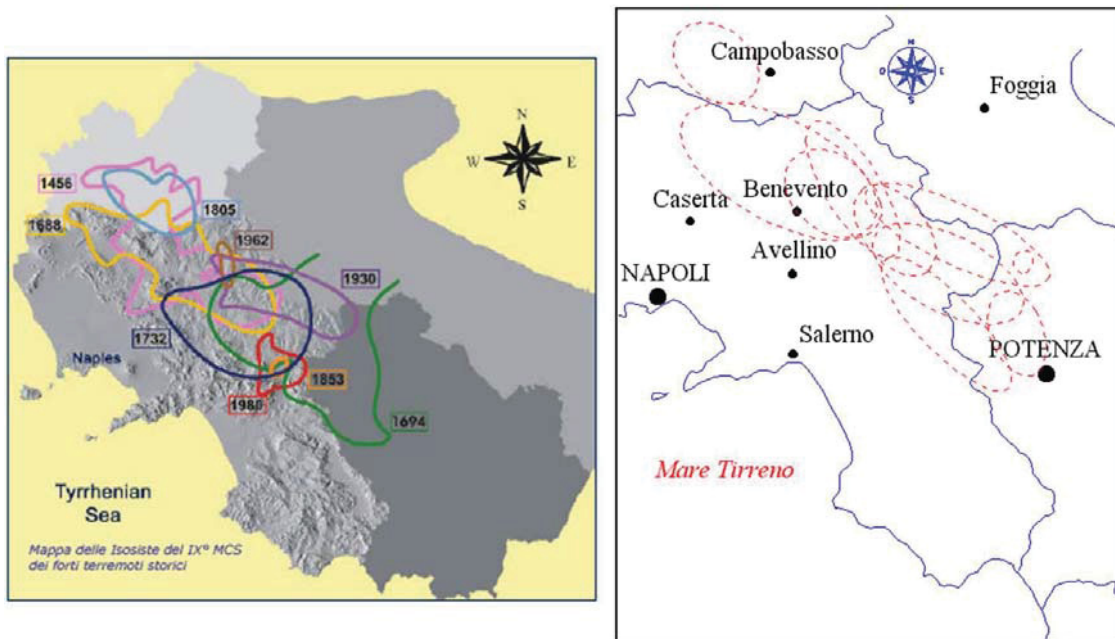


Figura 17: a destra: distribuzione dei maggiori terremoti; a sinistra distribuzione areale dei terremoti.

DATA	MAGNITUDO	AREA EPICENTRALE
5 dicembre 1456	7.1	Italia centr. Merid.
5 giugno 1688	6.6	Sannio
8 settembre 1694	6.8	Irpinia - Basilicata
29 novembre 1732	6.6	Irpinia
26 luglio 1805	6.6	Molise
16 dicembre 1857	7	Basilicata
11162	6.7	Irpinia
29548	6.7	Irpinia - Basilicata
32998	5.8	Basilicata
41637	4.9	Campania - Molise

Tabella 9-1 : Terremoti storici più rilevanti.

Sulla base delle tabelle dei terremoti storici si ricava la frequenza media con cui un sisma di data intensità si ripete nel tempo. Per cui in 524 anni sono avvenuti 8 terremoti efficaci di intensità maggiore 6.5 magnitudo con una frequenza media di un sisma ogni 50-70 anni. Dalla fig. 6 si evince che la maggiore densità sismica si ha tra una zona compresa tra Benevento e Ariano Irpino e ad Est dei Monti Picentini, cioè in una fascia compresa tra 100 e 130 km dell'area oggetto del presente lavoro.

