

# Studio di Geologia tecnica e ambientale

*Dr. Joannis Papadakis: Via Asmara 13A – 72024 Oria (Br)*

## **Committente:**

Sig.ra Liliana Cannalire

## Progetto:

*"Piano di Lottizzazione dell'Insula B1"*

Centro Abitato – Oria (Br)



## **Studio**

- *Geolitologico, geomorfologico, idrogeologico*
- *Sismico*
- *Geotecnico*

*Ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni, decreto del 17.01.2018*

**ORIA: novembre 2023**

## Oggetto dell'indagine

Su incarico dell'Ing. **Cosimo Pescatore**, nell'ambito del "**Piano di lottizzazione dell'Insula B1**" (*parere strumenti urbanistici attuativi*), da realizzare in **Oria (Br)**, in un'area confinante con Via Visciglio ad ovest dell'abitato, è stato effettuato uno studio geologico nel lotto interessato.

Detto studio, eseguito in ottemperanza alla normativa vigente (decreto ministeriale delle infrastrutture del 2008), è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Rilevamento geolitologico, geomorfologico e delle condizioni idrogeologiche;
- Esecuzione di una prova penetrometrica (S.P.T.), atta a determinare le caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione;
- Valutazione delle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche dei litotipi affioranti in relazione alla sua edificabilità.

Lo studio geologico e geotecnico si è svolto in ottemperanza al D.M. del 11/03/1988, all'ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e alle disposizioni dettate dalle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 17/01/2018.

Il presente studio è finalizzato unicamente all'ottenimento del parere sugli strumenti urbanistici *ex art. 89 del D.P.R. 380/01 (pareri sugli strumenti urbanistici) ed ex art. 13 legge 64 del 02.02.1974(Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche)* e, pertanto dalle analisi effettuate, procede ad una serie di valutazioni e verifiche atte a stabilire le condizioni ed i criteri di intervento più idonei da adottare.

## **Studio geolitologico**

### **1. Caratteri geolitologici**

#### ***1.1 Caratteri generali***

Nel quadro geologico regionale la Puglia, di cui le Murge e il Salento sono due parti molto rappresentative, è compresa fra l'Adriatico meridionale e lo Ionio settentrionale e costituisce la più estesa area di avampaese "*africano*" in Italia. Questo individuatosi nel Terziario durante l'orogenesi appenninico-dinarica, è rappresentato da una regione carbonatica autoctona poco deformata, che si sviluppa in aree emerse e sommerse.

In affioramento corrisponde gran parte dell'area pugliese; la struttura si presenta uniforme con un basamento costituito da crosta continentale e una spessa copertura sedimentaria prevalentemente carbonatica.

Per quanto riguarda la copertura sedimentaria, **costituita da formazioni che sono in affioramento nella nostra regione**, è stata riconosciuta dal basso la presenza di facies terrigene fluvio-deltizie; la sovrastante successione carbonatica presenta facies di piattaforma mentre i depositi più recenti sono rappresentati da facies organogene e/o calcarenitiche oltre che da depositi di mare sottile carbonatico-terrigeni.

Lo spessore complessivo della copertura sedimentaria supera i 7000 metri. Nell'area qui considerata, di questa potente successione affiorano la parte superiore, di età cretacea, per uno spessore di circa 3000 metri, nonché le sottili coperture cenozoico-neozoiche trasgressive, per uno spessore attorno a 850 metri.

Sotto l'aspetto morfostrutturale l'avampaese affiorante corrisponde alla parte più sollevata di un'ampia struttura antiforale, allungata in direzione WNW-ESE interessata

da più sistemi di faglie con diversa orientazione. I fianchi della struttura sono ribassati per blocchi sia a WSW verso l'avanfossa bradanica, sia ad ENE verso l'Adriatico. Lungo l'asse della struttura, faglie ad andamento trasversale hanno determinato la separazione dell'avampaese in blocchi (Gargano, Murge, Salento) sollevati in modo differenziale, ognuno dei quali presenta caratteri tettonici peculiari.

Nel nostro territorio e nel suo hinterland il ciclo trasgressivo Pleistocenico si è svolto dando luogo ad una successione di sedimenti marini e formazioni continentali il cui spessore, variabile in funzione della profondità del substrato calcareo, raggiunge uno spessore di poche decine di metri.

Dai dati reperiti in letteratura e confrontati con i risultati ottenuti da un rilevamento geologico di ricognizione effettuato nell'area in concomitanza del presente lavoro si riconosce il seguente assetto stratigrafico, dal basso verso l'alto:

- **Calcare di Altamura del Cretaceo Superiore;**
- **Serie della Fossa Bradanica** comprendente le seguenti unità formazionali:
  - **Calcareniti di Gravina del Pliocene superiore-Calabriano;**
  - **Argille Subappennine del Calabriano;**
- **Coperture Postcalabriane;**
- **Depositi dunari e retrodunari di Oria:**
  - **Dune del Calabriano-Pretirreniano;**
  - **Bolo** dello stesso piano cronologico.

Qui di seguito saranno descritte le unità menzionate nello stesso ordine stratigrafico.

**- Calcare di Altamura –**

La formazione più antica è rappresentata da calcari e da dolomie calcaree di colore grigio-nocciola, in strati di potenza variabile e talora con giacitura massiccia. Si tratta di intraspariti pelmicriti con plaghe di calcite spatica di ricristallizzazione. Tale formazione è costituita da rocce molto compatte, ma nello stesso tempo è interessata da numerose fratture a piani subverticali e da processi di dissoluzione. Per queste peculiari caratteristiche la formazione calcareo-dolomitica forma l'acquifero più importante con la ben nota *falda freatica profonda*. Per quanto riguarda la potenza degli affioramenti, questa si aggira su qualche migliaio di metri.

L'età del *Calcare di Altamura* è ascrivibile al *Senoniano*.

Serie della Fossa Bradanica

**- Calcareniti di Gravina -**

Sui calcari e dolomie descritte poggia, con discordanza angolare, la formazione delle *Calcareniti di Gravina*. Tale formazione è composta essenzialmente da calcare granulare tenero, poroso e poco compatto, di colore bianco-giallastro, a grana variabile da ruditica a siltitica. I granuli sono di tipo concrezionato, formati cioè da aggregati di particelle carbonatiche a legante calcitico di origine chimica. In merito al contenuto paleontologico, si osservano abbondanti macrofossili rappresentati da gusci di Molluschi e Brachiopodi.

Le calcareniti poggiano sul basamento cretacico, e nella parte a contatto presentano le caratteristiche litologiche di roccia formata in ambiente di mare poco profondo, se non addirittura di costa, con apporti di varia natura e con livelli costituiti quasi interamente da macrofossili.

Le *Calcareniti di Gravina*, per il loro contenuto paleontologico, sono riferibili al *Calabriano*.

**- Argille Subappennine -**

Sulle calcareniti poggiano con continuità stratigrafica le *Argille Subappennine*. Per quanto detto, tale passaggio è graduale e dalle sabbie leggermente argillose si passa alle argille vere e proprie. Si tratta di argille molto plastiche di colore grigio-azzurro con intercalati banchi di sabbia che a luoghi assumono la forma lenticolare e sono localizzati sia nella parte inferiore, a contatto con le sottostanti calcareniti, sia in quella superiore, a contatto con la formazione delle *Calcareniti di Monte Castiglione*. Quest'ultima formazione non è rappresentata nel nostro territorio. La potenza massima delle *Argille Subappennine* è intorno ai 10-15 metri.

Per il contenuto micropaleontologico, la suddetta formazione è ascrivibile al *Calabriano*.

Coperture Postcalabriane

Nell'area sino ad ora esaminata, sulle *Argille Subappennine*, poggia in contatto trasgressivo il deposito calcarenitico attribuito al 2° dei *cicli trasgressivi* del *Postcalabriano*. Tale unità informale si è deposta a seguito del ritiro del mare verso le attuali coste. La potenza di tale deposito è scarsa e si aggira sui 10 metri nei punti di

maggiore spessore. Generalmente poggia su superfici di abrasione marina. Nel *foglio Brindisi* sono stati evidenziati 6 *cicli* diversi.

Nella zona in esame affiorano unicamente i prodotti riferibili al *Postcalabriano II* (2° ciclo) mentre l'unità *Postcalabriano III* (3° ciclo) si rinviene a sud del Centro Abitato di Oria.

L'unità in questione è formata da calcareniti a grana variabile, di colore giallo-rossastro o bruno, o da calcari arenaci a grana fine di colore grigio chiaro a stratificazione nastriforme.

Frequentemente ha intercalate lenti di sabbia più o meno argillosa. La copertura in esame ha una stratificazione molto irregolare e, a luoghi si presenta secondo corpi massicci. Per quanto riguarda il contenuto paleontologico, gli strati calcarenitici contengono orizzonti con gusci di specie di molluschi tipici di mare costiero. La microfauna è rappresentata da foraminiferi *bentonici*.

#### *Depositi dunari e retrodunari di Oria*

##### **- Dune -**

Sull'unità della *Copertura Postcalabriana*, poggiano le *dune fossili* formanti un cordone allungato di circa 8 km, secondo una direzione Est-Ovest. I *depositi dunari* sono costituiti da sabbie ben classate e con vario grado di cementazione e strati il cui spessore varia da qualche cm ad un massimo di 1 dm. Caratteristica di tali depositi è la discordanza angolare dovuta alla stratificazione incrociata. Sul versante settentrionale prevalgono le immersioni degli strati a *N*, *NNE*, *NNO*, con pendenze massime di 35°, mentre sul versante meridionale le pendenze risultano attenuate con immersioni verso *S* e *SSE*. Ciò evidenzia un'azione di accumulo dovuto a venti con direzione *S-N*.

Dal punto di vista mineralogico il sedimento è composto da granuli di quarzo e di calcare arrotondati con cemento intergranulare rappresentato da calcite spatica. Per quanto riguarda l'età questa è compresa tra il tardo *Calabriano* ed il *Pretirreniano*.

