



CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

Bacino Saline - Pescara - Alento - Foro
CHIETI



Oggetto: **SVILUPPO RETI IRRIGUE SUL TERRITORIO REGIONALE - INTERVENTO (B)**
ESTENDIMENTO DELL'IMPIANTO IRRIGUO CONSORTILE NEL COMUNE DI
CUGNOLI (PE)

PROGETTO ESECUTIVO - INTERVENTO (B)

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA

Numero Elab.

A.02.00

Scala :-:--

DATA **28 MAG. 2018**

REV.	DATA	DESCRIZIONE



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Angela Berarducci
Dott.ssa Angela Berarducci

IL PROGETTISTA

Cesare Garofalo
Ing. Cesare Garofalo



I RELATORI

Dott. Geol. Luigi Marinelli

Dott. Geol. *Luigi Marinelli*
Dott. Geol. *Luigi Marinelli*



Visti e/o pareri

CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

BACINO SALINE - PESCARA - ALENTO - FORO

- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -

◇◇◇

Progetto per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile
nel comune di Cugnoli, in provincia di Pescara

◇◇◇

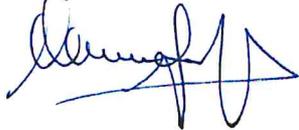
**RELAZIONE GEOLOGICA E
RELAZIONE GEOTECNICA**

◇◇◇◇

Aprile 2017

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Cesare GAROFALO



RELATORI

Dott. Geol. Luigi MARINELLI

Dott. Geol. Pierpaolo MARINELLI



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott.ssa Angela BERARDUCCI



CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

BACINO SALINE - PESCARA - ALENTO - FORO

- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -

◇◇◇

Progetto per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile
nel comune di Cugnoli, in provincia di Pescara

◇◇◇

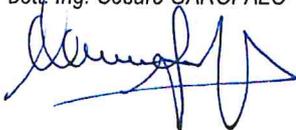
RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE GEOTECNICA

◇◇◇

Aprile 2017

RELATORI
Dott. Geol. Luigi MARINELLI
Dott. Geol. Pierpaolo MARINELLI

IL PROGETTISTA
Dott. Ing. Cesare GAROFALO



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott.ssa Angela BERARDUCCI



* S O M M A R I O *

◇◇◇

1. **PREMESSE**
- 1.1 TIPOLOGIA E UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI
- 1.2. NORME DI RIFERIMENTO
- 1.2.1 PERICOLOSITA' SISMICA
- 1.2.2 PERICOLOSITA'E RISCHI IDROGEOLOGICI
- 1.2.3 PERICOLOSITA' E RISCHI IDRAULICI
- 1.3. FASI OPERATIVE
- 1.4. ELABORATI CARTOFOTOGRAFICI
- 1.4.1 ELABORATI CARTOGRAFICI
- 1.4.2 CERTIFICATI DELLE INDAGINI IN SITU
- 1.4.3 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

◇◇◇

*** RELAZIONE GEOLOGICA *

2. **ELEMENTI GEOMORFOLOGICI REGIONALI**
- 2.1. CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI PEDEMONTANI
- 2.2. CARATTERI TETTONICI
- 2.3. CARATTERI STRATIGRAFICI VASCA E SOLLEVAMENTO
- 2.4. CARATTERI MORFOLOGICI
- 2.5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI
- 2.5.1 I^A UNITA' * PIANORI SOMMITALI * STABILI
- 2.5.2 II^A UNITA' * VERSANTI PIAN. SOM * STABILI
- 2.5.3 III^A UNITA' * FODOVALLE * STABILI

◇◇◇

3. **ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA * PERMEABILITA'**
- 3.1. CLASSI DI PERMEABILITA'
- 3.1.1. TERRENI PERMEABILI
- 3.1.2. TERRENI MEDIAMENTE PERMEABILI
- 3.1.3. TERRENI IMPERMEABILI
- 3.2. IDROLOGIA PROFONDA

◇◇◇

*** RELAZIONE GEOTECNICA *

◇◇◇

4. **INDAGINI E SONDAGGI GEOGNOSTICI E GEOTECNICI**
- 4.1. INDAGINI E PROVE IN SITU * RILIEVI
- 4.1.1 TRINCEE ESPLORATRICI
- 4.1.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI * ROTARY
- 4.1.3 INDAGINI GEOTECNICI
- 4.1.4 INDAGINE GEOTECNICA * SISMICA MASW
- 4.2. RILIEVI LITOSTRATIGRAFICI E IDROGEOLOGICI

5. CARATTERIZZAZIONE PROGETTUALE * VASCA C.DA PIASSIGNANI

- 5.1. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA
- 5.2. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA
- 5.3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA
- 5.4. CONCETTO GEOLOGICO TECNICO
- 5.5. MODELLAZIONE GEOTECNICA
- 5.6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA SOTTOSUOLO
- 5.6.1 MAGLIA GEOGRAFICA DI RIFERIMENTO GEOGRAFICO
- 5.6.2 INDAGINE SISMICA * VELOCITA' ONDE DI TAGLIO $V_{s,30}$
- 5.6.3 CATEGORIA "C" DEL SOTTOSUOLO
- 5.6.4 CATEGORIA TOPOGRAFICA * T.1
- 5.7. TERRENI E TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI
- 5.7.1 FONDAZIONI DIRETTE
- 5.7.2 LIMITE ROTTURA * PORTANZA AMMISSIBILE

6. CARATTERIZZAZIONE PROGETTUALE * VASCA C.DA ANDREASSI

- 6.1. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA
- 6.2. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA
- 6.3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA
- 6.4. CONCETTO GEOLOGICO TECNICO
- 6.5. MODELLAZIONE GEOTECNICA
- 6.6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA SOTTOSUOLO
- 6.6.1 MAGLIA GEOGRAFICA DI RIFERIMENTO GEOGRAFICO
- 6.6.2 INDAGINE SISMICA * VELOCITA' ONDE DI TAGLIO $V_{s,30}$
- 6.6.3 CATEGORIA "C" DEL SOTTOSUOLO
- 6.6.4 CATEGORIA TOPOGRAFICA * T.1
- 6.7. TERRENI E TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI
- 6.7.1 FONDAZIONI DIRETTE
- 6.7.2 LIMITE ROTTURA * PORTANZA AMMISSIBILE

7. CARATTERIZZAZIONE PROGETTUALE DELLE CONDOTTE

- 7.1. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA
- 7.2. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA
- 7.3. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

8. TERRE E ROCCE DA SCAVO * INDAGINE AMBIENTALE

9. INQUADRAMENTO PROGETTO NEI VINCOLI

- 9.1. VINCOLI SISMICI
- 9.2. PERICOLOSITA' E RISCHIO IDROGEOLOGICI - P.A.I.
- 9.3. PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICI - P.S.D.A.
- 9.4. TERRE E ROCCE DA SCAVO
- 9.5. SITI DI INTERESSE COMUNITARI - S.I.C.
- 9.6. ZONE DI PROTEZIONE SPECIALE - Z.P.S.
- 9.7. PIANO TERRITORR. COORDIN. PROV.LE - P.T.C.P.
- 9.8. VINCOLI IDROGEOL. - PAESAGGISTICI - FORESTALI

10. FATTIBILITA' GELOGICA E GEOTECNICA





CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO
BACINO SALINE - PESCARA - ALENTO - FORO
- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -



Progetto per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile nel
comune di Cugnoli, in provincia di Pescara



**RELAZIONE GEOLOGICA E
RELAZIONE GEOTECNICA**

1. PREMESSE

Nella presente relazione, redatta su incarico dell'Amministrazione del Consorzio di Bonifica Centro, si riporta lo studio dell'ambiente geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico dei suoli coinvolti nel *Progetto Preliminare per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile nel comune di Cugnoli (Pe)* con derivazione di acqua dalla condotta esistente, a confine, nel comune di Alanno (Pe)".

Con lo scopo di definire il campo di competenza sono stati effettuati rilievi ed indagini geognostici - geotecnici - geofisici, che hanno consentito di valutare la stabilità d'insieme delle zone d'interesse e di individuare i problemi, che le condizioni geomorfologiche ed idrauliche, le successioni litostratigrafiche e le caratteristiche idrogeologiche, geotecniche, e sismiche dei terreni di fondazione pongono nelle scelte delle soluzioni progettuali e delle modalità tecnico - costruttive.

1.1. TIPOLOGIA E UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Il progetto dell'*estendimento dell'impianto irriguo* geograficamente si estende nel territorio del comune Cugnoli , in provincia di Pescara; le opere programmate consistono essenzialmente nella realizzazione

- del condotta di adduzione (Vedi CARTA TOPOGRAFICA, in scala 1:25.000),
- all' impianto di sollevamento, ubicata a quota 287 m. slm della contrada Andreassi e quindi
 - alla vasca di accumulo da impostare sul colle della contrada Piassignani , a quota 431 metri slm, da dove, diverse ramificazioni
 - scende la rete di distribuzione dell'impianto irriguo su buona parte del territorio.

1.2. NORME DI RIFERIMENTO

Il territorio del comune di Cugnoli è sottoposto ad alcuni vincoli, dei quali i più significativi e restrittivi, da rispettare, sono regolati dalle seguenti norme di attuazione.

1.2.1 PERICOLOSITA' SISMICA

Le opere progettate per l' *estendimento dell'impianto irriguo* ricadono, con Ordinanza Ministeriale n° 3274 del Presidente del Consiglio dei ministri del 20 luglio 2003, aggiornata al 16 gennaio 2006,

- sul territorio del comune di Cugnoli classificato
 - * ZONA 2, con SISMICITA' MEDIA,
 - ovvero con P.G.A. (peak ground acceleration), con picco di accelerazione al suolo compreso $a_g = 0,15 \div 0,25$ g.

Secondo le vigenti *normative tecniche per le costruzioni*, N.T.C., del D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, della Circolare del 2 febbraio n° 617/C.S. LL.PP. del 14.01.2008, la pericolosità sismica dei siti sarà determinata, a seguito di indagini sismiche all'interno delle allegate

* *MAGLIE GEOGRAFICHE DI RIFERIMENTO.*

1.2.2 PERICOLOSITA' E RISCHIO IDROGEOLOGICI

Nel *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico*, P.A.I., *Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi*, della Regione Abruzzo, adottato in base alla L.R. n° 81 del settembre 1998, con D.G.R. n° 1386 del 29.12.2004 e s.m.i., i suoli sede del progetto irriguo si estendono totalmente (Vedi CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA, in scala 1:25.000) all'interno della perimetrazione delle

- * *Aree in cui non sono stati rilevati dissesti,*
 - ovvero aree in cui non esistono pericoli dal punto di vista delle dinamiche geomorfologiche (Vedi CARTA GEOMORFOLOGICA in scala 1:25.000); consegue che i suoli coinvolti nel progetto (Vedi CARTA DEL RISCHIO DA FRANE, in scala 1:25.000) *non ricadono* all'interno delle perimetrazioni delle

* *AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO.*

1.2.3 PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICI

Nel Piano Stralcio di bacino Difesa Alluvioni, P.S.D.A., adottato in base alla L.R. ed alla D.G.R. riferite, il sito sedime del progetto (Vedi CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA, in scala 1:25.000) ricade fuori delle perimetrazioni delle

* AREE CON PERICOLOSITA' IDRAULICHE.

Consegue che i suoli del progetto (Vedi CARTE DEL RISCHIO IDRAULICO, in scala 1:25.000) non ricadono all'interno delle perimetrazioni delle

* AREE A RISCHIO IDRAULICO

1.3. FASI OPERATIVE

I rilievi, le indagini e lo Studio Geologico - Idrogeologico - Geotecnici condotti per la valutazione della FATTIBILITA' delle opere irrigue da progettare sono stati articolati nelle seguenti Fasi Operative:

- Rilevamento Geomorfologico;
- Rilevamento Idrogeologico;
- Scavo di trincee esploratrici, geognostiche;
- Esecuzione di prove di compressione semplici con il pocket penetrometer;
- Esecuzione di sondaggi tipo *rotary* a carotaggio continuo;
- Esecuzione di prove penetrometriche dinamiche .S.P.T. e D.P.S.H.;
- Prospezioni geofisiche, sismiche.
- Acquisizione dei parametri individuati con indagini eseguiti per altri progetti;
- Analisi della FATTIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA.