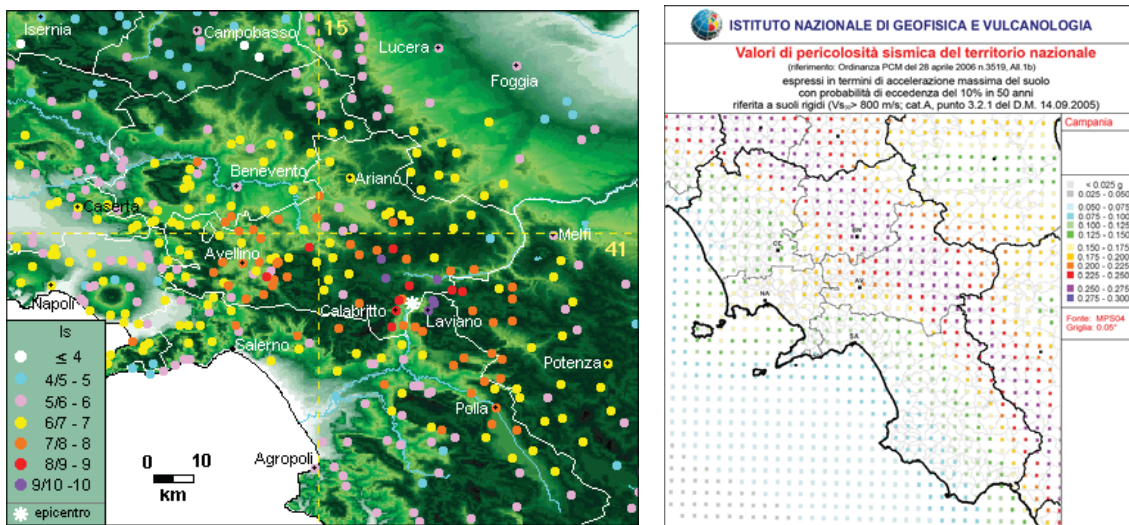


Figura 18: Valori di pericolosità sismica

La zona di Secondigliano, territorio comunale di Napoli, rientra in una zona sismica di II categoria (Media sismicità) con grado di sismicità $S=9$ a cui compete un coefficiente di intensità sismico $C=0.07$ con accelerazione orizzontale compresa tra $0.150 - 0.175$ g.

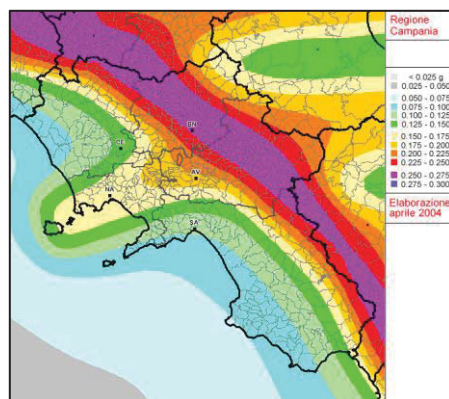


Figura 19: Stralcio carta Pericolosità sismica.

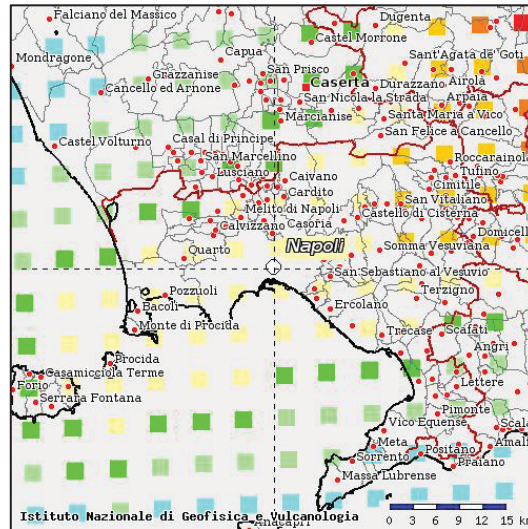


Figura 20: dettaglio valori di pericolosità sismica dell'area d'indagine.

Secondigliano, territorio comunale di Napoli, in riferimento alla macro zonizzazione sismica del territorio italiano, rientra in 2a zona sismica indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002.