##### **- Bolo -**

I depositi limo-palustri affiorano in modo esteso, immediatamente a nord del Centro Abitato, mentre aree di più modeste dimensioni sono rilevabili in tutto il territorio.

Sono costituiti da masse terrose di granuli molto fini e di colore bruno-rossastro, formate da sabbie argillose includenti concrezioni manganesifere e noduli bauxitici. Il colore rossastro è dovuto alla presenza di idrati di ferro. Tali depositi si sono formati in laghi retrostanti rispetto alle dune e risultano coevi ai depositi dunari. Il *Bolo* è un discreto terreno di fondazione specialmente se lo si considera in alternativa alla formazione delle *Argille Subappennine* (preponderante nella zona nord dell’Abitato).

Lo spessore massimo si aggira intorno ai 5 metri (Nuovo Municipio).

Studi approfonditi su tali depositi plio-pleistocenici hanno evidenziato come gli spessori varino, diminuendo, spostandoci dalla costa verso l’interno e spostandoci da Ovest verso Est. Queste circostanze comportano, a seguito d’eteropie laterali e verticali, un assetto stratigrafico leggermente diverso a seconda delle zone considerate.

L’attuale configurazione geologica è frutto della tettonica distensiva che ha interessato il basamento carbonatico durante il terziario e creato un’alternanza di rilievi e depressioni con andamento preferenziale NNW-SSE.

Come naturale conseguenza di una tale tettonica, il sistema di faglie principale assume la stessa direzione. Si tratta di faglie normali che hanno provocato il movimento relativo di porzioni dell’impalcatura calcarea cretacea con blocchi in sollevamento (horst) sugli altri sprofondati (graben).

L’area di studio si colloca quindi in corrispondenza dell’appendice di un alto morfologico (horst rappresentato dall’altopiano murgiano) immergente verso SSE, ai margini occidentali di quella che qualche autore ha definito la “Conca di Brindisi”, laddove si sono deposte in trasgressione le sequenze sedimentarie Plio – Pleistoceniche.

Le Murge, altopiano che si sviluppa prevalentemente nella provincia di Bari ed il cui tratto terminale, immergente verso SSE, cade nella zona del tarantino e del brindisino, sono caratterizzate da una monoclinale il cui orientamento è sub-parallelo alla linea di costa e la cui immersione varia tra 5° e 20° a SSW.

Le formazioni in esse affioranti mostrano uno stile tettonico essenzialmente tabulare con pieghe a raggio molto ampio, fianchi poco inclinati e blande ondulazioni trasversali; queste condizioni rendono difficile stabilire la loro direzione assiale. Tenendo presente che il numero delle misure di strato con direzione WNW-ESE è

statisticamente superiore, si può affermare che esse hanno un andamento molto vicino alla direttrice appenninica.

I piegamenti sono relativamente intensi solo nelle formazioni cretacee, mentre sono quasi impercettibili nelle formazioni plio-pleistoceniche.

Per quanto concerne le faglie, l'uniformità litologica dei terreni cretacei e la mancanza di livelli di riferimento non consentono una facile individuazione del loro andamento.

Nell'area murgiana si riconosce comunque la presenza di due sistemi principali di faglie normali: il primo, più evidente, a direzione appenninica, che ha causato il sollevamento del lato più interno dell'altopiano cretaceo; il secondo, a direzione SW-NE, interrotto dal primo. La dislocazione dei blocchi ha originato un'estesa struttura a gradinata orientata anch'essa da WNW a ESE.

Le faglie sono generalmente subverticali e con rigetti non superiori a qualche decina di metri; la loro età dovrebbe essere ascrivibile almeno al Calabriano (Pleistocene inf.) per la presenza di lembi residui di calcareniti calabriane a quote notevolmente più elevate rispetto a quelle affioranti lungo il bordo adriatico.

I sistemi di faglia interessano prevalentemente le successioni mesozoiche. In corrispondenza della piana brindisina, caratterizzata dalla presenza di formazioni plio-pleistoceniche, non sono state rilevate faglie, se si esclude quella orientata SW-NE posta al confine tra le Murge ed il Salento che ha portato alla formazione della depressione tettonica aperta sul lato adriatico, rappresentata dalla "Conca di Brindisi".

All'interno di queste zone strutturalmente depresse, tuttavia, è possibile la presenza di faglie anteriori ai terreni plio-pleistocenici, che risultano perciò sepolte dagli stessi.

In un siffatto quadro morfo-tettonico, l'area di studio si colloca, quindi, in posizione centrale rispetto alla penisola salentina ad una distanza dal mare pari a 20 Km ca., posto in direzione Sud.

## ***1.2 Caratteri locali***

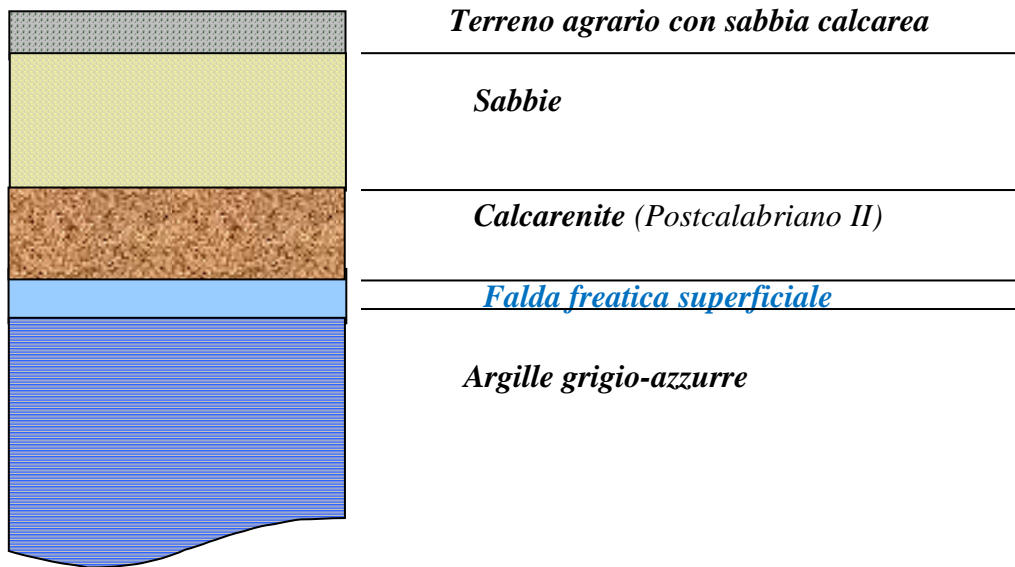
Nel nostro territorio e nel suo hinterland il ciclo trasgressivo Pleistocenico si è svolto dando luogo ad una successione di sedimenti marini e formazioni continentali il



cui spessore, variabile in funzione della profondità del substrato calcareo, raggiunge uno spessore di poche decine di metri.

Dai dati reperiti in letteratura e confrontati con i risultati ottenuti dalla prova effettuata nell'area in concomitanza del presente lavoro si riconosce il seguente assetto stratigrafico, dal basso verso l'alto:

### Colonna litostratigrafica



## Studio geomorfologico

### 2. Morfologia

#### *2.1 Caratteri generali*

Il territorio delle Murge corrisponde ad un esteso altopiano poco elevato, allungato in direzione WNW-ESE, che si estende dalla bassa valle dell'Ofanto alla "Soglia messapica" (trasversale Taranto-Brindisi). E' delimitato a SW, lato bradanico, a NW lato ofantino, e a NE lato adriatico da alte scarpate e ripiani poco estesi. Al

contrario lungo il versante adriatico, dove l'altopiano scende verso il Salento, le Murge sono caratterizzate da una serie di vasti ripiani che digradano a mezzo di scarpate, alte al massimo di poche decine di metri.

La Penisola salentina è conformata, nella sua parte settentrionale da estese superfici pianeggianti e a sud da una serie di rilievi (*serre salentine*) allungati in direzione NW-SE, con elevazioni non superiori ai 200 m. intervallati da depressioni variamente estese.

## 2.2 Caratteri locali

L'area interessata è ubicata ad ovest del centro abitato, ad una quota di **128 metri s.l.m.** Nella disposizione dell'I.G.M. ricade nel **Foglio 203, Quadrante IV, Tavoletta S.E. "Francavilla Fontana"** (cfr. allegato stralcio), coordinate geografiche: longitudine, 17° 37' 53,18" ad est di Greenwich e latitudine 40° 30' 07,94" a nord dell'equatore.

Il territorio ricade all'interno di un'area pianeggiante.

La debole pendenza e l'elevata coesione delle diverse unità presenti a basse profondità garantiscono una stabilità elevata dell'area in esame.

La monotonia del territorio è interrotta da depressioni e alternanze di pendenza di origine carsica e tettonica. Le depressioni di origine carsica hanno origine dalla dissoluzione della roccia affiorante ad opera dell'acqua. Questo potente *solvente* naturale oltre a *sciogliere* la roccia la modella con l'azione meccanica determinando la nascita e lo sviluppo delle strutture note in letteratura con il nome di *lame*.

Sono visibili nel territorio comunale *gradini* testimoni della presenza a diverse quote di antiche linee di costa. Il mare spintosi sin qui quando quest'area era a quote più basse ha determinato lo spianamento superficiale della roccia affiorante lasciando superfici levigate note oggi come *terrazzi marini*. A seconda della quota si riconoscono i diversi ordini di terrazzi.

La zona d'intervento è leggermente degradante e caratterizzata da deboli pendenze verso N-NE. La quota media sul livello del mare si attesta a circa 120 metri, rimanendo tale in un raggio limitato intorno all'area esaminata.

## Studio Idrogeologico

### **3. Caratteri idrologici ed idrogeologici**

#### ***3.1 Caratteri generali***

Come è noto le caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi condizionano la circolazione idrica nel suolo e sottosuolo. L'acquifero in oggetto è del tipo "Acquifero fessurato" costituito da calcari (con  $\text{CaCO}_3 \geq 95\%$ ) e/o dolomie (con  $\text{MgCO}_3 \geq 40\%$ ) al letto, calcareniti a granulometria variabile (composizione carbonatica) in sovrapposizione e sedimenti sabbioso-argillosi al tetto.