1.4. ELABORATI CARTOFOTOGRAFICI - CERTIFICATITI

Alla Relazione Geologica, Geotecnica e geofisica del progetto preliminare per l'estendimento dell'impianto irriguo vengono allegati i seguenti elaborati Cartofotografici e Certificati delle indagini.

I^O - Elaborati cartografici

1 - CARTA TOPOGRAFICA	SCALA 1:25.000
2 - CARTA GEOLOGICA D'ABRUZZO	SCALA 1:50.000
3 - CARTA GEOMORFOLOGICA	SCALA 1:25.000
4 - CARTA PERICOLOSITA' DA FRANE	SCALA 1:25.000
5 - CARTA RISCHIO IDROGEOLOGICO	SCALA 1;25.000
6 - C.T.R. VASCA PIASSIGNANI	SCALA 1: 5.000
7 - C . CATASTALE PIASSIGNANI	SCALA 1: 1.000
8 - C.T.R. SOLLEVAMENTO ANDREASSI	SCALA 1: 5.000
9 - C. CATASTALE SOLLEVAM. ANDREASSI	SCALA 1: 1.000
10 - ORTOFOTOCARTA VASCA PIASSIGNANI	SCALA 1: 5.000
11 - ORTOFOTOCARTA SOLLEV. ANDREASSI	SCALA 1: 5.000
12 - CARTA SISMICA D'ABRUZZO	



II^O - Pericolosità Sismica

a - Vasca di Accumulo c.da Piassignani

13 - MAGLIA RIFERIMENTO GEOGRAFICO VASCA

14 - PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI VASCA
SPETTRI DI RISPOSTA

b - Impianto di Sollevamento c.da Andreassi

15 - MAGLIA RIFERIMENTO GEOGRAFICO

16 - PARAMETRI, COEFFICIENTI SISMICI,
SPETTRI DI RISPOSTA

◇◇◇

III^O - Documentazione Fotografica Trincee

◇◇◇

IV^O - Certificati delle Indagini

- STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI ROTARY

- PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H.

- RAPPORTO INDAGINE SISMICS MASW - REMI

◇◇◇



2. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI REGIONALI

Geomorfologicamente la zona in esame si estende nell' avampaese del massiccio carbonatico del Gran Sasso, nella fascia pedemontana collinare periadriatica, in sinistra del bacino idrografico del fiume Pescara, al quale confluiscono il torrente Cigno e corsi d'acqua minori.

Geolitologicamente la regione, nella quale è inserito il territorio, come rivelata dagli affioramenti delle ripide e profonde incisioni dei corsi d'acqua, dai sondaggi eseguiti non solo per altri progetti ma anche per la ricerca di idrocarburi (56 Cigno 6), è costituita essenzialmente:

*** NEL SETTORE PEDEMONTANO**

dai complessi litologici di transizione dal dominio di piattaforma carbonatica al dominio di sedimentazione pelagica e dai depositi terrigeni quaternari pedemontani di regressione e di facies fluvio-lacustri;

*** NEL SETTORE MONTANO**

dalle formazioni del massiccio carbonatico del Gran Sasso.

2.1 CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI PEDEMONTANI

In particolare, nella fascia pedemontana collinare coinvolta nel progetto irriguo, procedendo dall'alto verso il basso della colonna stratigrafica, dai termini più recenti a quelli più antichi, si incontrano le seguenti formazioni (vedi CARTA GEOLOGICA DELL'ABRUZZO scala 1:25.000).

**** PLEISTOCENE CONTINENTALE**

1.t - ALLUVIONI FLUVIALI TERRAZZATE

prevalentemente ciottolose, ghiaiose e sabbiose; queste alluvioni, che testimoniano la successione di cicli sedimentari, poggiano con entropia di facies ed in discordanza stratigrafica su formazioni marine prevalentemente arenaceo - argillose plioceniche della Formazione Montefino-Cellino, più precisamente la *Formazione del Cellino*:

**** PLIOCENE INFERIORE - FORMAZIONE CELLINO**

La Formazione pliocenica inferiore del Cellino dell'Unità (9.b) derivante dalla deforma-zione della piattaforma carbonatica Apulo - Adriatica è costituita da:

98 - Membro B: torbiditi argillose con megatorbiditi;

- Membro C: cicli arenaceo-argillosi;

- Membro D: torbiditi prevalentemente argillose

spessore B+C+D = 1300 metri;

99 - Membro E: cicli arenaceo-argillosi; spessore 750 metri;

100 - Membro F: argille marnose e tobiditi in stati sottili; spessore \geq 40 metri;

101 - Colombacci: prevalenti argille marnose intercalate a torbiditi gessose; spessore 200 m.

2.2. CARATTERI TETTONICI

Tettonicamente la regione è strutturata ad occidente dalla Unità Carbonatica, nella fascia centrale dall'Unità Torbidica e ad oriente dai sedimenti della piattaforma continentale; nella fascia sedime del progetto affiorano i litotipi del ciclo torbitico ricoperti dai termini fluvio - lacustri e continentali olo-pleistocenici.

Stutturalmente i rapporti tra le formazioni sono stati determinati da cicli tettonici compressivi-distensivi con l'innesco di faglie dirette e l'impostazione di bacini interni.

Le formazioni stratificate sono caratterizzate da immersioni diverse ed inclinazioni comprese tra 5° ÷ 30° .

2.3 CARATTERI STRATIGRAFICI * VASCA E SOLLEVAMENTO

Le località nelle quali si andranno ad insediare la vasca di compenso e l'impianto di sollevamento dell'impianto irriguo in progetto di *estendimento*, in sintesi sono strutturate (Vedi CARTA GEOLOGICA in scala 1:25.000)

* AL TETTO

dalla *COLTRE ELUVIO - COLLUVIALE*, di alterazione e degradazione dei litotipi di successioni marine e, in particolare, dei litotipi argilloso - marnosi - arenacei, formata da limi, limi sabbiosi e limi argillosi da grigiastri a brunastri;

* AL LETTO

in discordanza stratigrafica, dal MEMBRO E (99) della Formazione del Cellino, costituito dalla successione di terreni pliocenici marnoso-arenacei in facies di *flysch*, ammantata dalla esigua *Coltre eluvio-colluviale*, di alterazione e degradazione dei suoi litotipi di successioni marine e, in particolare, dei litotipi argilloso-sabbiosi, formata da limi, limi sabbiosi e limi argillosi da grigiastri a brunastri, a luoghi con concrezioni nodulari di carbonato di calcio più o meno abbondanti, caratterizzati da una struttura interna caotica o con accenni di stratificazione mal definita e discontinua.

2.4. CARATTERI MORFOLOGICI

La morfologia della regione è stata determinata dalla evoluzione di cicli erosivi selettivi, in funzione della resistenza delle formazioni litologiche all'azione disgregatrice degli atmosferici ed in particolar modo dall'azione, prevalente, alternativamente, di erosione, trasporto e sedimentazione delle acque; tale morfogenesi è molto intensa nel bacino idrografico del torrente Cigno e, comunque, anche nei fossi minori, come Fossitello, Marciano e Secco, tutti tributari del fiume Pescara.

Mentre le rocce di copertura, a componente arenacea e marnosa arenacea (98 e 99) dotati di una certa resistenza, hanno dato origine ai rilievi più accentuati, con bordi scoscesi, le formazioni a componente pelitica prevalente (96 e 101), hanno consentito la formazione di una morfologia più uniforme ed armonica; perciò il profilo topografico presenta, localmente, una netta e decisa variazione dei valori clivometrici ai contatti litostratigrafici.

L'azione prevalente di erosione-trasporto del regime torrenziale dei corsi d'acqua ha inciso profondamente il versante ed ha impostato il talweg anche nei depositi a componente prevalentemente ghiaiosa (1.t).

La condotta irrigua dal pozzetto di manovra esistente, ovvero dal punto di prelievo dell'impianto d'estensione, ubicato nella contrada Prati del comune di Alanno, pergiunge all'impianto di sollevamento, da impostare al margine stradale, nella contrada Andreassi del comune di Cugnoli, a quota 287 metri s.l.m..

Dall'impianto di sollevamento la condotta adduttrice, costeggiando il margine della strada comunale, arriva alla contrada San Pietro, a quota 400, all'innesto con la provinciale, e prosegue quindi, costeggiandola, fino a risalire alla vasca di accumulo, da impostare a quota 430 metri s.l.m., sul pianoro collinare della c.da Piassignani.

La condotta adduttrice, nonché la distributrice, insediata perlopiù ai margini delle strade comunali e provinciali, sono caratterizzate da profili topografici con clivometrie contenute, subpianeggianti, interrotte da ondulazioni, comunque sempre omogenei ed armonici.

2.5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Geomorfologicamente nel territorio, nei settori in esame, in armonia con la regione, si possono distinguere tre UNITA' GEOMORFOLOGICHE:

- UNITA' * PIANORI SOMMITALI
- UNITA' * VERSANTI DEI PIANORI SOMMITALI
- UNITA' * FONDOVALLE.

2.4.1 I^A - UNITA' * PIANORI SOMMITALI * STABILI

E' l'unità geomorfologica più elevata; si estende sopra i 330 metri s.l.m. della fascia periadriatica, delle colline interne, colline sulle quali sono insediati anche centri abitati..

I pianori sommitali interessati al progetto irriguo sono strutturati da Membri della Formazione Pleistocenica del Cellino, in particolare:

- * **98** - Membro B: torbiditi argillose con megatorbiditi,
 - Membro C: cicli arenaceo-argillosi,
 - Membro D: torbiditi prevalentemente argillose,
- * **99** - Membro E: cicli arenaceo-argillosi, amalgamati

tutti ammantati da una Coltre Superficiale, di alterazione-disgregazione, eluviale, eluvio-colluviale, più o meno spessa.

Il settore del Pianoro Sommitale sul quale si andrà ad impostare la vasca di compenso della contrada Piassignani e le condotte distributrici e adduttrici, per l'andamento morfologico e per le caratteristiche geotecniche delle strutture litologiche, si estende all'interno della perimetrazione delle aree in cui non sono stati rilevati dissesti, è stabile (Vedi Carta Geomorfologica, in scala 1:25.000 e Carta della Pericolosità da Frane, in scala 1:25.000).

2.5.2 II^A - UNITA' * VERSANTI DEI PIANORI SOMMITALI * STABILI

I versanti dei pianori sommitali si estendono sotto i 330 metri s.l.m, fino alla isoipsa 230 metri s.l.m delle colline e dei fondovalle.

I settori dell'Unità morfologica interessati al progetto irriguo sono strutturati dai termini litologici della Formazione del Callino, ovvero dai

99 - Membro E: cicli arenaceo-argillosi,

100 - Membro F: argille marnose e tobiditi in stati sottili,

101 - Colombacci: prevalenti argille marnose intercalate a tobiditi gessose.

La morfologia dei versanti nei quali si andrà ad alloggiare la condotta adduttrice e distributrice dell'impianto irriguo di estensione, data anche la natura prevalentemente pelitico - marnosa.- arenacea, è caratterizzata da profili topografici armonici ed omogenei, senza emergenze; anche se localmente mostra ondulazioni con variazioni clivometriche accentuate, si può, nel complesso considerare stabile (Vedi Carta Geomorfologica, in scala 1:25.000 e Carta della Pericolosità da Frane, in scala 1:25.000).

2.5.3 III^A - UNITA' * FONDOVALLE * STABILE

La terza unità morfologica interessata al progetto irriguo è individuata dalle aree estese sotto la curva di livello 230 dei bacini idrografici, è strutturata, oltre che da alcuni membri della Formazione del Cellino, in particolare da

100 - Membro F: argille marnose e tobiditi in stati sottili, anche dalle

1.t - Alluvioni Fluviali Terrazzate, ciottolose, ghiaiose e sabbiose.

L'Unità topografica è caratterizzata da topografie subpianeggianti, interrotte, localmente, dai bordi delle scarpate di erosione fluviale, scarpate perlopiù quiescenti o inattive per la vegetazione arborea arbustiva; solo localmente gli alvei fluviali sono soggetti all'azione erosiva delle acque torrenziali, a incisioni profonde dei taluws (Vedi Carta Geomorfologica, in scala 1:25.000)..

I suoli del fondovalle, interessati direttamente al progetto, sono caratterizzati da profili topografici anche se acclivi, comunque senza emergenze geomorfologiche, sono stabili, ovvero sono in aree in cui non esistono pericoli dal punto di vista delle dinamiche geomorfologiche.



3. ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA * PERMEABILITA'



Le premesse geomorfologiche e litostratigrafiche dei territori del comprensorio irriguo consentono di individuare le caratteristiche idrogeologiche ed i coefficienti di permeabilità dei litotipi coinvolti nel progetto (Vedi Carta Idrogeologica in scala 1:25.000).

3.1. CLASSI DI PERMEABILITA'

Idrogeologicamente nelle formazioni si possono distinguere essenzialmente tre classi di permeabilità.

3.1.1. TERRENI PERMEABILI

I Depositi Fluviali Terrazzati (1.t), mediamente con spessori di 5-7 metri, sono permeabili e dotati di un coefficiente $K > 1$ cm/sec.

3.1.2. TERRENI MEDIAMENTE PERMEABILI

La Coltre Superficiale, di degradazione - disgregazione, complesso piuttosto eterogeneo, con spessori variabili, costituita da componenti granulometrici associati in proporzioni diverse, variabili da luogo a luogo; localmente però, la componente sabbiosa e/o detritica conferisce a lenti ed a diversi livelli una certa permeabilità; perciò la "Coltre", per una facile interpretazione del fenomeno idrogeologico di superficie e profondo, può considerarsi prevalentemente limoso-sabbioso con una permeabilità media e quindi un coefficiente $1 < K < 10^{-4}$ cm/sec..

Il Membri della Formazione Cellino sono dotati di un certo grado di permeabilità solo localmente, nei livelli o nelle lenti nei quali prevale la componente arenacea, gessosa; comunque nel contesto si possono assumere come mediamente permeabili.

3.1.3. TERRENI IMPERMEABILI

Il Membri della Formazione del Cellino, la maggior parte, per la componente argillosa, argillosa marnosa, marnosa argillosa predominante sono impermeabili; smantellate della "Coltre", sono rilevabili, per erosione lineare del regime torrenziale, in tratti degli alvei dei corsi d' acqua; si possono assumere come letto impermeabile e quindi con un coefficiente modesto.

3.2 IDROLOGIA PROFONDA

Le caratteristiche litologiche e strutturali, in particolar modo la permeabilità, l'idrografia superficiale e la immersione delle formazioni stratigrafiche dei membri della Formazione del Cellino condizionano il deflusso in profondità delle acque meteoriche; condizionano l'idrologia profonda.

La predominanza della componente argillosa, argillosa marnosa, marnosa argillosa, impermeabile, a diverse profondità, costituisce l'orizzonte di sbarramento alle acque di infiltrazione circolanti nelle formazioni soprastanti strutturate dai

- Terreni Permeabili, alluvionali terrazzati (1.t) e della Coltre Superficiale, a componente sabbiosa e sabbiosa ghiaiosa, e dai

- Terreni Mediamente Permeabili, come i termini litologici arenacei e gessosi della Formazione Cellino.

La tettonica, localmente monoclinale, dei Livelli Impermeabili determina il lento deflusso delle acque permeate in seno ai Terreni Permeabili e Mediamente Permeabili e quindi una presenza idrica in linee preferenziali, profonda.

Localmente tale limite di permeabilità sfiora la superficie topografica, favorendo fenomeni di emergenza idrica; nelle aree collinari le acque di infiltrazione e circolanti nella Coltre, intercettate dai limiti di permeabilità, alimentano una falda acquifera, alquanto modesta e stagionale, la quale affiora nelle vallette formando dei laghetti.





4. INDAGINI E SONDAGGI GEOGNOSTICI E GEOTECNICI

Nelle aree coinvolte nel progetto di *estensione dell'impianto irriguo consortile* nel comune di Cugnoli per accertare:

- la successione litostratigrafica dei terreni ed in particolar modo il tipo, la natura, la giacitura, la successione, la potenza e la consistenza degli strati;
- l'esistenza, la permanenza e la consistenza di una falda acquifera;
- le caratteristiche fisico - meccaniche ed i rapporti esistenti fra le masse rocciose e la fase liquida del sottosuolo, sono stati eseguiti, come programmati, concordati con il Progettista ed autorizzati dagli Amministratori, indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche "IN SITU".

L'ampiezza e le profondità raggiunte, considerata la natura litologica dei terreni, sono risultati sufficienti per la definizione del quadro geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico del Progetto, nonché per la definizione del Concetto Geologico Tecnico, della Sezione Litotecnica, della Modulazione Geotecnica nonché della FATTIBILITA' GEOLOGICA e GEOTECNICA.

4.1. INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE IN SITU

Nei settori sedime del progetto sono stati eseguiti sondaggi geognostici, geotecniche e geofisiche, in particolare sui terreni di fondazione

- della Vasca di compenso della *Contrada Piassignani*, (Vedi Ortofotocarta, in scala 1:5.000 e Topografica 1:25.000) compresa tra le isoipse 430 ÷ 435, sulla particella catastale n. 210 del foglio di mappa n. 9 del comune di Cugnoli (Vedi Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, Planimetria Catastale - Vasca, in scala 1:1.000 e Documentazione Fotografica),
- dell'Impianto di Sollevamento, compreso tra le isoipse 285-290, sulle particelle catastali nn. 213 - 214 del foglio di mappa n. 14 del comune di Cugnoli.

1.1.1 TRINCEE GEOGNOSTICHE

Sul sito della vasca e dell'impianto di sollevamento, con l'escavatore del Consorzio, è stata aperta una trincea esplorativa e sulle pareti sono state eseguite delle prove di compressione rapide con il penetrometro tascabile, per individuare i valori della resistenza in condizioni non drenate (Vedi Documentazione Fotografica),

1.1.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI * "ROTARY"

Sondaggi geognostici sono consistiti nella esecuzione di terebrazioni tipo "rotary" con il sistema del carotaggio continuo ed avanzamento a secco, con diametro di 101 mm., spinti fino alla profondità massima di 20 metri circa dal p.c. (Vedi Stratigrafie).

4.1.3 INDAGINI GEOTECNICHE

Le indagini geotecniche eseguite in situ sono consistite: nelle misure della resistenza alla compressione semplice con il pocket penetrometer, prove penetrometriche dinamiche S.P.T., D.P.S.H. e prove geofisiche - sismiche. (Vedi Planimetria Catastale * Indagini, in scala 1:1.000).

* RESISTENZA A COMPRESSIONE - POCKET TEST

Durante le perforazioni, con lo scopo di accertare le caratteristiche di resistenza alla compressione, sulle carote coesive, opportunamente scortecciate, e sulle pareti della trincee esploratrici, sono state eseguite delle analisi puntuali mediante il pocket penetrometer con fondo scala $\geq 5 \text{ Kg/cm}^2$.

* STANDARD PENETRATION TEST - S.P.T.

Nel corso delle perforazioni, all'interno degli orizzonti granulari o a comportamento assimilabile, al fine di accertare le caratteristiche di resistenza dei terreni prospettati, alle profondità più significative, sono state condotte delle prove penetrometriche dinamiche nel foro, secondo le modalità dettate dalle norme ASTM1586168, consistite nello Standard Penetration Test, S.P.T. (Vedi STRATIGRAFIE) con una attrezzatura costituita da:

- CAMPIONATORE RAYMOND
- PUNTA CONICA DA 50,8 mm e con un ANGOLO di 60°;
- PESO MASSA BATTENTE 63,5 Kg;
- PESO BATTERIA DI ASTE 6,5 Kg/ml;
- ALTEZZA CADUTA MAGLIO 75 cm con dispositivo di guida e sganciamento automatico;
- CENTRATORE DI GUIDA disposto tra la testa di battuta ed il p.c.

Le prove S.P.T. hanno consentito di determinare la resistenza del terreno alla penetrazione dinamica del campionatore infisso sul fondoforo del sondaggio, ovvero di individuare lo stato di addensamento o di consistenza dei litotipi prevalentemente granulari o coesivi.

* DINAMIC PROBING SUPER HEAVY - D.P.S.H.

Le prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H. sono consistite nell'infingere nel terreno verticalmente per battitura, come le S.P.T, una punta conica; le caratteristiche tecniche del penetrometro Pagani (Vedi DPSU - METODOLOGIA DEL LAVORO) sono:

- Peso del maglio 63,5 Kg
- Altezza caduta 75,0 CM
- Area della punta 20 cmq
- Peso delle aste 6,2 Kg/ml
- Penetrazione standard 20 cm N.DPSH

Per l'interpretazione dei risultati delle prove D.P.S.H. (Vedi Stratigrafie e Penetrometrie) sono state utilizzate le Correlazioni N_{DPSH} e N_{SPT} , le quali sono geotecnicamente attendibili soprattutto per i materiali incoerenti, meno per i coesivi.

4.1.4 INDAGINE GEOFISICA * SISMICA MASW E REMI

L'indagine geofisica è stata eseguita per individuare e valutare la velocità delle onde sismiche longitudinali e trasversali nei terreni interessati ai terreni di fondazione della vasca di accumulo e dell'impianto di sollevamento del progetto irriguo di *estendimento* (Vedi Planimetria Catastale * Indagini, in scala 1:1.000), mediante una

- * Prova Sismica attiva del tipo Masw e con una
- * Prova Sismica Passiva del tipo RE.MI.

Le due prove, basate sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh, combinate consentono di caratterizzare geofisicamente al meglio i terreni di fondazione e quindi, sulla base delle N.T.C. D.M. del 14/01/2008, di adeguare le strutture del progetto alle azioni sismiche.

Per l'Indagine Sismica Multicanali MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), nonché per l'Indagine Sismica Re-Mi (Refraction Microtremor), è stata utilizzata una strumentazione costituita da un sismografo multicanale M.A.E. Sysmatrack, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.0667 e 20.0 mS;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del *tempo zero*
- filtri High Pass e Band Reject
- Automatic Gain Control"
- convertitore A/D a 24 bit
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 10 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio - geofoni *base distante in linea*.

In particolare è stato utilizzato il seguente setup:

- 12 geofoni con distanza intergeofonica (Gx) di 2.0 metri;
- n.1 energizzazioni ad offset (Dx) 5 m;
- passo di campionatura pari a 500 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 4.096 sec.

A seguire con lo stesso stendimento è stata effettuata un'acquisizione RE.MI:

- Registrazione di 15 tracce da 60 s.;
- Campionamento 1000 sps;
- Guadagno massimo.

4.1.5 CATEGORIE DEL SOTTOSUOLO

Per individuare la categoria del sottosuolo, necessaria per definire l'azione sismica, si è fatto riferimento alla seguente Tabella 3.2.II delle N.T.C./2008.

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo 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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo 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_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo 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).

4.2. RILIEVI LITOSTRATIGRAFICI E IDROGEOLOGICI

I parametri litologici acquisiti con indagini e prove in situ sono stati:

- comparati con i dati rilevati dalle successioni litostratigrafiche in mostra sulle scarpate, sulle sponde e sul fondo degli alvei del corso d'acqua del reticolo idrografico, ed
- integrati con i dati storici ed idrogeologici dei pozzi scavati per uso domestico nei settori del progetto irriguo ed in quelli finitimi.

Comunque i dati acquisiti con i rilievi, le indagini dirette, nonché con le *indagini storiche*, consentono di definire, in modo esaustivo, con sufficiente precisione, i parametri litologici, idrogeologici e geotecnici dei litotipi coinvolti nel progetto.



5. CARATTERIZZAZIONE PROGETTUALE * VASCA PIASSIGNANI



Sulla base dei dati geognostici, geotecnici, geofisici ed idrogeologici acquisiti con le indagini eseguiti in situ, in particolare con la trincea, il pocket penetrometer, il sondaggio a carotaggio, le prove penetrometriche S.P.T., D.P.S.H. e sismiche si può definire la caratterizzazione progettuale dei terreni di fondazione della vasca da costruire nella contrada Piassignani (Vedi Ortofotocarta e C.T.R., in scala 1:5.000, e Planimetria Catastale * Indagini, in scala 1:1.000).

5.1. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Nella colonna litostratigrafica *tipo* di questo settore, strutturato dai litotipi della successione ciclica arenaceo - argillosa (99) della Formazione Cellino (99) (Vedi Carta Geologica, in scala 1:25.000), ammantata da una coltre di alterazione - disgregazione eluviale; i sondaggi e le prove geotecniche hanno individuato due orizzonti:

A - ORIZZONTE LIMOSO SABBIOSO

Sotto il terreno vegetale, mediamente fino alla profondità di 2,50 metri del p.c. si rinviene terreni di colore avana (Vedi Foto nn.1 e 2), prevalentemente limosi sabbiosi e sabbiosi argillosi, più o meno argilloso, con $N_{SPT} \geq 10$ (Vedi Stratigrafia S.1 e Prova DPSH), quindi con un addensamento di *compatto, moderatamente addensato*, come si può rilevare dalle Tabelle di Correlazione Parametriche di seguito allegate.