Zona sismica 2 : Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante a_g , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
Zona 1	E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti	$a_g > 0.25$
Zona 2	In questa zona possono verificarsi forti terremoti	$0.15 < a_g \leq 0.25$
Zona 3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari	$0.05 < a_g \leq 0.15$
Zona 4	E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari	$a_g \leq 0.05$

Figura 21: Tabella zone sismiche



L'entrata in vigore delle Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC) hanno imposto di procedere ad una diversa definizione del profilo stratigrafico dei suoli di fondazione, in funzione della azione sismica di progetto.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

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), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_vR , nel periodo di riferimento V_R , come definito nelle tabelle sulla vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_vR , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Gli stati limite ultimi sono:

GEOTEC - Studio di Geologia Tecnica & Ambientale – Via G. Mascolo n. 1 – Cava de' Tirreni
Tel. 089444627 – 3387735695 - Email: geotecdiaf@gmail.it

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Categorie di sottosuolo.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come previste dal DM 14.01.2008. Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018).

In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

10. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO DEL SITO CON IL METODO MASW

Principi di funzionamento e cenni sul metodo

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle V_s viene ottenuta tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh (Fig.).

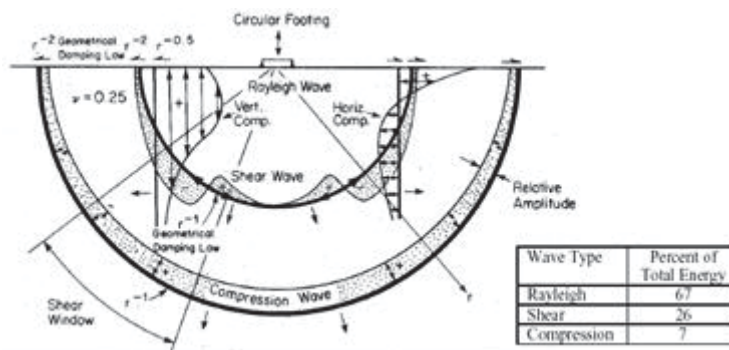


Figura 22: Distribuzione delle onde di Rayleigh nel sottosuolo.



In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, ossia onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999; Aki, K. and Richards, P.G., 1980). La velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh, quindi, dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, ossia con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali dando, quindi, informazioni sulla porzione più superficiale del suolo. Onde a bassa frequenza, invece, si propagano negli strati più profondi dando informazioni, quindi, sulla parte più profonda del suolo. Le indagini MASW si distinguono in attive e passive o in una combinazione di entrambe. Nel metodo attivo, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo, lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e consente di misurare anche il rumore ambientale di fondo esistente.

Facendo riferimento al metodo attivo da noi utilizzato, possiamo dire che, una generica acquisizione di segnali sismici lungo uno stendimento lineare, con sorgente esterna alla linea sismica, può essere rappresentata come una funzione $u(x, t)$ dove x è lo spazio e t il tempo.

Applicando ai segnali la trasformata di Fourier lungo l'asse dei tempi, otteniamo la funzione $U(x, f)$:

$$U(x, f) = \int u(x, t) e^{ift} dt \quad (2.1)$$

La funzione $U(x, f)$ può essere espressa come la moltiplicazione di due termini separati:

$$U(x, f) = P(x, f) A(x, f) \quad (2.2)$$

dove $P(x, f)$ e $A(x, f)$ rappresentano, rispettivamente, lo spettro di fase e di ampiezza.

Nella funzione $U(x, f)$, ogni componente in frequenza è completamente separata dalle altre e l'informazione del tempo di arrivo è preservata nello spettro di fase $P(x, f)$.

Nella funzione $P(x, f)$, sono contenute inoltre tutte le informazioni relative alla dispersione delle onde superficiali di Rayleigh mentre la funzione $A(x, f)$ contiene tutte le informazioni inerenti l'attenuazione e la divergenza sferica. Tenendo conto della rappresentazione esponenziale dello spettro di fase, la (2.2) può essere espressa come:

$$U(x, f) = e^{-i\phi x} A(x, f) \quad (2.3)$$

Dove $F=f/c_f$ con f = frequenza angolare e c_f = velocità di fase per ogni frequenza.