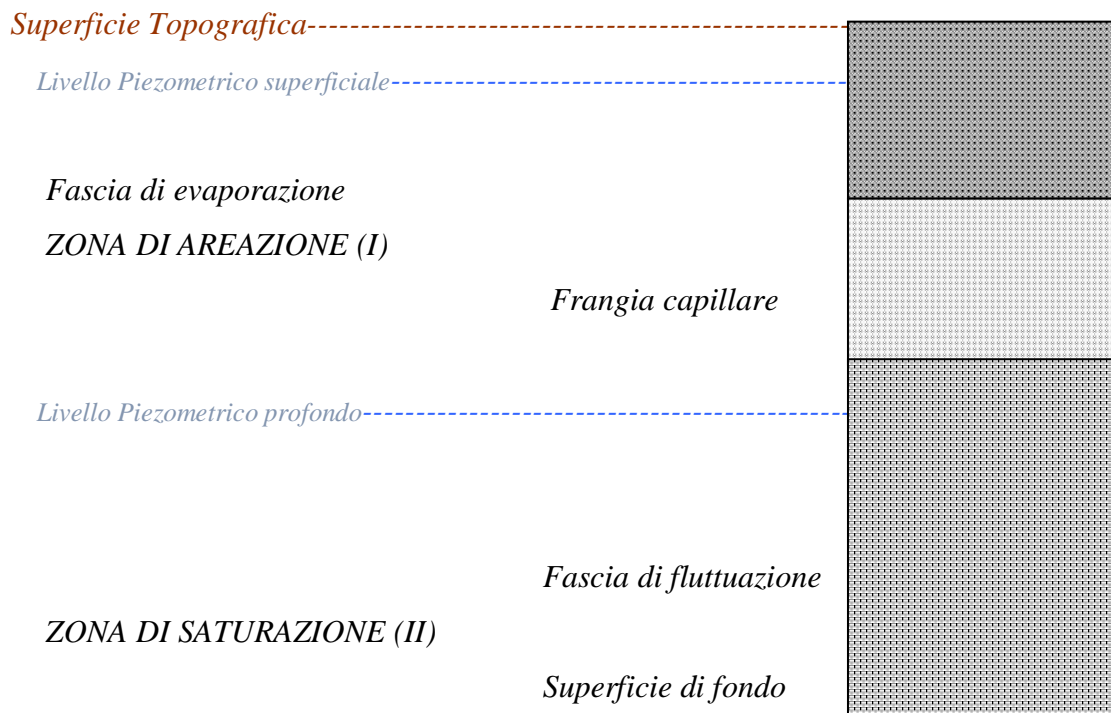
Esso presenta sia microfratture (0.1 - 1) mm che veri e propri canali sotterranei dove l'acqua si muove con moto turbolento determinando un ampliamento delle cavità per azione meccanica.

La porosità primaria (dovuta ai meati nati con la roccia) è scarsa mentre quella secondaria (dovuta alle fratture di origine carsica e tettonica) è assai elevata.

Queste caratteristiche determinano per la falda profonda una elevata trasmissività.

Le vie preferenziali di deflusso delle acque sono i giunti di strato o i contatti fra rocce a differente porosità.

L'acqua di infiltrazione determina nel sottosuolo la presenza delle seguenti zone:



Nel nostro caso la prima zona, zona di *areazione*, è praticamente inesistente sia per la notevole distanza tra lo strato superficiale e la zona di *fluttuazione* e sia per l'elevata permeabilità delle rocce sottostanti lo strato superficiale dei sedimenti. Solo in concomitanza di eventi meteorici il terreno superficiale a causa della elevata *capacità idrica di campo* riesce a rimanere umido per alcuni giorni.

La seconda zona, zona di *saturazione*, va esaminata con più dettaglio. La stessa, come è possibile notare dalla schematizzazione riportata sopra, presenta partendo dal basso la *superficie di fondo* e la zona di *fluttuazione*. La superficie di fondo coincide o con una superficie a permeabilità minore di quella dello strato sovrastante o con la superficie del mare. Questo è il nostro caso cioè quello di una *superficie di fondo definita e variabile*. La presenza di tale superficie è dovuta alla presenza di due liquidi a differente densità: quella del mare a densità superiore di quella della falda di acqua dolce. Quest'ultima esercita con il suo peso una pressione sulla superficie marina deformandola e spingendola verso il basso. Si ha quindi la nascita di una lente biconvessa di acqua dolce che galleggia su quella salata. La zona di separazione tra i due fluidi è detta superficie di transizione. Ricordiamo come il passaggio da acqua dolce ad acqua salata avviene in maniera graduale con aumento di salinità costante verso il basso.

Le acque dolci di falda risultano sostenute alla base, come dicevamo precedentemente, dalle acque marine di invasione continentale, sulle quali esse “galleggiano” in virtù della loro minore densità: in condizioni di quiete ed in assenza di perturbazioni della falda, si stabilisce una situazione di equilibrio e non si verifica alcun fenomeno di mescolamento tra le due diverse masse idriche.

Detta condizione di galleggiamento della lente di acqua dolce sulla sottostante acqua salata, può essere esplicitata mediante la legge di GHYBEN-HERZBERG che permette di determinarne lo spessore (h) in funzione della densità e del carico piezometrico:

$$h = (df / (dm - df)) \times t$$

dove dm è la densità dell’acqua di mare (1.03 g/ cm<sup>3</sup>), df la densità dell’acqua dolce di falda (1.0028 g/ cm<sup>3</sup>) e t il carico piezometrico.

Dalla lettura dei valori che t assume in zona, si deduce che lo spessore dell’acquifero in questione è valutabile in 270 m circa.

La falda profonda salentina presenta, su grande scala, una forma pseudolenticolare con spessori massimi nella parte centrale della penisola, che si assottigliano poi progressivamente in direzione della costa. Il livello di base verso cui le acque di falda defluiscono è, infatti, costituito dal livello marino: il deflusso, di tipo radiale si esplica pertanto dall’entroterra verso le zone costiere, con cadenti piezometriche molto basse, raramente superiori all’1‰.



Sezione idrologica della Penisola Salentina

### 3.2 Caratteri locali

Generalmente la fascia adriatica delle Murge mostra un acquifero formato quasi esclusivamente da rocce carbonatiche che sono estremamente permeabili per fratturazione, fessurazione e carsismo.

Poiché la media annuale di precipitazioni meteoriche in questo settore è di circa 600 mm e che la maggior parte di esse si disperde per infiltrazione nel sottosuolo e per evapotraspirazione, la presenza di acque di ruscellamento è abbastanza scarsa, ed è localizzata solamente in coincidenza di solchi di erosione fluviale detti localmente "Lame".

La saturazione del substrato ha permesso la formazione di un acquifero che tende a far confluire le acque sotterranee verso mare.

A questo punto bisogna evidenziare alcune considerazioni scaturite in seguito ad un sopralluogo effettuato dallo scrivente, e cioè:

- La presenza nel territorio rilevato della così detta ***falda freatica superficiale*** a circa 4-5 metri di profondità;
- La presenza della ***falda freatica profonda***, in relazione alla quota topografica e il carico piezometrico, a circa 105 metri dal p.c.

La falda profonda, molto consistente, si localizza nel basamento carbonatico ad una profondità di 105-110 m dal piano campagna.

La direttrice prevalente di deflusso verso NE è con cadente piezometrica media pari a 0.8‰; circola ad una profondità di pochi metri nel territorio e attraversando le dune fossili dell'abitato si perde nelle unità sottostanti alimentando così la falda freatica profonda.

La percentuale d'acque meteoriche che si infiltra nel terreno, dipende da una serie di fattori quali:

- morfologia, geologia, tipo di manto vegetale, pendenze, pavimentazioni, coperture, ecc...

Nel caso in esame si può valutare in 30-40% delle precipitazioni medie annue.

#### **4. Permeabilità dei litotipi affioranti**

Nel territorio oggetto d'indagine, in occasione di piogge violente, improvvise ed abbondanti, cadendo su un terreno la cui vegetazione naturale originaria è decisamente rada e di piccolo sviluppo, possono verificarsi fenomeni quali l'erosione pluviale, il dilavamento, il ruscellamento e di accumulo idrico.

Non sono da rilevare dissesti in atto o potenziali escluso quelli riconducibili ai fenomeni di cui sopra.

Nella zona indagata, è dunque, importante garantire il naturale deflusso superficiale delle acque piovane al fine di limitare quanto più possibile il verificarsi di eventuali ristagni delle acque di scorrimento superficiale di provenienza meteorica in zone interne al lotto o prospicienti ad esso.

L'area, come evidenziato dalla cartografia del **P.A.I.**, non è soggetta a fenomeni di accumulo delle acque meteoriche (cfr. allegato stralcio).

##### ***4.1 Permeabilità dei litotipi***

La localizzazione in profondità e l'estensione degli acquiferi sono determinate dalla alternanza delle formazioni idrogeologiche permeabili, semipermeabili ed impermeabili.

Sulla scorta di una stima indiretta si può stabilire il grado di permeabilità di ciascuna unità della locale serie litostratigrafica, basata sulla osservazione e correlazione di parametri diversi (fessurazione, grado di carsismo, cadenti piezometriche, portate emunte, ecc..).

L'alimentazione idrica della falda avviene per infiltrazione diffusa delle precipitazioni ricadenti sugli affioramenti permeabili, ovvero per infiltrazione concentrata laddove le acque vengono drenate nel sottosuolo ad opera di apparati carsici.

Le rocce affioranti nell'area in esame sono in prevalenza permeabili per porosità, permeabili per fessurazione, permeabili per porosità e fessurazione.

La permeabilità del primo tipo è tipica dello strato superficiale costituito da Depositi Continentali e di Terra Rossa, mentre la permeabilità del terzo tipo, è tipica delle Calcareniti.