B - ORIZZONTE ARGILLOSO MARNOSO

Sotto i 2,50 metri di profondità dal p.c. s'incontrano

- al tetto: limi argillosi e argilla marnosa di colore avana e con livelli grigiastri, mediamente con $q_w \text{ Kg/cm}^2$ e $N_{SPT} \geq 8$ (Vedi Stratigrafia S.1 e Prove DPSH), ovvero allo stato fisico da *mediamente consistente a consistente*;

- al letto: argille marnose e marne argillose grigiastre, con $q_w \geq 30 \text{ Kg/cm}^2$ e $N_{SPT} \geq 50$ allo stato fisico da *molto consistente a duro*

5.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Nel settore indagato l'Orizzonte Argilloso Marnoso impermeabile non consente il deflusso in profondità delle acque meteoriche infiltrate nella Coltre eluviale e preclude una presenza idrica, di una falda acquifera.

5.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le prove penetrometriche dinamiche SPT e DPSH, nonché di compressione semplice, forniscono i valori della resistenza alla rottura e consentono di definire i caratteri geomeccanici degli orizzonti litostratigrafici del sito della vasca di accumulo di Cugnoli.

Più precisamente, dalle Tabelle di Correlazione Parametrica in funzione dei valori dei N_{SPT} di Terzaghi - Peck sono stati individuati (Vedi § 5.1):

* il GRADO DI ADDENSAMENTO dei terreni granulari, incoerenti, a componente sabbiosa, ovvero la Densità Relativa, D_r , e Resistenza al Taglio, ϕ ;

Num Colpi <i>N_{s.P.T.}</i>	VALUTAZIONE DELLO STATO DI ADDENSAMENTO - Tezaghi * Peck -
< 4	Sciolto
4 - 10	Poco addensato
10 - 30	Moderatamente addensato
30 - 50	Addensato
> 50	Molto addensato

CORRELAZIONE PARAMETRICA DI RESISTENZA CON N-SPT
- Tezaghi * Peck 1948 -

Num.colpi N.SPT	Terreno incoerente Addensamento	Dens.Rel. D_r	Ang. Att. ϕ
< 04	Molto Sciolto	< 0,2	< 30°
04 -10	Sciolto	0,2 - 0,4	30° - 35°
10 - 30	Compatto	0,4 - 0,6	35° - 40°
> 30	Denso	> 0,6	> 40°

* lo STATO DI CONSISTENZA dei granulari coesivi, a componente argillosa, ovvero la coesione non drenata q_w Kg/cm²

Penetrometro S. Nc per piede	Terreno coesivo Consistenza	q_w Kg/cm ²
≤2	Molto Sciolto	
2 - 4	molle	2 - 4
4 - 8	Mediamente compatto	4 - 8
8 - 15	consistente	8 - 15
15 - 30	Molto consistente	15 - 30
≥ 30	Duro	≥ 30

5.4 CONCETTO GEOLOGICO - TECNICO

In definitiva ed in sintesi il sedime della vasca in progetto è strutturato da:

1° - STRATO SUPERFICIALE

Fino a 2,50 metri di profondità dal p.c. da un terreno prevalentemente limoso - sabbioso, più o meno argilloso, *moderatamente addensato*;

2° - STRATO PROFONDO

sotto 2,50 metri di profondità dal p.c. da un terreno prevalentemente argilloso marnoso allo stato fisico da *consistente* a *duro*.

* - FALDA ACQUIFERA : assente

5.5 MODELLAZIONE GEOTECNICA

In sintesi finale, con cautela, assumendo parametri fisico - meccanici mediati per difetto, si possono distinguere e definire geotecnicamente i litotipi stratigrafici, ovvero si può individuare il seguente modello geotecnico, al quale il *Progettista Calcolatore* potrà fare riferimento per la progettazione della *Vasca Piassignani*.

* MODELLAZIONE GEOTECNICA *					
<i>- Sezione litotecnica</i>					
VASCA DI ACCUMULO DELLA CONTRADA PIASSIGNANI					
PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE					
DISCREZIONE DEI LITOTIPI <i>- stato fisico -</i>	Strati- grafia	γ Kg/dm ³	Cu Kg/cm ²	Φ (°)	Dr %
* STRATO LIMOSO SABBIOSO - fino a 2,50 metri dal p.c. - compatto		1,95	1,80	36	56
* FALDA ACQUIFERA		assente			
* STRATO ARGILLOSO MARNOSO - sotto 2,50 metri dal p.c. - da <i>consistente a duro</i>		2,25	2,65	≥ 45	≥ 90

γ = peso di volume naturale
 Φ = angolo di resistenza al taglio

Cu = coesione non drenata
 Dr = densità relativa



5.6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO DEL PROGETTO

Il territorio del comune di Cugnoli, all'interno del quale si inserisce il suolo indagato, sedime della vasca di accumulo della contrada Piassignani:

secondo l'Ordinanza Ministeriale n. 3274 del 29 marzo 2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, ricade in (Vedi Carta della Sismicità D'Abruzzo)

* ZONA 2, con SISMICITA' MEDIA,

ovvero con P.G.A. (peak ground acceleration), con picco di accelerazione al suolo compreso $a_g = 0,15 \div 0,25 g$.

5.6.1 MAGLIA GEOGRAFICA DI RIFERIMENTO

Secondo le vigenti normative tecniche di costruzione, N.T.C. del 14.01.2008, il valore dell'accelerazione orizzontale a_g nel settore va determinato riferendolo ad un reticolo definito in termini di coordinate geografiche ED50 e WGS84,

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 42,2941900[°]

Latitudine (ED50): 42,2951600[°]

Longitudine (WGS84):13,9416600[°]

Longitudine (ED50):13,9425600[°]

La maglia di appartenenza, individuata dai vertici, 4 punti dei 10.751, consente di calcolare, oltre ai valori di a_g , anche i valori massimi del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 ed il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T'_0 (Vedi Parametri, Coefficienti Sismici e Spettri di Risposta).

Le Coordinate dei 4 punti vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento, che contiene il sito ed i valori della distanza rispetto al punto in esame sono riportati nella tabella di seguito allegata.

Punto	ID	Latitudine (ED50)[°]	Longitudine (ED50)[°]	Distanza[m]
1	26757	42,284280	13,895690	1785,45
2	26758	42,284030	13,963240	4455,67
3	26536	42,334030	13,963610	6075,82
4	26535	42,334280	13,896010	4499,46

5.6.2 INDAGINE SISMICA * VELOCITA' ONDE DI TAGLIO $V_{s,30}$

Per determinare le pericolosità sismiche, in funzione delle caratteristiche geomeccaniche del sito del progetto ed in particolare della velocità di propagazione delle onde sismiche fino a 30 metri di profondità dal piano di fondazione, il Tecnico Incaricato potrà fare riferimento alla caratterizzazione sismica dei suoli di fondazione, di seguito definita, sulla base della Caratterizzazione Morfologica, Litologica, Idrogeologica, Geotecnica del suolo e, soprattutto sulla base dei dati acquisiti con l'indagine geofisica eseguita Prove Sismiche Multicanali MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), nonché Sismica RE.MI (Refraction Microtremor),

La Metodologia MASW, la Strumentazione usata e l'Elaborazione dei dati sono state già descritte sufficientemente al paragrafo 4.1.4

Il valore delle velocità delle onde di taglio registrati nei primi 30 metri di profondità dei terreni di fondazione della vasca di accumulo di Piassignani è

$$V_{s,30} = 538 \text{ m/s (Vedi Quaderno delle Indagini).}$$

5.6.2 CATEGORIA "B" DEL SOTTOSUOLO

In definitiva i terreni del profilo litotecnico dell'area di progetto sono da ascrivere alla CATEGORIA "B" DEL SOTTOSUOLO di fondazione previsto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/C.S.LL.PP.), la quale è costituita, mediamente, (Vedi § 4.1.5 * Tab. 3.2.II) da *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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina.*

Nella fattispecie trattasi di *Depositi di terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e quindi da valori:

- * Velocità di Diffusione delle Onde Sismiche: $360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800 \text{ m/s}$;
- * Terreni a Grana Fina: $c_{u,30} \geq 250 \text{ kPa}$

5.6.3 CATEGORIA TOPOGRAFICA * T.1

Considerando il settore indagato morfologicamente dotato di una configurazione superficiale semplice per definire la sua condizione topografica si può adottare la classificazione della Tabella 3.2.IV - *Categorie topografiche* delle N.T.C./2009:

* CATEGORIA TOPOGRAFICA → T.1, trattasi di una superficie pianeggiante, ovvero di pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.



5.7. TERRENI E TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI

In funzione della forma, delle dimensioni, degli impegni statici progettuali e dei costi, i terreni di fondazione della vasca di accumulo e dell'impianto di sollevamento della contrada Piassignani si deve individuare nello strato profondo, marnoso, adottando Fondazioni Superficiali, del *Tipo Diretto*.

5.7.1. FONDAZIONI DIRETTE

Lo *Strato Argilloso Marnoso*, nel quale attestare la vasca di accumulo, è stato rinvenuto a profondità facilmente accessibile al mezzo meccanico, sotto la Coltre Superficiale, sotto 2,50 metri di profondità; i limi argillosi e l'argilla marnosa del tetto dell'Orizzonte B hanno fatto registrare ai penetrometri dinamici mediamente q_w Kg/cm² e $N_{SPT} \geq 8$ (Vedi Stratigrafia S.1 e Prove DPSH), uno stato fisico *consistente*.

Data l'affidabilità geotecnica dell'*Orizzonte Argilloso Marnoso*, il Progettista optando per le fondazioni del tipo dirette, per le verifiche statiche potrà fare riferimento alla Modellazione Geotecnica (Vedi § 5.5.) e, a favore della cautela, sinteticamente potrà assumere i seguenti parametri geomeccanici

- PESO DI VOLUME $\gamma = 2,00$ Kg/dm³
- ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO $\phi = 45^\circ$
- COESIONE NON DRENATA $C_u = 2,55$ Kg/cm²
- FALDA ACQUIFERA = *a s s e n t e*

5.7.2 LIMITE ROTTURA * PORTANZA AMMISSIBILE

Indicativamente, per la verifica dei limiti di rottura, ovvero per individuare la *portanza* delle fondazioni dirette, utilizzando il classico metodo di Terzaghi, sviluppato e modificato da vari autori (Vesic e Brinch-Hansen) con l'introduzione di fattori correttivi, i quali tengono conto delle dimensioni B (1 metro) ed L (1 metro) della fondazione, della profondità del piano di posa (- 3,50 metri), dell'inclinazione (< 1°%) e della eccentricità, secondo l'espressione generale:

$$Q_{ult} = C N_c s_c d_c i_c + s_v N_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma;$$

applicando un fattore di sicurezza pari a tre, si avrà:

$$P_{RESSIONI AMMISSIBILI}: Q_{amm} = q_{ult} / 3 \geq 2,50 \text{ kg/cm}^2 (=250 \text{ MPa}).$$



6. CARATTERIZZAZIONE PROGETTUALE * IMPIANTO SOLLEVAMENTO C.DA ANDREASSII



Sulla base dei dati geognostici, geotecnici, geofisici ed idrogeologici acquisiti con le indagini eseguiti in situ, in particolare mediante lo scavo di una trincea, le prove con il pocket penetrometer; il sondaggio a carotaggio, le prove penetrometriche dinamiche SPT, D.P.S.H. e sismiche si può definire la caratterizzazione progettuale dei terreni di fondazione dell'impianto di sollevamento da ubicare nella contrada Andreassi (Vedi Ortofotocarta e C.T.R., in scala 1:5.000, e Planimetria Catastale * Indagini, in scala 1:1.000).

6.1. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Nella colonna litostratigrafica *tipo* di questo settore, i sondaggi hanno individuato due orizzonti:

A - ORIZZONTE LIMOSO SABBIOSO

Sotto il terreno agrario, tra 0,90 ÷ 5,00 metri di profondità dal p.c., si rinviene terreni di colore avana, (Vedi Foto nn.3 e 4) costituiti prevalentemente da limi sabbiosi e sabbiosi argillosi di colore avana, mediamente con $N_{SPT} \geq 10$ (Vedi Stratigrafia S.1 e Prova DPSH), quindi con un addensamento di *compatto, moderatamente addensato*, come si può rilevare dalle Tabelle di Correlazione Parametriche di seguito allegate.