Operando un integrale di linea in dx e normalizzando per il modulo della funzione $|U(x, f)|$, otteniamo la funzione $V(f, \phi)$:

$$V(f, \phi) = \int e^{i\phi x} [U(x, f) / |U(x, f)|] dx = \int e^{-i(\Phi-\phi)x} [A(x, f) / |A(x, f)|] dx \quad (2.4)$$



La funzione $V(f, \varphi)$, ottenuta dalla trasformazione integrale, può essere pensata come la somma, lungo tutto lo stendimento, del campo d'onda relativo ad ogni frequenza, applicando uno shift di fase dipendente dall'offset, al campo d'onda, per un'assunta velocità di fase $cf = f/\varphi$.

La normalizzazione al modulo della funzione $|U(x, f)|$, minimizza i fenomeni di attenuazione e di divergenza sferica. Risulta ovvio che la funzione $V(f, \varphi)$ avrà un massimo in corrispondenza di un valore:

$$\varphi = F = f / cf \quad (2.5)$$

Per un dato valore di φ , dove si verifica un massimo della funzione $V(f, \varphi)$, la velocità di fase cf può essere determinata. Tenendo conto che $cf = f/\varphi$, la funzione $V(f, \varphi)$ può essere trasformata nella funzione $I(f, cf)$ che viene definita "spettro di velocità di fase". In essa, lungo l'asse cf , appariranno dei picchi che soddisferanno, per ogni frequenza, l'equazione (2.5). Il luogo dei punti lungo questi massimi, per differenti valori di frequenza f , permette di identificare le curve di dispersione delle velocità di fase dei modi di oscillazione dell'onda superficiale di Rayleigh.

La curva di dispersione media delle velocità di fase dell'onda di Rayleigh, estratta con la metodologia MASW, è invertita al fine ottenere un modello monodimensionale di onde di taglio.

Strumentazione utilizzata:

Il rilievo delle onde sismiche superficiali è stato effettuato con un sismografo, digitale, multicanale "DOREMI" della Sara instruments (fig. 16) avente le seguenti caratteristiche:

- Memoria 60 kBytes (30000 campioni)
- Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (da 2 to 0.05 ms)
- Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)
- Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale
- Banda passante: 2Hz - 200Hz
- Reiezione modo comune: >80dB
- Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale
- Dinamica del sistema
- Risoluzione: 7.6 μ V @ 27dB; 0.076 μ V @ 60dB
- Dinamica di base: 96dB (16 bit)
- S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)
- Per il rilievo delle onde sono stati utilizzati Geofoni verticali da 4,5 Hz
- Per la energizzazione del suolo è stata utilizzata una massa Battente da 10 Kg
- Geofoni verticali da = 4,5 Hz

GEOTEC - Studio di Geologia Tecnica & Ambientale – Via G. Mascolo n. 1 – Cava de' Tirreni
Tel. 089444627 – 3387735695 - Email: geotecdiap@gmail.it

- Geofono tridimensionale (1 Verticale e 2 Orizzontali da = 4,5 Hz).



Figura 23: Sismografo DOREMI della Sara Instruments.

Schema di acquisizione

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati utilizzando 16 canali d'acquisizione (geofoni) con passo intergeofonico pari a 3 m L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 16;
- n° 10/15 shot posizionati in linea con lo stendimento ad una distanza dal geofono 1 pari a -10 m da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise;
- tempo di acquisizione: 1 s;
- intervallo di campionamento 0.125 μ s;





Figura 24: Fasi di acquisizione.

Categoria di Suolo

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.

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

Figura 25: Categorie di suolo.

Risultati indagine

Le indagini MASW hanno consentito di ottenere un modello monodimensionale di V_s che, com'è noto, può essere ritenuto esaustivo del profilo verticale di V_s nel punto centrale dello stendimento. Si riscontra la presenza di terreni che vanno a collocarsi nella categorie di suolo **C** (per ulteriori dettagli vedi allegato).