Infine bisogna ricordare che in alcuni punti del territorio, nel sottosuolo a pochi metri di profondità, si trovano delle intercalazioni di sedimenti che rendono la permeabilità dei litotipi quasi assente. Questo può essere verificato nei punti dove è presente una falda freatica così detta *sospesa*, assente nell'area rilevata.

Il grado di permeabilità risulta variabile localmente, in relazione ai fattori più disparati quali: assortimento granulometrico, incisività di fenomenologie paracarsiche, struttura e diagenesi del deposito. In particolare le facies calcarenitiche sono da ritenersi dotate di permeabilità scarsa in corrispondenza di granulometria fine e significativo contenuto argilloso, ovvero media ove prevalgono clasti grossolani, bancate riccamente fossilifere e strutture porose e concrezionate. I calcari, presenti in profondità, sono invece dotati di permeabilità secondaria per fratturazione e fessurazione. In base ai criteri litologici descritti ed alle osservazioni di campagna, i terreni affioranti possono essere così classificati in base al tipo di permeabilità:

- *terreni permeabili per fessurazione, fratturazione e per carsismo (elevata).*
- *terreni permeabili per porosità (da media a scarsa);*
- *terreni impermeabili.*

#### **4.1.1 Terreni permeabili per porosità**

A questa categoria sono correlabili le calcareniti di Gravina, quelle post-calabrianne e i depositi marini terrazzati che per i caratteri granulometrici e tessiturali, rivelano una permeabilità per porosità generalmente scarsa.

Solo in corrispondenza dei livelli a macrofossili o fratturati, la permeabilità aumenta sensibilmente per le vie preferenziali di deflusso dovute ai vuoti intergranulari o alle fratture.

Qualora invece al contatto tra le calcareniti ed i sottostanti calcari, vi è presenza di paleosuolo, allora nonostante la permeabilità delle rocce al tetto ed al letto del paleosuolo si instaura una falda superficiale detta freatica.

#### **4.1.2 Terreni permeabili per fessurazione e per carsismo**

Sono rappresentati dai calcari del cretaceo. La presenza di fratture, piani di stratificazione, e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato, costituiscono una rete fessurativa che conferisce all'ammasso roccioso una elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare del grado di



fratturazione e della natura litologica della roccia cretacea (Calcarea e calcareo-dolomitica).

## Modellazione sismica

Le **azioni sismiche di progetto** si definiscono a partire dalla **pericolosità sismica di base** del sito di costruzione, che è descritta dalla **probabilità** che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento  $V_R$  espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "**Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento**"  $P_{VR}$ .

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- **Accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale;**
- **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  $V_R$ .**

Ai fini delle NTC 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:

- **ag accelerazione orizzontale massima al sito;**
- **Fo 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.**

Una delle novità delle NTC è appunto la stima della pericolosità sismica basata su una griglia di 10751 punti, ove viene fornita la terna di valori **ag**, **Fo**, e **T\*C** per nove distinti periodi di ritorno  $T_R$ .

## **5. Azione sismica**

Il Comune di Oria, ed in generale l'intera provincia, si trova in una porzione del territorio italiano nota in letteratura geologica con il nome di "Avampese Apulo".

Questa rappresenta la porzione non deformata del complesso in cui si sta sviluppando la catena Appenninica.

Sebbene il termine "*non deformato*" induca a pensare ad un'area particolarmente stabile, in realtà, anche questa porzione di territorio non è esente da una considerevole esposizione al *rischio sismico*. Se da un lato le conoscenze in termini di aree sismogenetiche (cioè quelle porzioni di territorio in cui sono state riconosciute strutture tettoniche attive), attribuiscono al contesto geologico e sismotettonico della provincia di Brindisi, un carattere di "bassa energia" che non sembra esporre il territorio ad un considerevole rischio, al contrario, il quadro sismogenetico delle aree prossime (Capitanata, Gargano, Subappennino, Albania e Grecia) attribuisce un "medio-alto rischio" in termini di *sismicità risentita* (cioè legata ad eventi sismici che hanno epicentro in altre aree ma considerevoli effetti anche a notevoli distanze). E' proprio in quest'ottica che la nuova normativa ha riclassificato l'intero territorio nazionale.

Il Comune di Oria, nell'elenco stilato dall'INGV, risulta al n. **4785** con codice ISTAT **16074011** e grado di pericolosità **4**, ossia la più bassa.

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta dinamica, che va verificata e controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie.

I terreni vanno intesi in uno spazio compreso tra il piano di imposta delle fondazioni ed un substrato rigido di riferimento, (*bedrock*) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

### 5.1 Sondaggio sismico a rifrazione

La sismica a rifrazione è un'indagine indiretta che si occupa dell'esplorazione del sottosuolo attraverso lo studio della propagazione di onde elastiche generate in superficie. Tali perturbazioni sono generalmente provocate da vibrazioni impresse al terreno con mezzi meccanici o da esplosioni. Le discontinuità ricercate mediante la prospezione sono di natura fisico-elastica e pertanto la ricostruzione della geometria e natura del sottosuolo possono essere legate sia a reali variazioni litologiche sia a variazioni rinvenibili nell'ambito di uno stesso litotipo.

Il metodo della sismicità a rifrazione utilizza i fronti d'onda conici generati da superfici di discontinuità e rilevati da trasduttori velocimetrici (geofoni) posizionati seguendo una ripetitività geometrica (equidistanti) lungo l'allineamento che si intende ispezionare. In funzione della risoluzione e delle profondità ricercate, si posizionano i punti di produzione dell'energia elastica.

La produzione meccanica delle onde sismiche può avvenire tramite martello a percussione, massa battente o tramite una vera e propria esplosione.

Dall'acquisizione dei tempi di primo arrivo delle onde longitudinali P le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (interspazio geofonico) si ottiene un diagramma *tempi di stanze* (dromocrona), attraverso il quale è possibile determinare le velocità di propagazione delle onde nel mezzo sottostante e i relativi spessori dei sismostrati attraversati dalla radiazione elastica.

Il profilo sismico a rifrazione è stato eseguito con distanza intergeofonica di 5 metri ed un offset di 2,5 metri, lunghezza totale di 55 metri per una profondità d'indagine di circa 10-12 metri.

Il profilo è stato realizzato con la tecnica degli scoppi coniugati, in cui vengono eseguiti uno scoppio centrale (sorgente E), due scoppi coniugati interni (sorgente C e D) e due scoppi esterni (sorgente A e B).

La strumentazione utilizzata è del tipo a 12 canali "16SG12" della PASI, implementabili a 24, con acquisizione computerizzata dei dati, durata del tempo di acquisizione pari a 128 m/sec e frequenza di campionamento pari a 250 m/sec. Come energizzazione è stata utilizzata una sorgente del tipo "mazza battente", ad impatto verticale su piastra per le onde P.

I sensori adoperati sono geofoni verticali a 10 Hz per la ricezione delle onde P. Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" per la

costruzione delle relative dromocrone allegate (diagrammi tempo-distanza) attraverso l'utilizzo del software SISMOPC.

L'interpretazione della dromocrona, anche questa eseguita con processi computerizzati, è stata effettuata attraverso il software INTERSISM del Geo &Soft che utilizza come tecnica di interpretazione il Metodo Reciproco Generalizzato (G.R.M.), ideato da Palmer (1980).

## **5.2 Sondaggio Sismico MASW**

L'indagine sismica in questione viene realizzata per determinare le proprietà fisiche del sottosuolo e le caratteristiche dinamiche del litotipo da indagare, attraverso la determinazione di un modello di distribuzione di velocità di propagazione delle onde Sh.

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 verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Reyleigh (onde Sh), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Reyleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase (o curva di dispersione).

Nel metodo di indagine MASW le onde superficiali generate in un punto della superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Attraverso questo metodo si ottiene una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi si ottengono informazioni sulla parte superficiale del suolo, sui primi 30-50 metri di profondità, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi:

- Calcolo della curva di dispersione apparente sperimentale;
- Calcolo della curva di dispersione apparente numerica;
- Individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

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:

$$V_{S_{eq}} = H / N \sum_{i=1}^N h_i / V_{s,i} \quad (1)$$

Da tale relazione è emerso un valore di  $V_{S30}$  **344** m/sec.

### 5.2.1 *Analisi della prospezione MASW*

In un'area di indagine, appartenente alla stessa categoria formazionale e con caratteri litologici simili a quelli affioranti nel sito interessato dai lavori di cui in oggetto, è stato eseguito 1 profilo sismico di tipo MASW.

In corrispondenza del primo profilo sismico a rifrazione, sono stati utilizzati 24 geofoni distanziati di 1,5 metri (partendo da 0 metri) e lunghezza totale dello stendimento pari a 34,5 metri, offset di scoppio pari a 2 metri, durata dell'acquisizione di circa 4 secondi e tempo di campionamento 2 m/sec.

Per il profilo eseguito sono stati individuati 3 sismostrati, il primo superficiale con spessore medio di circa 0,5 metri e velocità di propagazione delle onde S di 230 m/s, il secondo con spessore pari a circa 6,7 metri e  $V_s$  stimata in 415 m/s, il terzo avente una  $V_s$  pari a circa 700 m/s.

Per ogni categoria del suolo (A-B-C-D-E), così come viene riportato nella tabella seguente, è fissata una descrizione litostratigrafica con ad essa associati i parametri di riferimento geotecnici e sismici.

<i><b>Categoria</b></i>	<i><b>Descrizione</b></i>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_s$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_s$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT 30>50 nei terreni a grana grossa e cu 30>250 kPa nei terreni a grana fina).

C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_s$ 30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 <NSPT, 30<50 nei terreni a grana grossa e 70 <cu, 30 <250 kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_s$ 30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT, 30<15 nei terreni a grana grossa e cu, 30 <70 kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s$ > 800 m/s).

**La  $V_s$  30 stimata mediante la (1) è pari a 344 m/s, inserendo il terreno di fondazione in classe C.**

Il terreno di fondazione nel nostro caso rientra tra quelli di tipo B, ossia *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati* con spessori superiori a 30 m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s, (ovvero  $NSPT_{30} > 50$ ).