B - ORIZZONTE ARGILLOSO MARNOSO

Sotto i 5 metri di profondità dal p.c. s'incontra al tetto argilla e limi argillosi di colore avana con livelli grigiastri, al letto argilla marnosa grigiastra, mediamente con q_w Kg/cm² e $N_{SPT} \geq 8$ (Vedi Stratigrafia S.1 e Prove DPSH), quindi allo stato fisico da *mediamente consistenti a molto consistenti*.

6.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Nel settore indagato l'Orizzonte Argilloso Marnoso impermeabile non consente il deflusso in profondità delle acque meteoriche infiltrate nella Coltre eluviale e preclude una presenza idrica, di una falda acquifera.

6.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le prove penetrometriche dinamiche SPT e DPSH, nonché di compressione forniscono i valori della resistenza alla rottura e quindi consentono di definire i caratteri geomeccanici degli orizzonti litostratigrafici che strutturano il settore.

Più precisamente, dalle Tabelle di Correlazione Parametrica in funzione dei valori dei N_{SPT} di Terzaghi - Peck si è individuato:

* il GRADO DI ADDENSAMENTO dei terreni granulari, incoerenti, a componente sabbiosa, ovvero la Densità Relativa, D_r , e Resistenza al Taglio, φ ;

CORRELAZIONE PARAMETRICA DI RESISTENZA CON N-SPT

- Tezaghi * Peck 1948 -

Num.colpi N _{SPT}	Terreno incoerente Addensamento	Dens.Rel. D _r	Ang. Att. φ
< 04	Molto Sciolto	< 0,2	< 30°
04 -10	Sciolto	0,2 - 0,4	30° - 35°
10 - 30	Compatto	0,4 - 0,6	35° - 40°
> 30	Denso	> 0,6	> 40°

Num Colpi N _{S.P.T.}	VALUTAZIONE DELLO STATO DI ADDENSAMENTO - Tezaghi * Peck -
< 4	Sciolto
4 - 10	Poco addensato
10 - 30	Moderatamente addensato
30 - 50	Addensato
> 50	Molto addensato

* lo STATO DI CONSISTENZA dei granulari coesivi, a componente argillosa, ovvero la coesione non drenata q_w Kg/cm²

Penetrometro S. Nc per piede	Terreno coesivo Consistenza	q_w Kg/cm ²
≤2	Molto Sciolto	≤ 2
2 - 4	molle	2 - 4
4 - 8	Mediamente compatto	4 - 8
8 - 15	consistente	8 - 15
15 - 30	Molto consistente	15 - 30
≥ 30	Duro	≥ 30

6.4 CONCETTO GEOLOGICO - TECNICO

In definitiva il sito del progetto è strutturato da:

1° - STRATO SUPERFICIALE

Sotto il terreno agrario, da 0,90 a 5,00 metri di profondità si rinviene un terreno a componente limoso sabbiosa, con un addensamento di *compatto*, *moderatamente addensato*;

2° - STRATO PROFONDO

sotto i 5,00 metri di profondità dal p.c. giace un terreno prevalentemente argilloso marnoso, allo stato fisico mediamente di *Consistente*.

* - FALDA ACQUIFERA : assente

6.5 MODELLAZIONE GEOTECNICA

In sintesi finale, con cautela, assumendo parametri fisico-meccanici mediati per difetto, si possono distinguere e definire geotecnicamente i litotipi stratigrafici, ovvero per i terreni di fondazione dell'impianto di sollevamento, si può individuare il seguente modello geotecnico, al quale il *PROGETTISTA CALCOLATORE* potrà fare riferimento.

* MODELLAZIONE GEOTECNICA *					
<i>- Sezione litotecnica -</i>					
IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO C:DA ANDREASSI					
PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE					
DISCREZIONE DEI LITOTIPI <i>- stato fisico -</i>	Strati- grafia	γ Kg/dm ³	Cu Kg/cm ²	ϕ (°)	Dr %
* STRATO LIMOSO SABBIOSO - tra 0,90÷ 5,00 metri dal p.c. - <i>moderatamente addensato</i>		1,78	0,75	34	0,4
* FALDA ACQUIFERA		assente			
* STRATO ARGILLOSO MARNOSO - sotto 5,00 metri dal p.c. - <i>mediamente consistente</i>		2,05	2,35	----	-----

γ = peso di volume naturale

ϕ = angolo di resistenza al taglio

Cu = coesione non drenata

Dr = densità relativa



6.6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO DEL PROGETTO

Il territorio del comune di Cugnoli, all'interno del quale si inserisce il suolo indagato, sedime dell'impianto di sollevamento della contrada Andreassi:

secondo l'Ordinanza Ministeriale n. 3274 del 29 marzo 2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, ricade in (Vedi Carta Sismica d'Abruzzo)

* ZONA 2, con SISMICITA' MEDIA,

ovvero con un P.G.A. (peak ground acceleration), con picco di accelerazione al suolo compreso tra $a_g = 0,15 \div 0,25 g$.

6.6.1 MAGLIA GEOGRAFICA DI RIFERIMENTO

Secondo le vigenti normative tecniche di costruzione, N.T.C. del 14.01.2008, il valore dell'accelerazione orizzontale a_g nel settore va determinato riferendolo ad un reticolo definito in termini di coordinate geografiche ED50 e WGS84,.

Coordinate geografiche del punto:

Latitudine (WGS84): 42,2941900[°]

Latitudine (ED50): 42,2951600[°]

Longitudine (WGS84): 13,9416600[°]

Longitudine (ED50): 13,9425600[°]

La maglia di appartenenza, individuata dai vertici, 4 punti dei 10.751, consente di calcolare, oltre ai valori di a_g , anche i valori massimi del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 ed il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T'_c (Vedi Parametri, Coefficienti Sismici e Spettri di Risposta).

Le Coordinate dei 4 punti vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento, che contiene il sito ed i valori della distanza rispetto al punto in esame sono riportati nella tabella di seguito allegata.

Punto	ID	Latitudine (ED50)[°]	Longitudine (ED50)[°]	Distanza[m]
1	26757	42,284280	13,895690	4040,62
2	26758	42,284030	13,963240	2103,58
3	26536	42,334030	13,963610	4656,01
4	26535	42,334280	13,896010	5794,23

6.6.2 INDAGINE SISMICA * VELOCITA' ONDE DI TAGLIO $V_{s,30}$

Per determinare le pericolosità sismiche, in funzione delle caratteristiche geomeccaniche del sito del progetto ed in particolare della velocità di propagazione delle onde sismiche fino a 30 metri di profondità dal piano di fondazione, il Tecnico Incaricato potrà fare riferimento alla caratterizzazione sismica dei suoli di fondazione, di seguito definita, sulla base della Caratterizzazione Morfologica, Litologica, Idrogeologica, Geotecnica del suolo e, soprattutto sulla base dei dati acquisiti con l'indagine geofisica eseguita con Prove Sismiche Multicanali MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), nonché Sismica RE.MI (Refraction Microtremor),

La Metodologia MASW, la Strumentazione usata e l'Elaborazione dei dati sono state già descritte sufficientemente al paragrafo 4.1.4

In definitiva il valore delle velocità delle onde di taglio registrati nei primi 30 metri di profondità dei terreni di fondazione dell'impianto di sollevamento è

$$V_{s,30} = 335 \text{ m/s (Vedi Quaderno delle Indagini).}$$

6.6.3 CATEGORIA "C" DEL SOTTOSUOLO

In definitiva i terreni del profilo litotecnico dell'area di progetto sono da ascrivere alla CATEGORIA "C" DEL SOTTOSUOLO di fondazione previsto dalle Nuove Norme Tecniche per le di Costruzioni (Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/C.S.LL.PP.), la quale è costituita, mediamente, (Vedi Tab. 3.2.II) da *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Nella fattispecie trattasi di *Depositi di 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:

- * Velocità di Diffusione delle Onde Sismiche: $180 \text{ m/s} < V_{s30} < 360 \text{ m/s}$;
- * terreni a grana fina: $70 < C_{u,30} < 250 \text{ kPa}$

6.6.4 CATEGORIA TOPOGRAFICA * T.1

Considerando il settore indagato morfologicamente dotato di una configurazione superficiale semplice per definire la sua condizione topografica si può adottare la classificazione della Tabella 3.2.IV - *Categorie topografiche* delle NTC/09:

* CATEGORIA TOPOGRAFICA → T.1, trattasi di una superficie pianeggiante, ovvero di pendii con inclinazione mediamente $i \leq 15^\circ$.



6.7. TERRENI E TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI

In funzione della forma, delle dimensioni e soprattutto degli impegni statici progettuali decisamente modesti, i terreni di fondazione dell'impianto di sollevamento della contrada Andreassi si possono individuare nello strato superficiale, limoso sabbioso adottando Fondazioni Superficiali, del Tipo Diretto.

6.7.1. FONDAZIONI DIRETTE

Lo Strato Superficiale è stato rinvenuto da 0,90 fino a 5,00 metri di profondità, terreno a componente prevalentemente limosa sabbiosa, allo stato fisico, mediamente, di *moderatamente addensato*.

Il Progettista per le verifiche statiche potrà fare riferimento alla Modellazione Geotecnica (Vedi § 6.5) e quindi, a favore della cautela, potrà assumere i seguenti parametri geomeccanici

- PESO DI VOLUME	$\gamma = 1,77 \text{ Kg/dm}^3$
- ANGOLO RESISTENZA AL TAGLIO	$\phi = 34^\circ$
- COESIONE NON DRENATA	$C_u = 0,75 \text{ Kg/cm}^2$
- FALDA ACQUIFERA	= a s s e n t e

6.7.2 LIMITE ROTTURA * PORTANZA AMMISSIBILE

Indicativamente, per la verifica dei limiti di rottura, ovvero per individuare la *portanza* delle fondazioni dirette, utilizzando il classico metodo di Terzaghi, sviluppato e modificato da vari autori (Vesic e Brinch-Hansen) con l'introduzione di fattori correttivi, i quali tengono conto delle dimensioni B (1 metro) ed L (1 metro) della fondazione, della profondità del piano di posa (- 0,80 metri), dell'inclinazione (< 1°%) e della eccentricità, secondo l'espressione generale:

$$Q_{ult} = C N_c s_c d_c i_c + s_v N_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma;$$

applicando un fattore di sicurezza pari a tre, si avrà:

$$\text{PRESSIONI AMMISSIBILI: } Q_{amm} = Q_{ult} / 3 \geq 145 \text{ MPa (1,45 kg/cm}^2\text{)}.$$



7. CARATTERIZZAZIONE PROGETTUALE DELLE CONDOTTE

Sulla base dei dati litostratigrafici storici ed acquisiti con le indagini si può definire sinteticamente la caratterizzazione progettuale dei terreni in cui alloggiare la rete delle condotte irrigue in progetto.

Le indagini sono consistite:

- nel rilevamento litologico dei litotipi affioranti sui versanti collinari, sulle sponde e sul fondo dell'alveo dei corsi d'acqua

- nella esecuzione di prove di compressione rapide mediante il pocket penetrometer nei terreni coesivi e pseudocoesivi;

- nel rilievo del livello piezometrico con scandaglio elettroacustico nei pozzi scavati a suo tempo per uso domestico;

I parametri rilevati sono stati comparati con i dati delle indagini eseguite nel sito della vasca di compenso e dell'impianto di sollevamento e con i dati storici individuati per altri lavori eseguiti nei settori del progetto ed in quelli finitimi geologicamente simili.

7.1 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

I settori del territorio di Cugnoli, nei quali si andrà ad insediare la rete delle condotte irrigue adduttrice e distributrice, sono strutturati dai litotipi individuati nell'allegata Carta Geologica in scala 1:25.000, ammantati da una coltre eluviale o colluviale, o eluvio-colluviale.

In particolare nel progetto di *estensione* dell'impianto irriguo consortile si possono distinguere nei diversi settori geologici due orizzonti:

A - ORIZZONTE LIMOSO SABBIOSO

Sotto il terreno agrario, a profondità comprese tra 0,90 ÷ 1,80 metri circa dal p.c. si rinviene La *Coltre*, ovvero il mantello di alterazione-disgregazione, eluvio-colluviale, il quale è costituito da una terra sciolta, a struttura rimaneggiata e caotica, con componente prevalentemente sabbioso - limosa, argillosa - limosa, localmente con frustoli ghiaiosi.