La categoria topografica, secondo le caratteristiche della superficie, risulta essere la T<sub>1</sub>, ossia superficie pianeggiante con inclinazione media  $\leq 15^\circ$ .

La zona sismica all'interno della quale si trova il Comune di Oria, ossia la 4, è contrassegnata da un valore  $a_g$  che indica il valore massimo (o picco) di accelerazione del suolo attesa, con un tempo di ritorno  $T_R = 30$ , pari a **0,0569g**.

Infine, considerate le caratteristiche morfologiche sub pianeggianti dell'area di indagine e l'assenza di movimenti franosi attivi o quiescenti, si può affermare che la zona è esente da amplificazione sismica pertanto il coefficiente di amplificazione topografica ST è pari a 1.0.

## Studio geotecnico

### **6. Prova in situ**

Così come accennato in premessa in questo paragrafo sono riportati, dettagliatamente, i risultati di una prova effettuata all'interno del lotto di proprietà del committente.

Lo scopo di questo tipo di indagine è quello di determinare, oltre alla successione litostratigrafica dei sedimenti, le caratteristiche meccaniche del terreno interessato dai lavori fondali.

E' stata eseguita una *prova penetrometrica dinamica continua* sino alla profondità massima di 5 metri dal piano di calpestio.

#### **6.1 Prova Penetrometrica Dinamica Continua**

Il sondaggio penetrometrico dinamico consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica battendo sulle aste con un maglio a caduta libera e contando il numero dei colpi necessari all'avanzamento della punta, di successive quantità costanti.

Le prove, nel nostro caso, sono state eseguite con un penetrometro PAGANI *DPSH TH63-100*. Per l'esecuzione della prova si è avvalsi della collaborazione dello studio di "*Società di Ingegneria Progetto Engineering s.r.l.*" di Manduria.

Questa prova ha consentito di tracciare un profilo stratigrafico fisico-meccanico per tutta la lunghezza della prospezione e di ricavare puntualmente i valori del carico ammissibile.

Col procedimento usato si può trascurare la resistenza per attrito laterale, rispetto a quella di punta, in quanto il diametro della punta conica è maggiore di quello dell'asta.

Dai risultati ottenuti (vedi grafico allegato), si nota un graduale aumento del carico ammissibile fin dai primi 20 cm di profondità. Ciò è imputabile principalmente

a due fattori. Il primo dipende dalla variazione litologica degli strati; il secondo è funzione della variazione del grado di addensamento che aumenta con la profondità. Anche in uno strato, litologicamente omogeneo (esempio sabbia), si ha un aumento del carico ammissibile *qa* con la profondità dipendente da una maggiore resistenza all'infissione. Nel nostro caso, la variabilità dei valori **S.P.T.** ottenuti è dovuta, oltre all'addensamento innanzi descritto, soprattutto alla maggiore o minore percentuale del limo in rapporto alla sabbia, da trovanti, ciottoli e dall'acqua della falda freatica sospesa.

Le indagini, in definitiva, hanno permesso di rilevare un terreno prevalentemente costituito da *sabbie*, sino alla profondità di 2,6 metri, per passare successivamente, sino alla profondità di 4,8 metri ad un terreno *sabbioso più addensato*. Alla profondità di 4,8 metri, negli ultimi 20 cm, la punta ha riscontrato una certa resistenza alla penetrazione, dovuta presumibilmente alla presenza di un *trovante*, di natura calcarenitica.

Per costruire il modello fisico-meccanico del terreno in studio, occorre suddividerlo in orizzonti in ogni uno dei quali le proprietà direttamente connesse con la natura del terreno, ovvero con la sua consistenza o grado di addensamento, siano costanti o comunque possano oscillare entro domini alquanto limitati.

Nel nostro caso gli strati sono stati differenziati in base al carico di rottura che è funzione, come già detto, del numero dei colpi (vedi grafico allegato).

Si evidenzia così (Tabella sottostante), un primo strato "A" con valori di *Rpd* (*Resistenza dinamica alla punta*) variabili tra 0,00 e 2,6 kg/cm<sup>2</sup>, uno strato "B" con valori costanti di 2,6 kg/cm<sup>2</sup>, sino alla profondità di 4,8 metri ed infine uno strato "C" con il rifiuto alla penetrazione.

Profondità in metri	Strati	Litologia	Rpd (kg/cm <sup>2</sup> )
Dal p.c. a 2,6 metri	A	Sabbie	28
da 2,6 a 4,8 metri	B	Sabbie addensate	28
da 4,8 a 5,00 metri	C	Ghiaia calcarenitica	-----



Si è notato, durante tutta la prova un valore variabile, indifferentemente dalla natura del sottosuolo, del numero dei colpi del penetrometro, da 5 a 30 sino alla profondità dei 4,8 metri.

## **7. Caratterizzazione geotecnica**

Qui di seguito sono riportate delle notizie di carattere geotecnico scaturite in seguito alla prova in sito effettuata dallo scrivente, nonché all'esperienza dello scrivente in merito a dei lavori eseguiti in passato, nell'area circostante il sito di cui in oggetto.

La situazione stratigrafica rilevata è omogenea e conforme a quella individuata nella relazione geologica.

L'area su cui ricade il sito si presenta mediamente antropizzata, le opere presenti sono esclusivamente imputabili ad insediamenti civili caratterizzati solitamente da fabbricati e strade di collegamento.

Quanto emerso dalle indagini, integrato dalle conoscenze acquisite in letteratura sull'area di studio, ha consentito di classificare il suolo e il sottosuolo ai sensi dell'**Ordinanza** della Presidenza del Consiglio dei Ministri **n. 3274** del 20 marzo 2003, *recepita dalla Regione Puglia nel marzo 2004*, come suolo di fondazione della Categoria "C".

### ***Classificazione del suolo***

Quanto emerso dal rilevamento eseguito, opportunamente correlato con i dati di letteratura e non solo, ha permesso di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo.

E' possibile distinguere il terreno come appartenente al:

**LITOTIPO C – formazione di sedimenti marini (sabbie).**

**Profondità: dal p.c. a 4,8 metri.**

## Conclusioni

All'interno dell'area destinata ai lavori di realizzazione del manufatto di cui in oggetto, ad ovest del centro abitato del comune di Oria, sono state condotte le presenti indagini geologiche e geotecniche con delle prove in situ, atte a valutare le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e geomeccaniche dei terreni sedimentati.

Lo scrivente ha condotto le indagini seguendo il metodo classico investigativo in ottemperanza delle leggi vigenti (D.M. 11.03.1988 – Decreto 17.01.2018).

Si è proceduto eseguendo uno studio preliminare di monitoraggio del territorio ed uno più approfondito mediante un rilevamento geologico in tutta l'area interessata e non dai lavori; inoltre, così come è stato evidenziato in precedenza, sono stati inseriti nella presente i risultati di prove e sondaggi eseguiti, atti a valutare le caratteristiche geomeccaniche dei sedimenti.

Esso ha consentito di giungere alle seguenti considerazioni:

- dal punto di vista *geolitologico* il sito è ubicato all'interno di un'area più vasta caratterizzata da *sedimenti sabbiosi* che poggiano, in trasgressione, su uno strato più consistente di natura *calcarenitica*;
- dal punto di vista *idrogeologico* l'intera area, vista la natura dei terreni sedimentati, è contraddistinta dalla presenza di due falde acquifere ben distinte tra loro; la prima *superficiale sospesa*, è localizzata a pochi metri di profondità dal p.c (- 4,5 metri), all'interno dei sedimenti, mentre la seconda *profonda*, trova la sua collocazione all'interno del basamento calcareo a profondità variabili a seconda della quota topografica e il carico piezometrico del luogo;
- dal punto di vista *sismico e geotecnico* l'area d'intervento è caratterizzata dalla presenza di una stratigrafia schematizzata secondo la seguente successione sismografica: I valori delle Vs sono stati ricavati dall'indagine sismica di tipo MASW, consentendo la determinazione dei principali

parametri elastici, con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm<sup>2</sup>, mentre il modulo di Poisson è adimensionale. Dai valori delle onde P longitudinali. Si ricavano, con una relazione empirica, i seguenti parametri: *peso di volume (g/cm<sup>3</sup>), V<sub>p</sub> velocità delle onde longitudinali (m/s), V<sub>s</sub> velocità delle onde di taglio (m/s), E modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>), G modulo di taglio (kg/cm<sup>2</sup>), γ coefficiente di Poisson (kg/cm<sup>3</sup>),* da cui derivano i seguenti parametri di calcolo delle fondazioni: Peso di volume  $\gamma = 24\text{kN/m}$ , Coesione  $c = 20\text{kPa}$ , Angolo d'attrito  $\varphi = 35^\circ$ . Moduli edometrici: Modulo di Young (E) 78743 kg/cm<sup>2</sup>, Modulo di taglio (G) 29157 kg/cm<sup>2</sup>, Modulo di incompressibilità (k) 87674 kg/cm<sup>2</sup>, Coefficiente di sottofondo (k<sub>1</sub>) 7 kgf/cm<sup>3</sup>.

**La modellazione sismica di base si è svolta ai sensi dell'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003**

Il calcolo del coefficiente di sottofondo (Vs30) permette di classificare il terreno di fondazione, oggetto del profilo MASW, in una delle cinque categorie di suolo.

**Per l'area oggetto di studio si evidenzia un valore del coefficiente di sottofondo di**

**Vs30 = 344m/s - Classe C.**

Tanto in assolvimento dell'incarico conferitomi.

*Oria, 20/11/2023*

Il Tecnico

.....

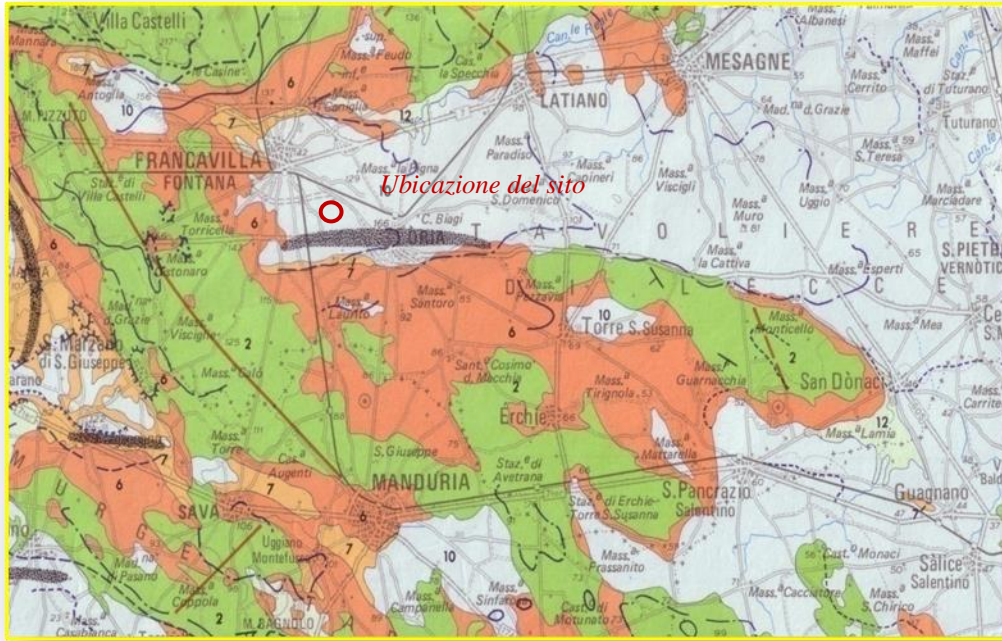
*Dott. Geologo Joannis Papadakis*



**Seguono allegati**

# Carta geologica delle Murge e del Salento (stralcio)

Tavola I – 1988



Scala: 1:250000



Traccia di antiche linee di costa



**Calcarea di Altamura**



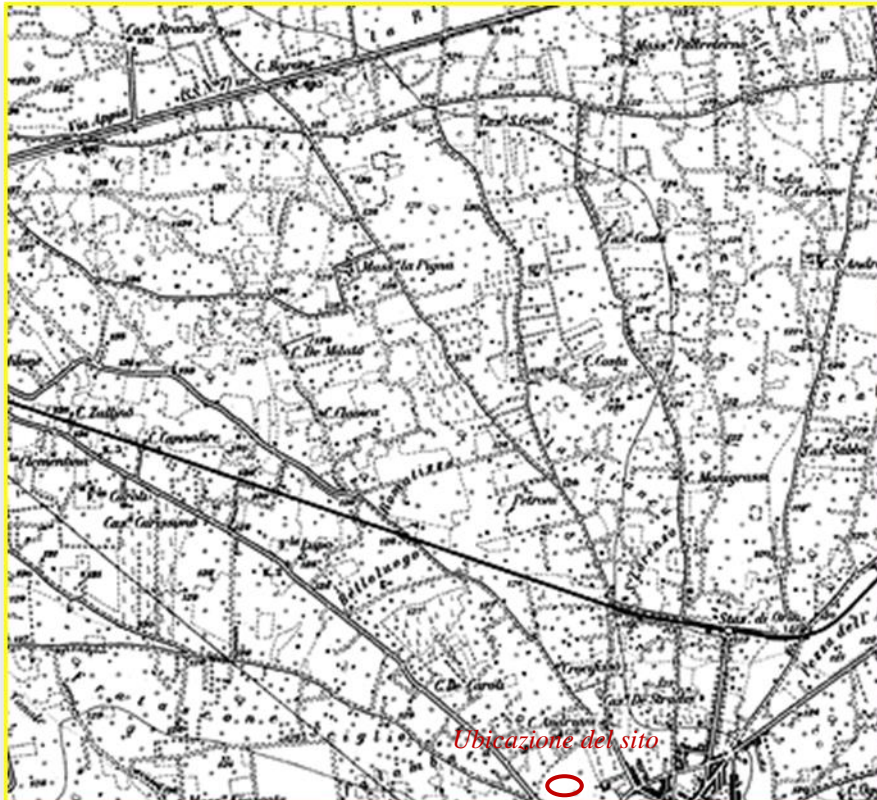
**Calcarene di Gravina**



**Depositi marini terrazzati**

## Carta topografica I.G.M. (stralcio)

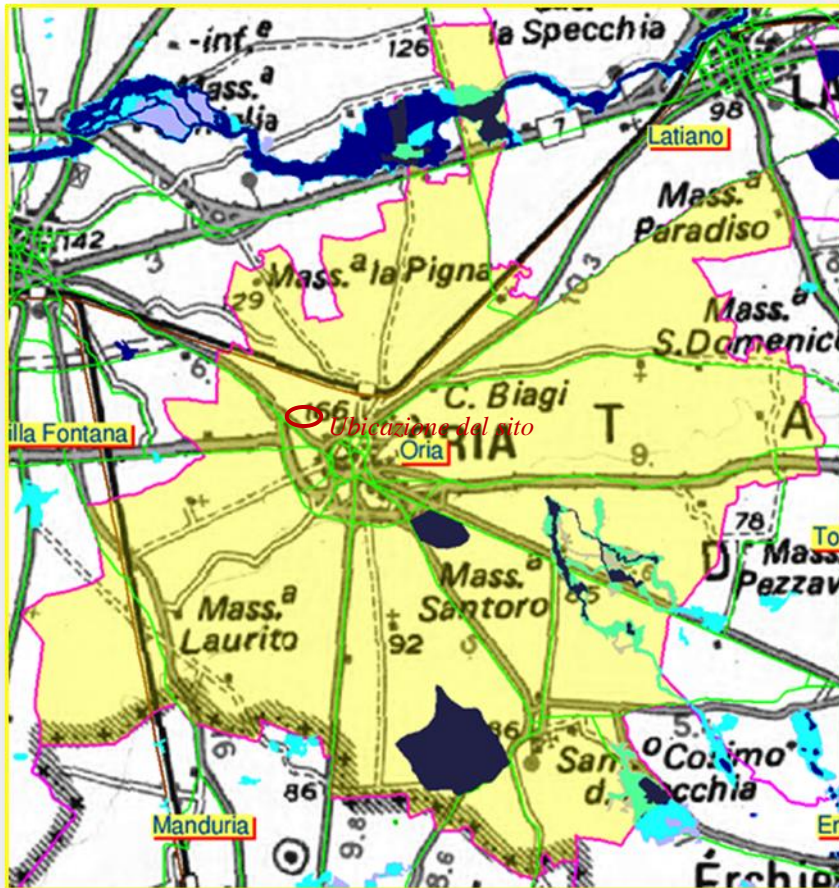
---



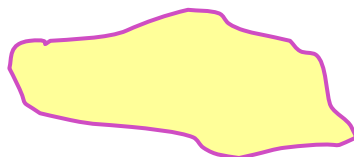
Scala: 1:25000

**Foglio** 203  
**Quadrante** IV  
**Tavoletta** S.E. "Francavilla Fontana"

**Cartografia del luogo** (dagli elaborati del PAI - Regione Puglia)  
Tavola Oria (aggiornata al 10.11.2023)



Scala: 1:25000



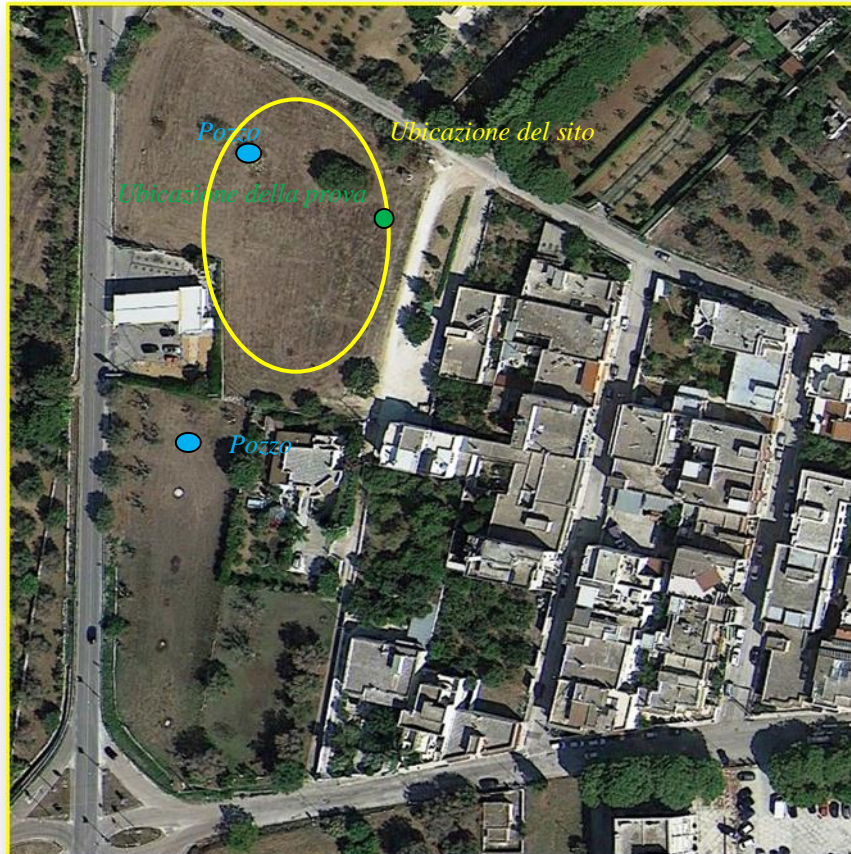
Delimitazione del territorio comunale



Zone a pericolosità idraulica alta (AP)