B - ORIZZONTE * SUBSTRATO GEOLOGICO

Sotto 1,80 metri circa dal p.c., giace il substrato geologico costituito dai Membri della Formazione Cellino, i quali strutturano la maggior parte dei settori del territorio coinvolti nel progetto della rete delle condotte irrigue (Vedi CARTA GEOLOGICA - *Tracce*); la rimanente parte dei settori in cui allocare le condotte è strutturata dalle Alluvioni Fluviali (1.t) prevalentemente ghiaiose, in matrice, più o meno abbondante, sabbiosa limosa argillosa.

7.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

L'ORIZZONTE LIMOSO SABBIOSO, per le profondità (≤ 2 metri dal p.c.) nel quale si andrà a collocare la rete delle condotte irrigue, non è coinvolto nelle oscillazioni piezometriche della falda acquifera eventualmente presente.

7.3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini geognostico - geotecniche eseguite consentono di individuare i parametri geotecnici dei litotipi che strutturano la COLTRE ed il SUBSTRATO.

Indicativamente, assumendo parametri fisico-meccanici mediati per difetto, si può individuare il seguente modello geotecnico, al quale il *PROGETTISTA*, *all'occorrenza*, potrebbe fare riferimento.

* MODELLAZIONE GEOTECNICA *					
<i>- Sezione litotecnica</i>					
CONDOTTE ADDUTTRICE E DISTRIBUTRICI					
PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI DI FONDAZIONE					
DISCREZIONE DEI LITOTIPI <i>- stato fisico -</i>	Strati- grafia	γ Kg/dm ³	Cu Kg/cm ²	ϕ (°)	Dr %
* STRATO LIMOSO SABBIOSO <i>- tra 0,90 ÷ 1,8 metri dal p.c.</i> <i>- mediamente sciolto</i>		1,70	0,00	21	0,3
* FALDA ACQUIFERA		assente			
* SUBSTRATO GEOLOGICO <i>- sotto 1,80 metri dal p.c.</i> <i>- mediamente compatto</i>		1,92	0,00	42	53

γ = peso di volume naturale
 ϕ = angolo di resistenza al taglio

Cu = coesione non drenata
 Dr = densità relativa



8. TERRE E ROCCE DA SCAVO * INDAGINE AMBIENTALE



Per quanto concerne le *terre e rocce da scavo*, prodotte per impostare le *fondazioni* delle opere in progetto, con riferimento alle modifiche introdotte alle procedure tecniche, amministrative ed autorizzative apportate dall'art. 2, comma 23 del D.lgs n. 4/2008, a quanto disposto dall'art. 186 del D.lgs. n. 152/2006, *Norme in Materia Ambientale*, è stata condotta una *indagine ambientale* dei siti del progetto.

Più in particolare:

- l'area è stata inquadrata geologicamente, con particolare attenzione alla successione litostratigrafica del sottosuolo ed alla sua idrologia profonda;
- è stata condotta un'analisi storico - ambientale delle attività svolte dall'uomo nel sito ed in quelli circostanti, con particolare riferimento agli insediamenti e/o alle antropizzazioni; nonché
- è stata effettuata un'attenta verifica delle fonti di pressioni ambientali eventualmente subite nel tempo.

Alla luce dei dati acquisiti per quanto concerne

- l'inquadramento geoidrologico si rimanda ai §§ nn. 2.1 e 3.3 della presente *Relazione Geologica*;
- l'analisi storico-ambientale, basata sulla disamina delle cartografie e sulle informazioni acquisite con le interviste degli indigeni più longevi, risulta che i terreni indagati e di quelli circostanti sono stati utilizzati, a memoria d'uomo, sempre ai fini agricoli; emerge che
- i terreni sedime del progetto non sono contaminati, ovvero non hanno mai, storicamente, subito pressioni ambientali, e quindi non sono stati mai sottoposti ad interventi di bonifica.

In fine, poiché le *terre e le rocce da scavo*, prodotte per impostare le condotte adduttrici e distributrici, la vasca di accumulo della contrada Piassignani e l'impianto di sollevamento della contrada Andreassi, saranno riutilizzate esclusivamente per il rinterro delle condotte e per il rimodellamento dei siti recintati dei manufatti del progetto, non si ravvisa la necessità di ulteriori verifiche analitiche.



9. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO NEI VINCOLI



Per la completezza dello studio eseguito vengono richiamati ed analizzati i vincoli esistenti sui territori coinvolti in progetto; più in particolare come si inquadrano le opere irrigue nei riguardi dei vincoli.

9.1. VINCOLI SISMICI

Le opere irrigue programmate ricadono, con Ordinanza Ministeriale n° 3274 del Presidente del Consiglio dei ministri del 20 luglio 2003, aggiornata al 16 gennaio 2006, su territori classificati

* *ZONA 2, con SISMICITA' MEDIA,*

ovvero con P.G.A. (peak ground acceleration), con picco di accelerazione al suolo compreso $a_g = 0,15 \div 0,25$ g.

Secondo le vigenti normative tecniche per le costruzioni, N.T.C. del D.M. Infrastrutture del 14.01.2008, della Circolare del 2 febbraio n° 617/C.S. LL.PP, la pericolosità sismica dei siti è stata determinata, a seguito di indagini sismiche adeguate, all'interno di *Maglie Geografiche di Riferimento*.

9.2. PERICOLOSITA' E RISCHIO IDROGEOLOGICI

Nel Piano *Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi*, della Regione Abruzzo, adottato in base alla L.R. n° 81/998, con D.G.R. n° 1386/2004 e s.m.i., i suoli sede delle vasche di compenso, dell' impianto di sollevamento, delle condotte irrigue si estendono totalmente (Vedi CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA, in scala 1:25.000) all'interno della perimetrazione delle

* *Aree in cui non sono stati rilevati dissesti,*

ovvero aree in cui non esistono pericoli dal punto di vista delle dinamiche geomorfologiche (Vedi CARTA GEOMORFOLOGICA in scala 1:25.000); ovvero i suoli del progetto (Vedi CARTA DEL RISCHIO DA FRANE, in scala 1:25.000) *non ricadono* all'interno delle perimetrazioni delle *Aree a rischio idrogeologico*.

9.3. PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICI

Nel Piano *Stralcio di bacino Difesa Alluvioni, P.S.D.A.*, adottato in base alla L.R. ed alla D.G.R. riferite, i siti sedime del progetto (Vedi CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA, in scala 1:25.000) *ricade fuori* delle perimetrazioni delle *Aree con Pericolosità Idrauliche*, ovvero (Vedi CARTE DEL RISCHIO IDRAULICO, in scala 1:25.000) *non ricadono* all'interno delle perimetrazioni delle *Aree a Rischio Idraulico*.

9.4. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per le terre e le rocce, che si andrà a produrre con gli scavi per impostare le vasche di accumulo, l'impianto di sollevamento e le condotte adduttrici e distributrice, si farà riferimento all' art. 186 del D.lgs. n. 152/2006, *Norme in Materia Ambientale*, ed alle s.m.ed i. (Vedi Cap. 8.)

9.5. VINCOLI DEI SITI DI INTERESSE COMUNITARIO * S.I.C.

Nei territori interessati al progetto irriguo non esistono Siti di Interesse Comunitario; ovvero le opere progettate non ricadono all'interno delle perimetrazioni dei SITI DI INTERESSE COMUNITARIO, S.I.C..

9.6. VINCOLI DELLE ZONE DI PROTEZIONE SPECIALE * Z.P.S.

Nei territori interessati al progetto irriguo non esistono Zone di Protezione Speciali; ovvero le opere progettate non ricadono all'interno delle perimetrazioni di ZONE delle PROTEZIONE SPECIALI.

9.7. VINCOLI DEL PIANO TERR. COORDINAMENTO PROV.LE * P.T.C.P.

Nei territori interessati al progetto irriguo non esistono vincoli del Piano Territoriale di Cordinamento Provinciale.

9.8. VINCOLI IDROGEOLOGICI * PAESAGGISTICI * FORESTALI

Nei territori interessati al progetto irriguo i Vincoli Idrogeologi, Paesaggisti e Forestali sono presenti e puntualmente rispettati.



10. FATTIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

Le indagini e gli studi condotti hanno consentito di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e geofisiche dei terreni coinvolti direttamente ed indirettamente nella realizzazione del progetto di *estendimento dell'impianto irriguo* nel territorio del comune di Cugnoli redatto dai tecnici del Consorzio di Bonifica Centro.

Caratteristiche le quali in particolare hanno permesso di eseguire le verifiche di stabilità, di compatibilità idrogeologica, di compatibilità Idrraulica, nonché di effettuare le prescritte Verifiche di Fattibilità Geologica e Geotecnica.

Dalle Relazioni sulle indagini e sugli studi effettuati ed ampiamente documentati si evince che gli scavi, le asportazioni ed i riporti dei materiali prevalentemente sabbiosi ghiaiosi e limosi sabbiosi argillosi, la tipologia e gli impegni statici - dinamici delle opere progettate:

- non alterano le condizioni di stabilità attualmente esistenti nei settori;
- non provocano modifiche al regime delle acque superficiali e profonde;
- consentono il normale deflusso delle acque, anche delle piene;
- non apportano nelle aree di progetto sostanziali modifiche;
- non provocano né aumentano i rischi idrogeologici ed idraulici, i quali rimangono sempre ed

ovunque *non superiore ad R.1.*

- non impongono l' *adozione di soluzioni e di procedimenti costruttivi di particolare onerosità.*

In definitiva si può affermare che il

PROGETTO IRRIGUO E' FATTIBILE SIA GEOLOGICAMENTE CHE GEOTECNICAMENTE.

Aprile 2017

IL PROGETTISTA
Dott. Ing. Cesare GAROFALO



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott.ssa Angela Berarducci



RELATORI

Dott. Geol. Luigi MARINELLI
Dott. Geol. Pierpaolo MARINELLI



CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

BACINO SALINE - PESCARA - ALENTO - FORO

- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -

◇◇◇

Progetto per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile
nel comune di Cugnoli, in provincia di Pescara

◇◇◇

ALLEGATI CARTOFOTOGRAFICI

◇◇◇

I^O - ELABORATI CARTOGRAFICI
II^O - PERICOLOSITA' SISMICA
III^A - DOCUMENTI FOTOGRAFICI
IV^O - CERTIFICATI DELLE INDAGINI

◇◇◇

◇◇◇

Aprile 2017

RELATORI

Dott. Geol. Luigi MARINELLI

Dott. Geol. Pierpaolo MARINELLI



CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

BACINO SALINE - PESCARA - ALENTO - FORO

- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -

◇◇◇

Progetto per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile
nel comune di Cugnoli, in provincia di Pescara

◇◇◇

I^A - ELABORATI CARTOGRAFICI

- 1 - CARTA TOPOGRAFICA SCALA 1:25.000
- 2 - CARTA GEOLOGICA D'ABRUZZO SCALA 1:50.000
- 3 - CARTA GEOMORFOLOGICA SCALA 1:25.000
- 4 - CARTA PERICOLOSITA' DA FRANE SCALA 1:25.000
- 5 - CARTA RISCHIO IDROGEOLOGICO SCALA 1:25.000
- 6 - C.T. R. VASCA C:DA PIASSIGNANI SCALA 1: 5.000
- 7 - CATASTALE VASCA C:DA PIASSIGNANI SCALA 1: 1.000
- 8 - C.T. R. SOLLEVAMENTO C:DA ANDREASSI SCALA 1: 5.000
- 9 - CATASTALE SOLLEVAM C:DA ANDREASSI SCALA 1: 1.000
- 10 - SATELLITARE VASCA C:DA PIASSIGNANI SCALA 1: 5.000
- 11 - SATELLITARE SOLLEVAM C:DA ANDREASSI SCALA 1:5.000
- 12 - CARTA DELLA SISMICITA' D'ABRUZZO

◇◇◇

◇◇◇

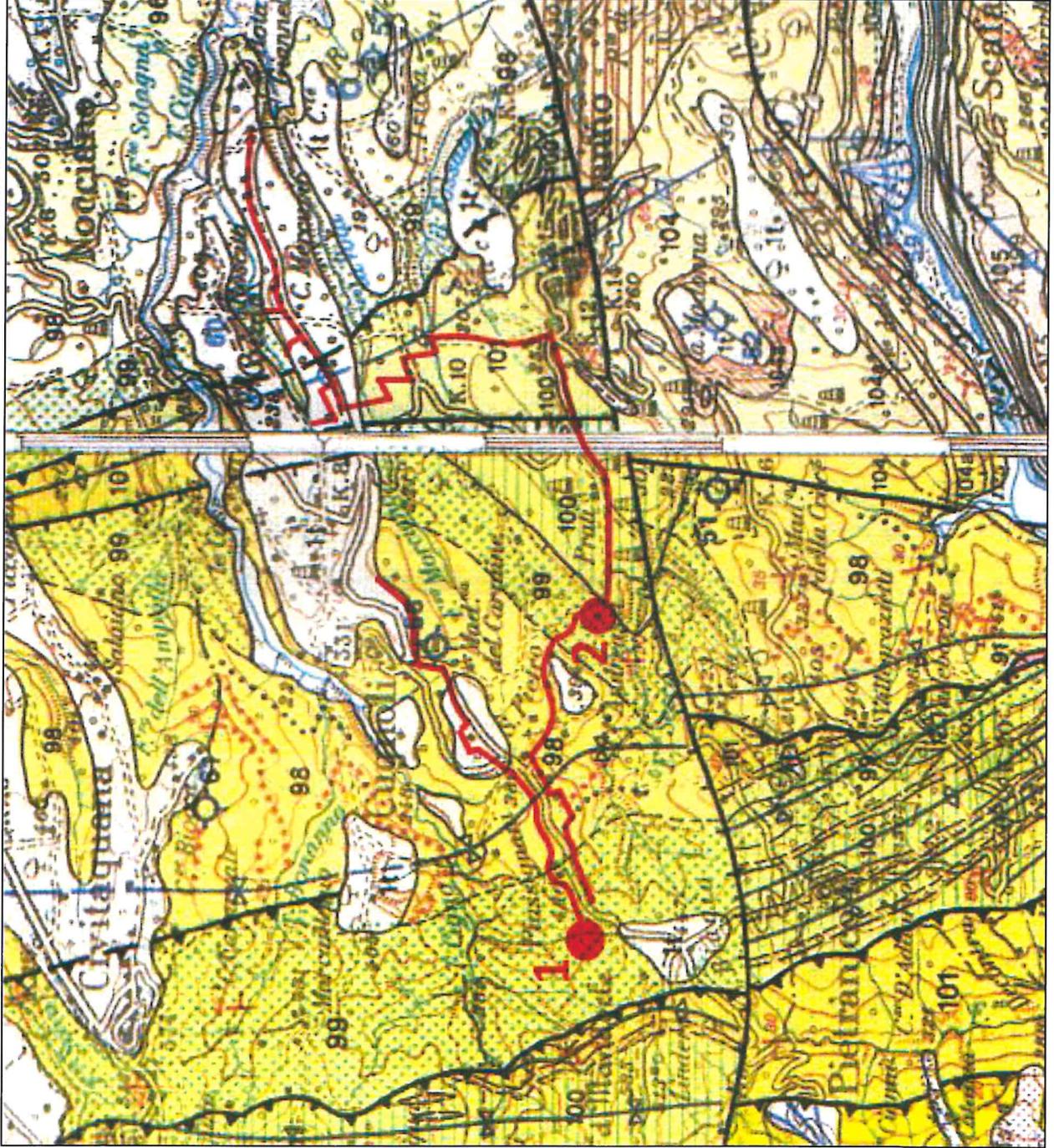
Aprile 2017

RELATORI
Dott. Geol. Luigi MARINELLI
Dott. Geol. Merisio MARINELLI



FOGLIO OWEST

FOGLIO EST



COMUNE DI CUGNOLI
- Prov. di Pescara -



CARTA GEOLOGICA D' ABRUZZO
- scala 1:50.000 -



LEGENDA



Peliti, intercalazioni conglomeratiche



Torbiditi argillose con megatorbiditi



Cicli arenaceo- argillosi amalgamati



Argille marnose e torbiditi stratificati



Argille marnose intercalate a torbiditi



Faglie che dislocano forme e depositi del pleistocene super. - olocene



Sovrascorrimenti



Giacitura degli strati, tra 7° - 12°



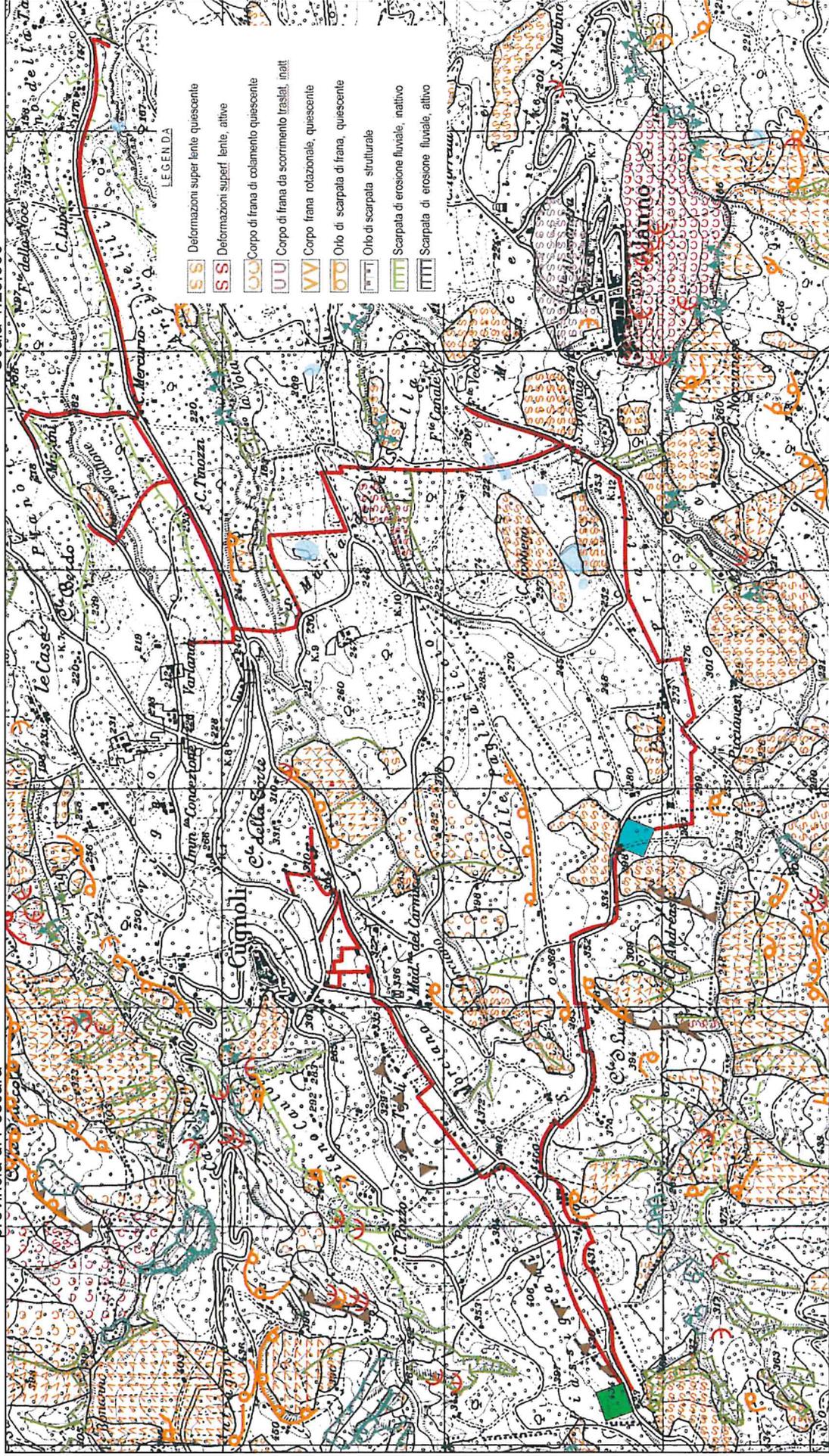
● 1- vasca di compenso c.da Plassignani

● 2- Impianto di sollevamento Andreassi

— Traccia della rete di condotte irrigue

COMUNE DI CUGNOLI
- provincia di Pescara -

CARTA RISCHIO DA FRANE
- Scala 1:25.000 -



Vasca di compenso



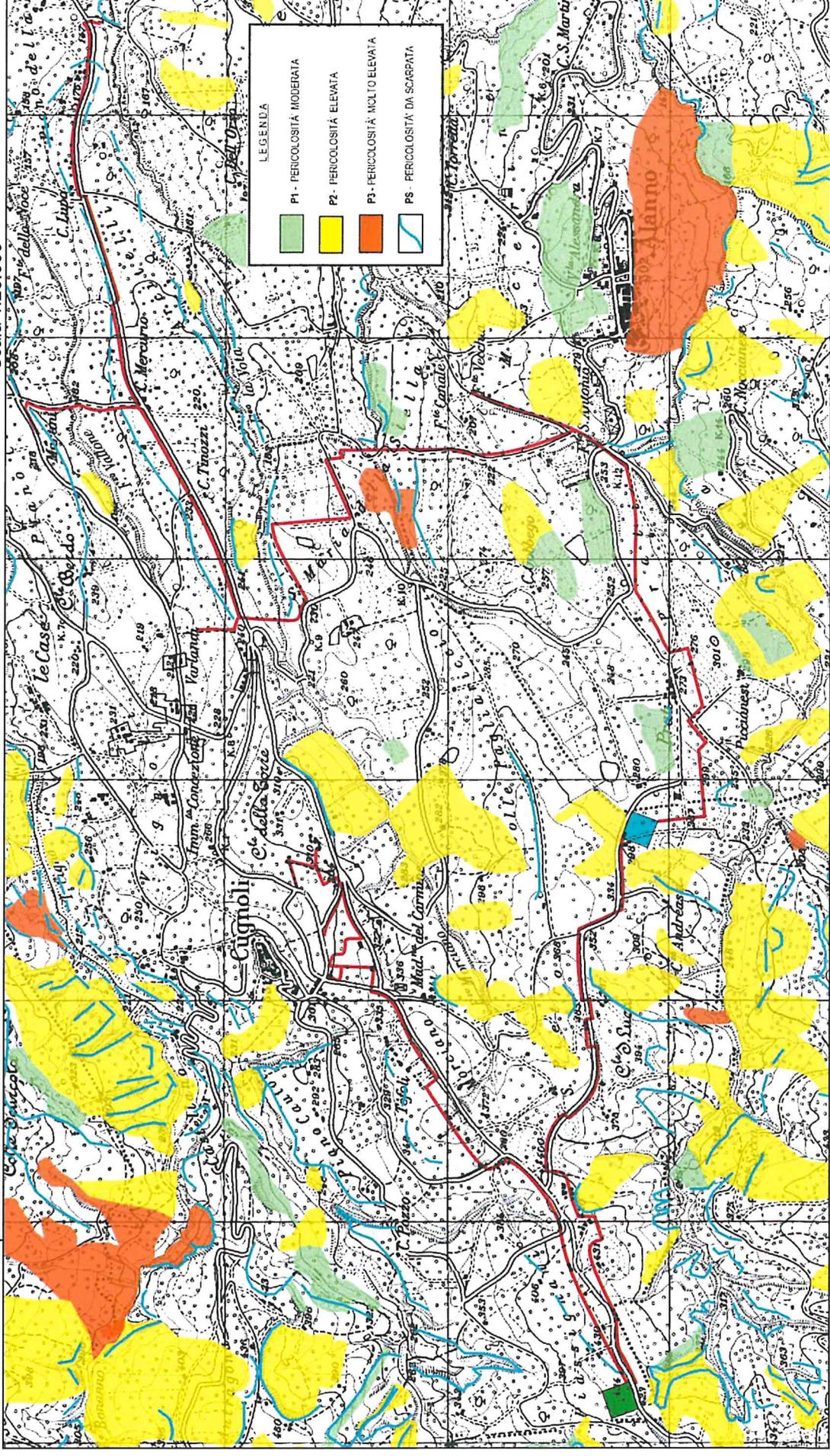
Impianto di sollevamento



Condotta adduttrice e distributrice

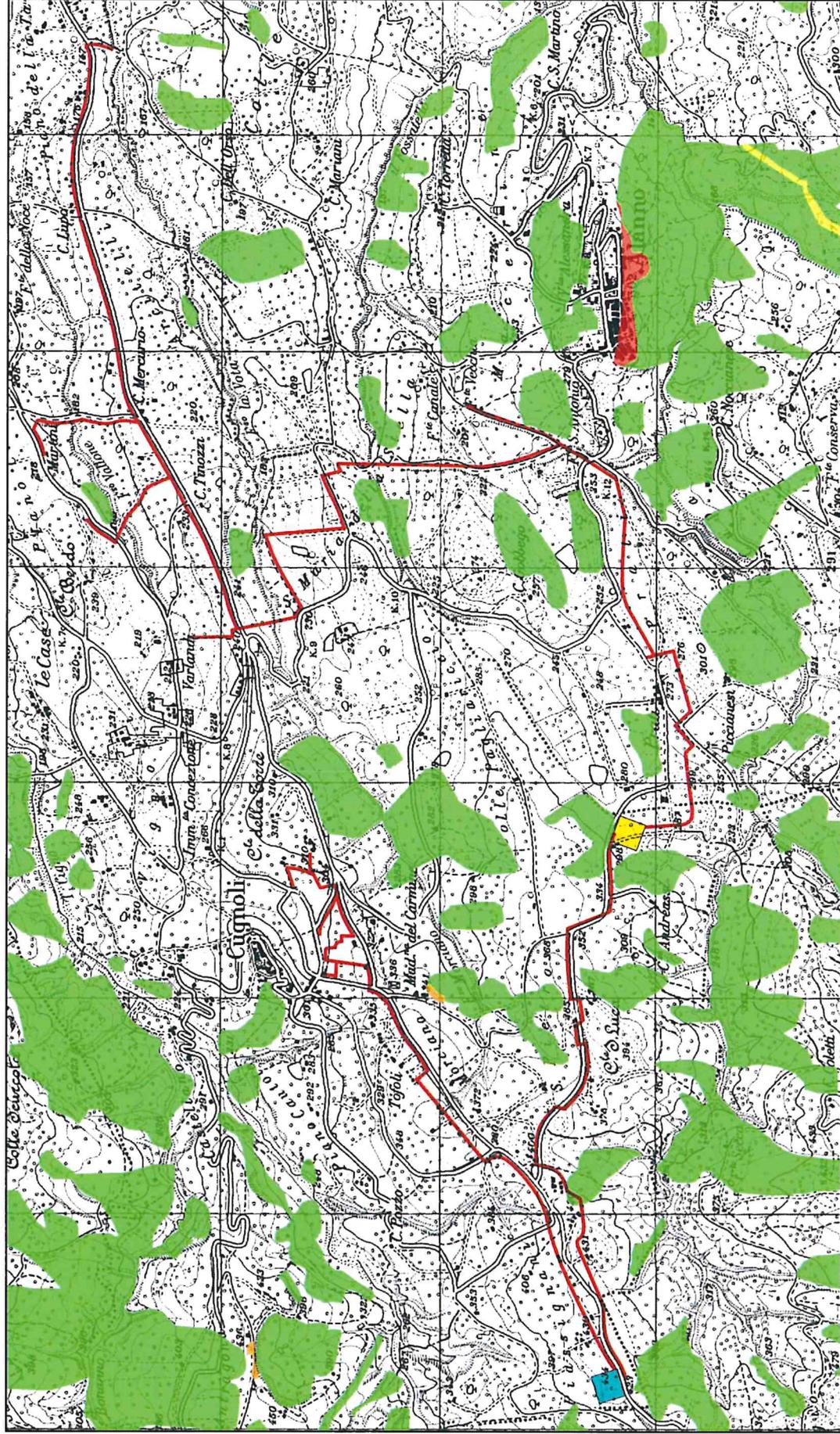
COMUNE DI CUGNOLI