## Foto aerea (Google Earth)

---

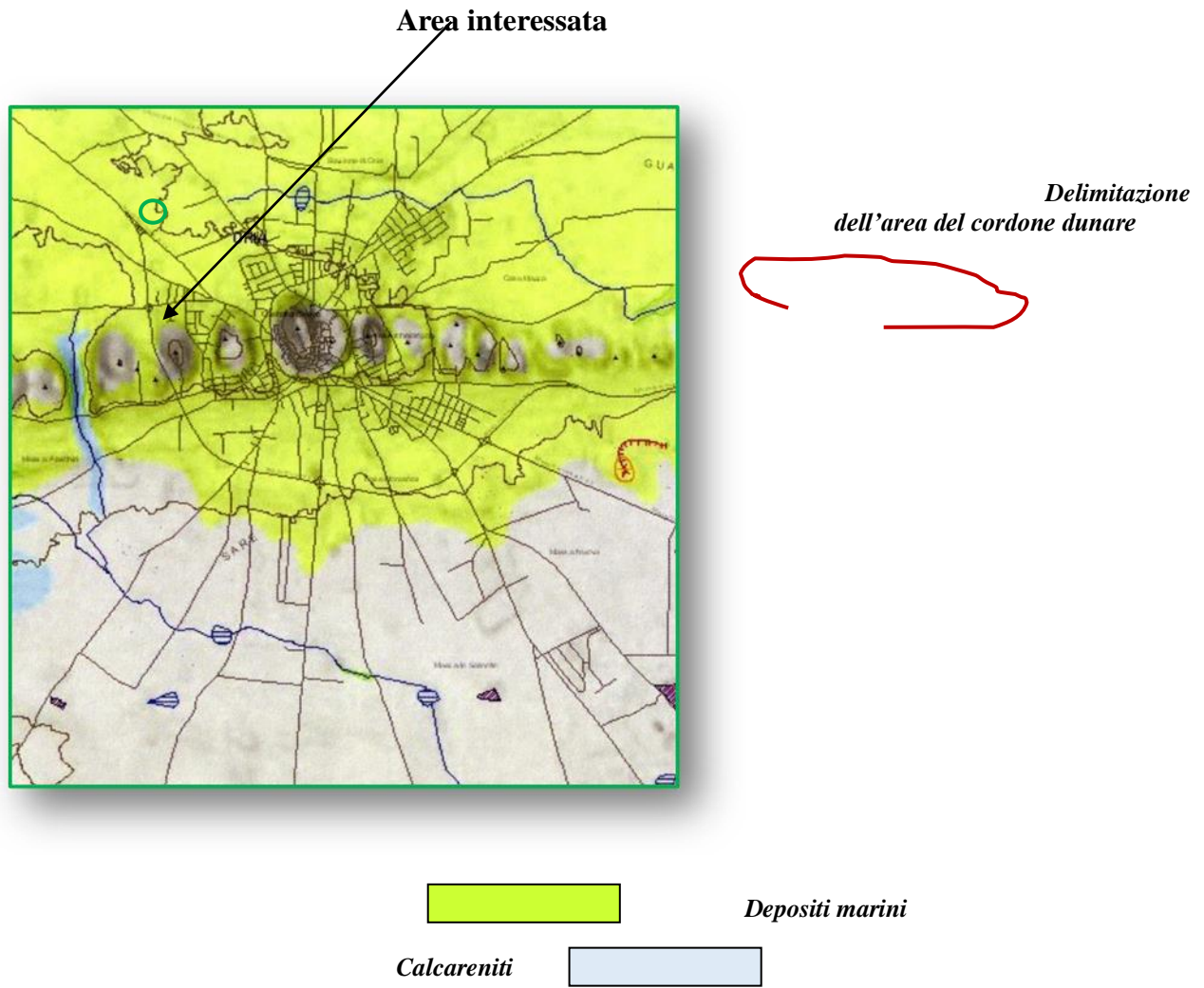


### Coordinate geografiche del sito

Longitudine 17 ° 37 ' 53,18 " ad est di Greenwich

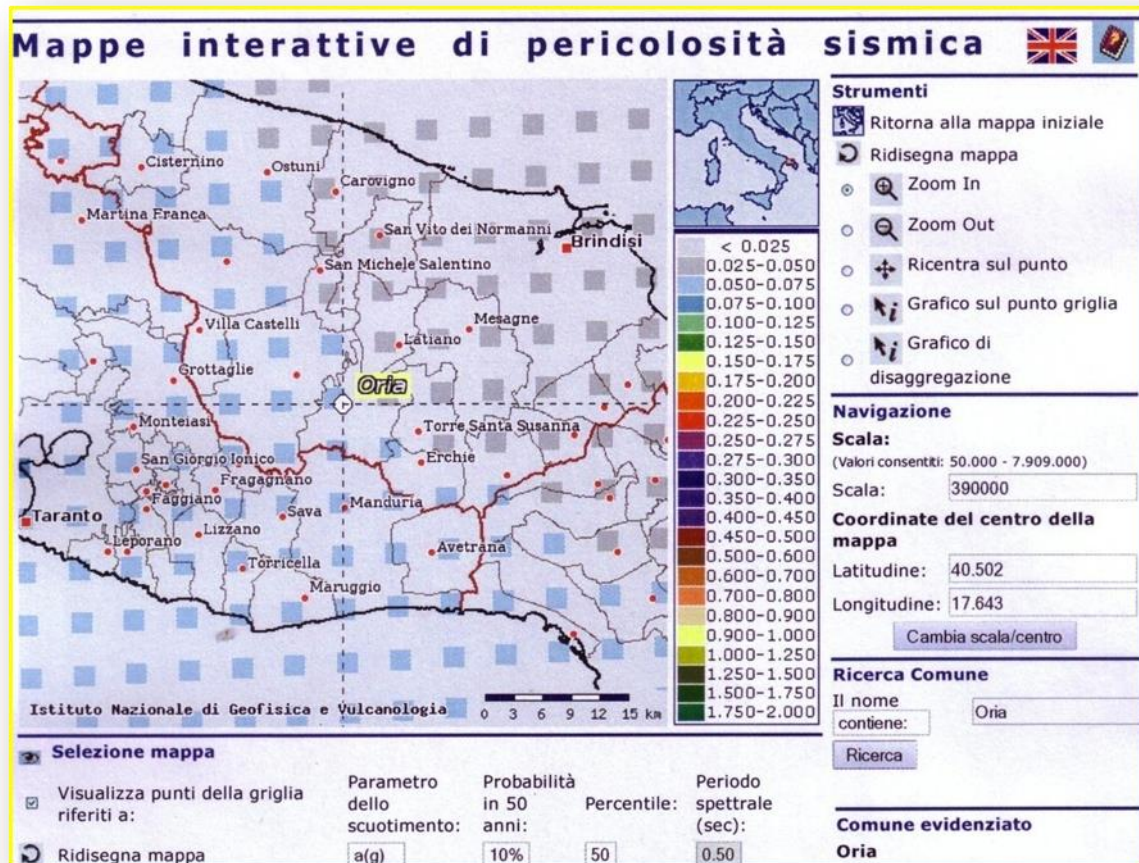
Latitudine 40 ° 30 ' 07,94 " a nord dell'Equatore

## Carta geomorfologica (stralcio)



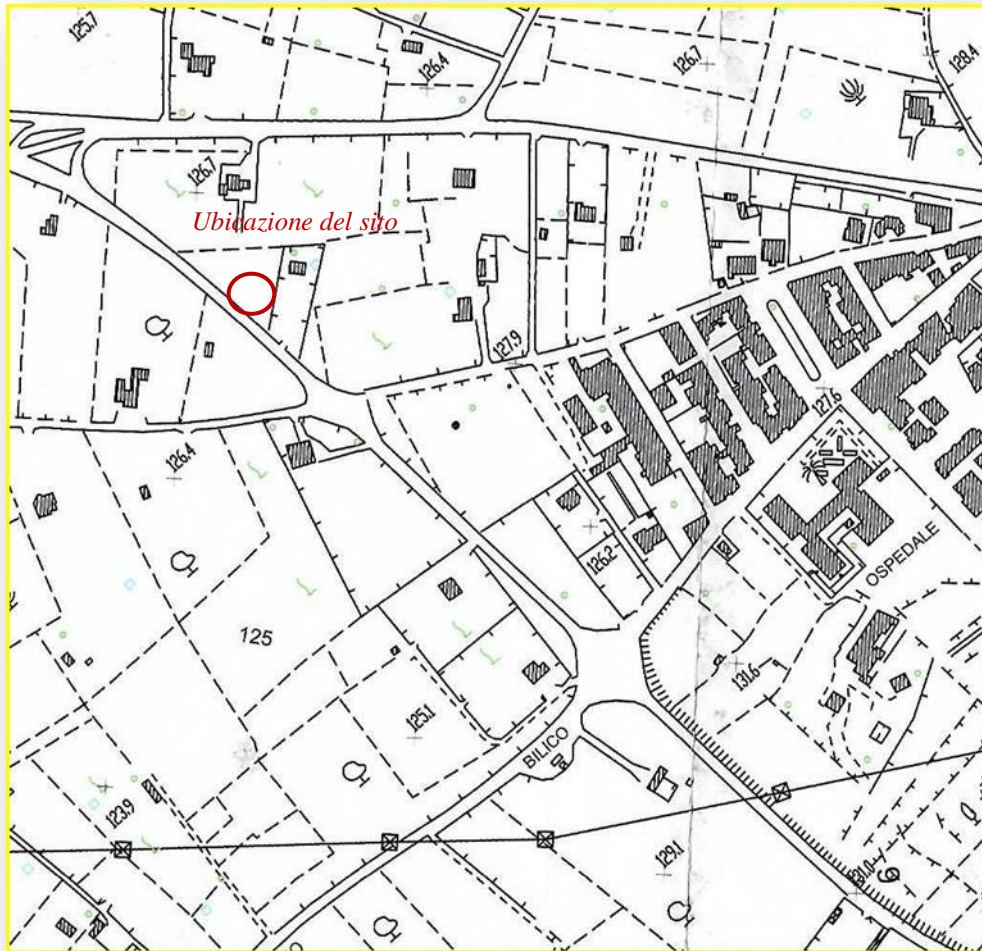


**Mappa di pericolosità sismica (stralcio dal I.N.G.V.)**



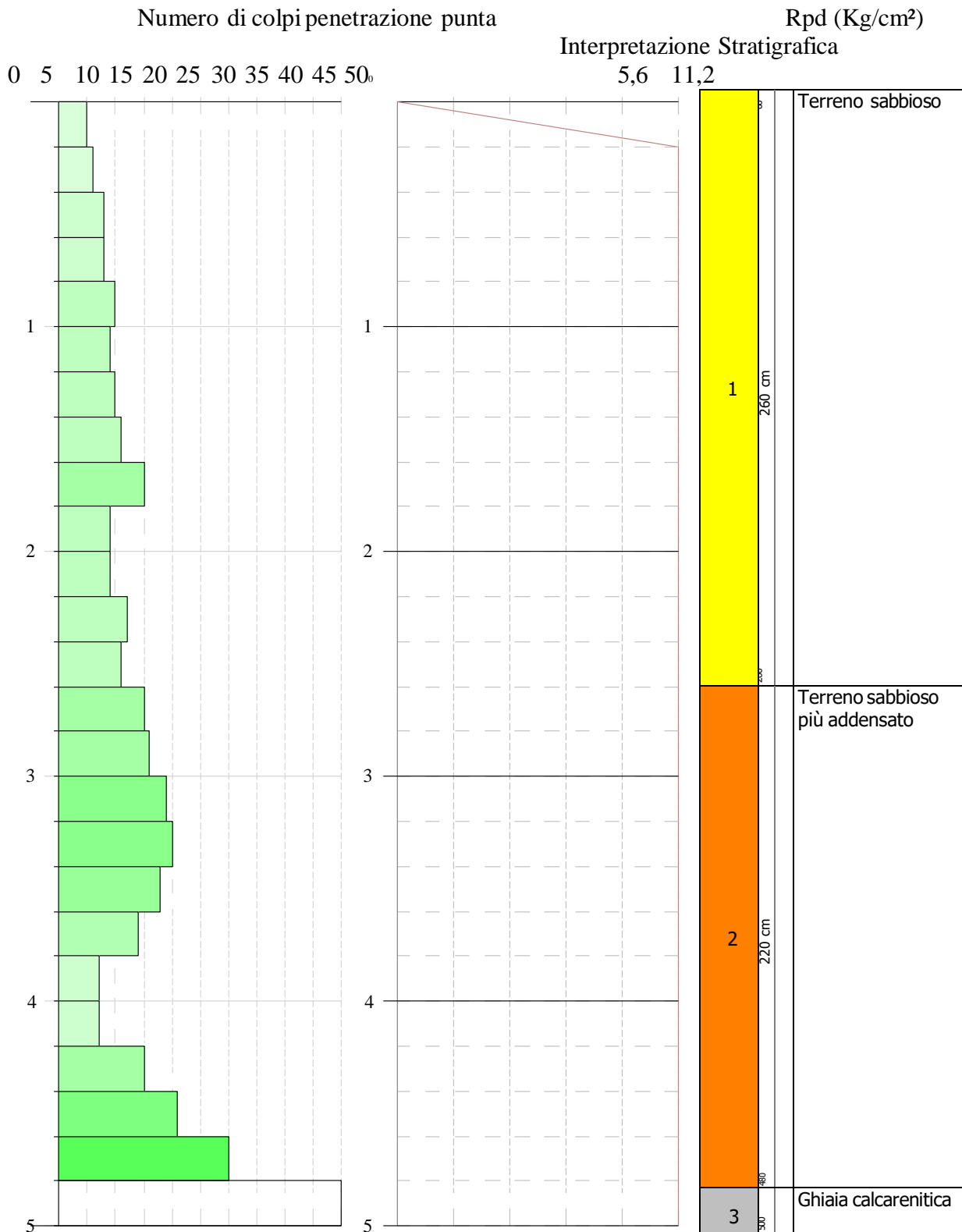
**Zona sismica con basso grado di pericolosità (4)**

## Aerofotogrammetria dell'area (stralcio)



Scala 1:5000

## Prova penetrometrica (grafico)



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

<p>Committente: Cannalire Liliana Descrizione: Prova penetrometrica dinamica singola Localita': Oria (BR), Via Visciglio</p>	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TH63-100 Pagani

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,5 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,4 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPL-DPM-DPH-DPSH**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25

Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

### penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.

### Correlazione con N<sub>spt</sub>

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N<sub>spt</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>spt</sub>. Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_{NN60} \cdot C_{CN} \cdot \sqrt{(Pa \cdot d_{vd})} \quad C_{CN} < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ Pa} \quad (Liao \text{ e } Whitman \ 1986)$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
$C_S$	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
$C_d$	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
$C_r$	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione

---

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981). Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare, consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

## **Valutazioni statistiche e correlazioni**

### **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

#### ***Media***

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media minima***

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Massimo***

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Minimo***

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Scarto quadratico medio***

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media deviata***

---



Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento  $d = 1$  m.

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

**Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

**Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda**

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

**Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977) - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

**Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

**Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss (1978-1981). Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

**Velocità onde di taglio  $V_s$  (m/s)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

**Modulo di deformazione di taglio ( $G$ )**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

**Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

**Correlazioni geotecniche terreni coesivi****Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli - correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$ , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.

- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975), - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq) -, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_Y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...DPSH TH63-100 Pagani

Prova eseguita in data 07/11/2023

Profondita' prova 5,00 mt

Falda non rilevata, rigetto a 4,88 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	5	0,855	45,89	53,70	2,29	2,68
0,40	6	0,851	54,82	64,44	2,74	3,22
0,60	8	0,847	66,71	78,75	3,34	3,94
0,80	8	0,843	66,42	78,75	3,32	3,94
1,00	10	0,840	82,67	98,44	4,13	4,92
1,20	9	0,836	74,09	88,60	3,70	4,43
1,40	10	0,833	81,99	98,44	4,10	4,92
1,60	11	0,830	82,92	99,96	4,15	5,00
1,80	15	0,776	105,82	136,31	5,29	6,82
2,00	9	0,823	67,32	81,78	3,37	4,09
2,20	9	0,820	67,07	81,78	3,35	4,09
2,40	12	0,817	89,11	109,05	4,46	5,45
2,60	11	0,814	75,58	92,82	3,78	4,64
2,80	15	0,761	96,37	126,57	4,82	6,33
3,00	16	0,759	102,43	135,01	5,12	6,75
3,20	19	0,756	121,20	160,32	6,06	8,02
3,40	20	0,753	127,14	168,76	6,36	8,44
3,60	18	0,751	106,44	141,76	5,32	7,09
3,80	14	0,748	82,52	110,26	4,13	5,51
4,00	7	0,796	43,88	55,13	2,19	2,76
4,20	7	0,794	43,76	55,13	2,19	2,76
4,40	15	0,741	87,59	118,13	4,38	5,91

4,60	21	0,689	106,87	155,05	5,34	7,75
4,80	30	0,687	152,19	221,50	7,61	11,07
5,00	50	0,585	215,97	369,16	10,80	18,46

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,6	9,46	89,45	Incoerente	0	1,86	1,94	0,24	1,5	14,23	Terreno sabbioso
4,8	16,55	131,6	Incoerente	0	2,08	2,01	0,71	1,5	24,89	Terreno sabbioso più addensato
5	50	369,16	Incoerente	0	2,5	2,2	0,97	1,5	75,2	Ghiaia calcarenitica

## TERRENI INCOERENTI

## Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	43,73	81,63	88,34	41,6
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	48,09	88,16	86,95	57,82
[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	73,36	100	100	100

## Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioini 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFIC)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki

											ATIO N)			
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23	31,07	24,07	31,98	32,38	35,21	39,43	30-32	29,61	31,27	28,15	31,87
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	34,11	27,11	34,97	30,94	38,44	40,34	30-32	34,32	34,47	28,48	37,31
[3] - Ghiaia calcare nitica	75,2	5,00	75,2	48,49	41,49	49,06	32,07	41,44	42	>38	48,59	49,56	31,71	53,78

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertm ann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenba ch (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollo nia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23	269,26	113,84	168,61	286,73	146,15
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	356,11	199,12	294,40	366,67	199,45
[3] - Ghiaia calcare nitica	75,2	5,00	75,2	618,98	601,60	888,06	744,00	451,00

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sa nglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbac h e Malcev (Sabbia media)



[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23	85,38	56,69	101,03	101,47
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	149,34	78,59	176,72	149,01
[3] - Ghiaia calcarenitic a	75,2	5,00	75,2	451,20	181,93	533,92	373,39

## Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	Classificazione A.G.I	MODERATAM ENTE ADDENSATO
[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	75,2	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

## Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23	Terzaghi-Peck 1948	1,53
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	Terzaghi-Peck 1948	1,65
[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	75,2	Terzaghi-Peck 1948	1,96

## Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23	Terzaghi-Peck 1948	1,95
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	Terzaghi-Peck 1948	2,03

[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	75,2	Terzaghi-Peck 1948	2,21
----------------------------	------	------	------	--------------------	------

## Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23	(A.G.I.)	0,33
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	(A.G.I.)	0,31
[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	75,2	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23	788,73	633,17
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	1334,06	891,01
[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	75,2	3771,88	1750,97

## Velocita' onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23	Ohta & Goto (1978) Limi	113,92
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	Ohta & Goto (1978) Limi	153,57
[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	75,2	Ohta & Goto (1978) Limi	196,3

## Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Terreno	14,23	2,60	14,23	Seed e Idriss	--

sabbioso				(1971)	
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	75,2	Seed e Idriss (1971)	--

## Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23		---
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89		---
[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	75,2		---

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno sabbioso	14,23	2,60	14,23		---
[2] - Terreno sabbioso più addensato	24,89	4,80	24,89		---
[3] - Ghiaia calcarenitica	75,2	5,00	75,2		---

## Indice

PROVA ... Nr.1	.10
Densita' relativa	.12
Angolo di resistenza al taglio	.12
Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )	.13
Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	.13
Classificazione AGI	.13
Peso unita' di volume	.14
Peso unita' di volume saturo	.14
Modulo di Poisson	.14
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> )	.14
Velocita' onde di taglio	.15
Liquefazione	.15
Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	.15
Indice	.17