- provincia di Pescara -

CARTA PERICOLOSITA' FRANE
- Scala 1:25.000 -



COMUNE DI LETTOMANOPPELLO
- provincia di Pescara -

CARTA RISCHIO FRANE
- Scala 1:24.000 -



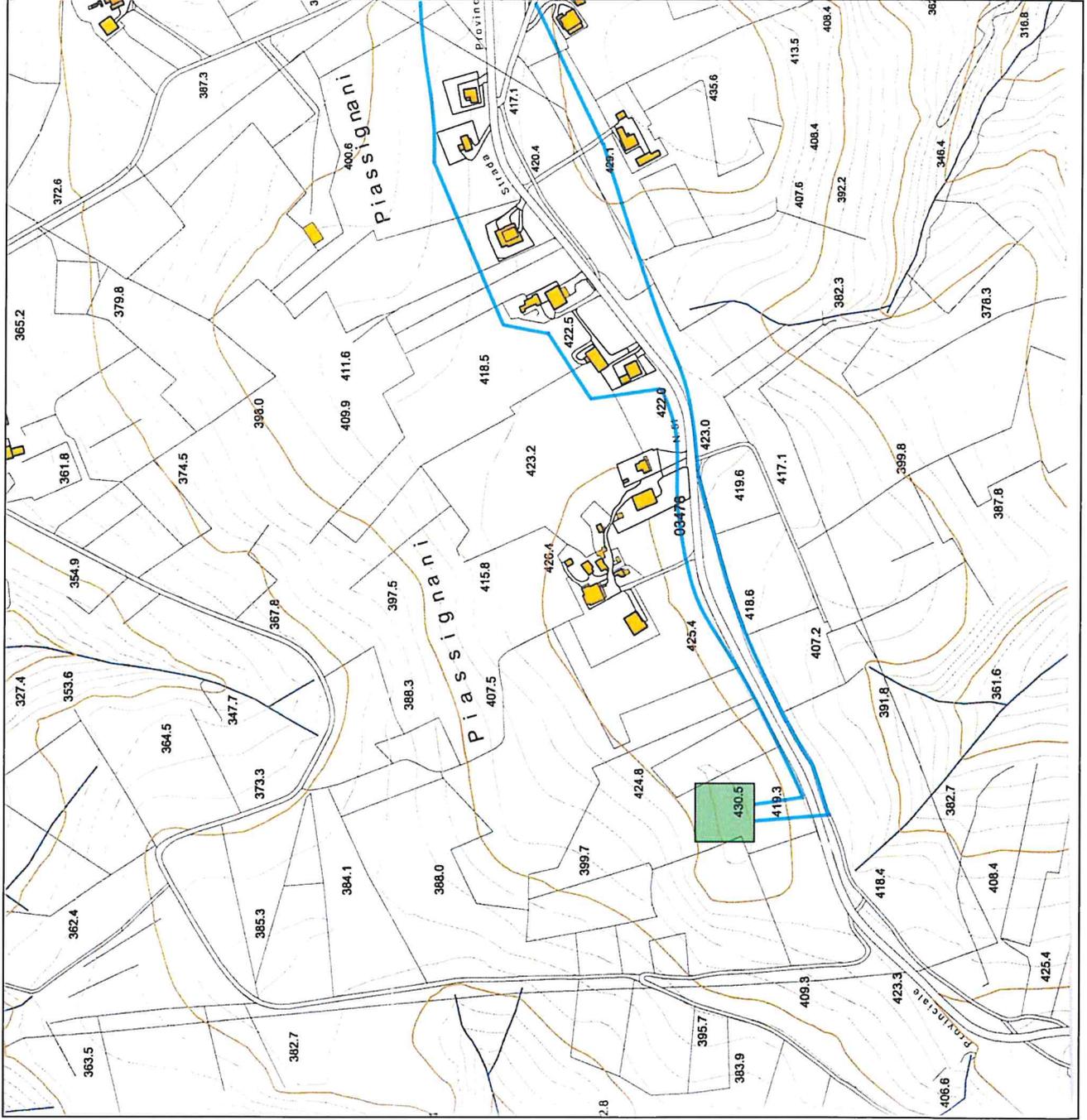
Vasca di compenso



Impianto di sollevamento



Condotta adduttrice e distributrice



COMUNE DI CUGNOLI
- provincia di Pescara -



Località: c.da Piassignani



CARTA TECNICA REGIONALE
- Scala 1:5.000 -



LEGENDA



Vasca di compenso dell' impianto irriguo



Condotta irrigua adduttrice e distributrice



COMUNE DI CUGNOLI
- provincia di Pescara -



Località: c.da Piassignani



PLANIMETRIA CATASTALE VASCA
- Scala 1:1.000 -



LEGENDA



Perimetro del sito sedime della vasca



Trincea esplorativa, prove compressione



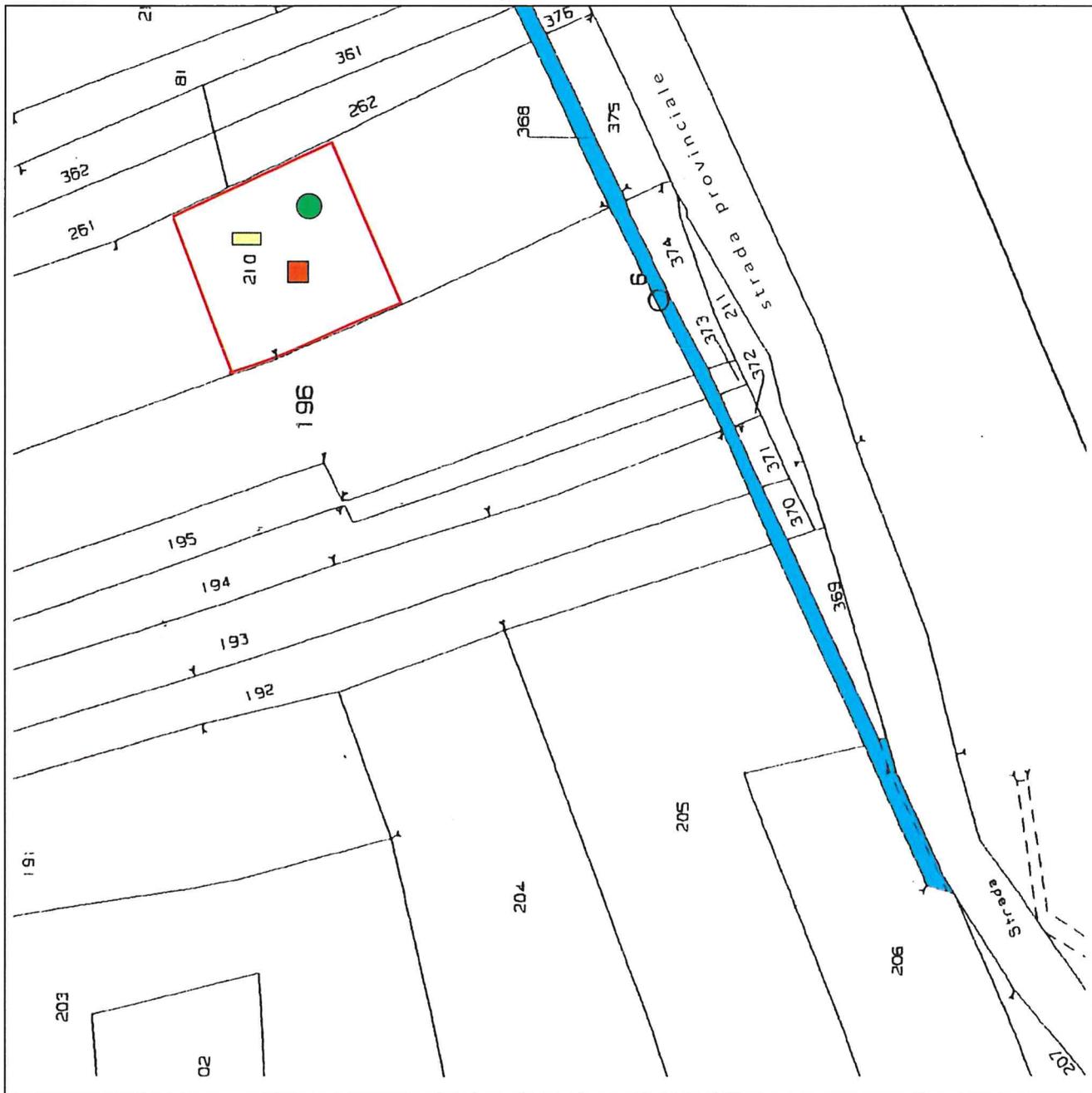
Prova penetrometrica dinamica *DPSH*



Sondaggio *rorary* - carotaggio + *S.P.T.*



Acquedotto del comune di Cugnoli



COMUNE DI CUGNOLI
- provincia di Pescara -



Località: c.da Andreassi



C.T.R. * IMPIANTO SOLLEVAMENTO
- Scala 1:5.000 -



LEGENDA



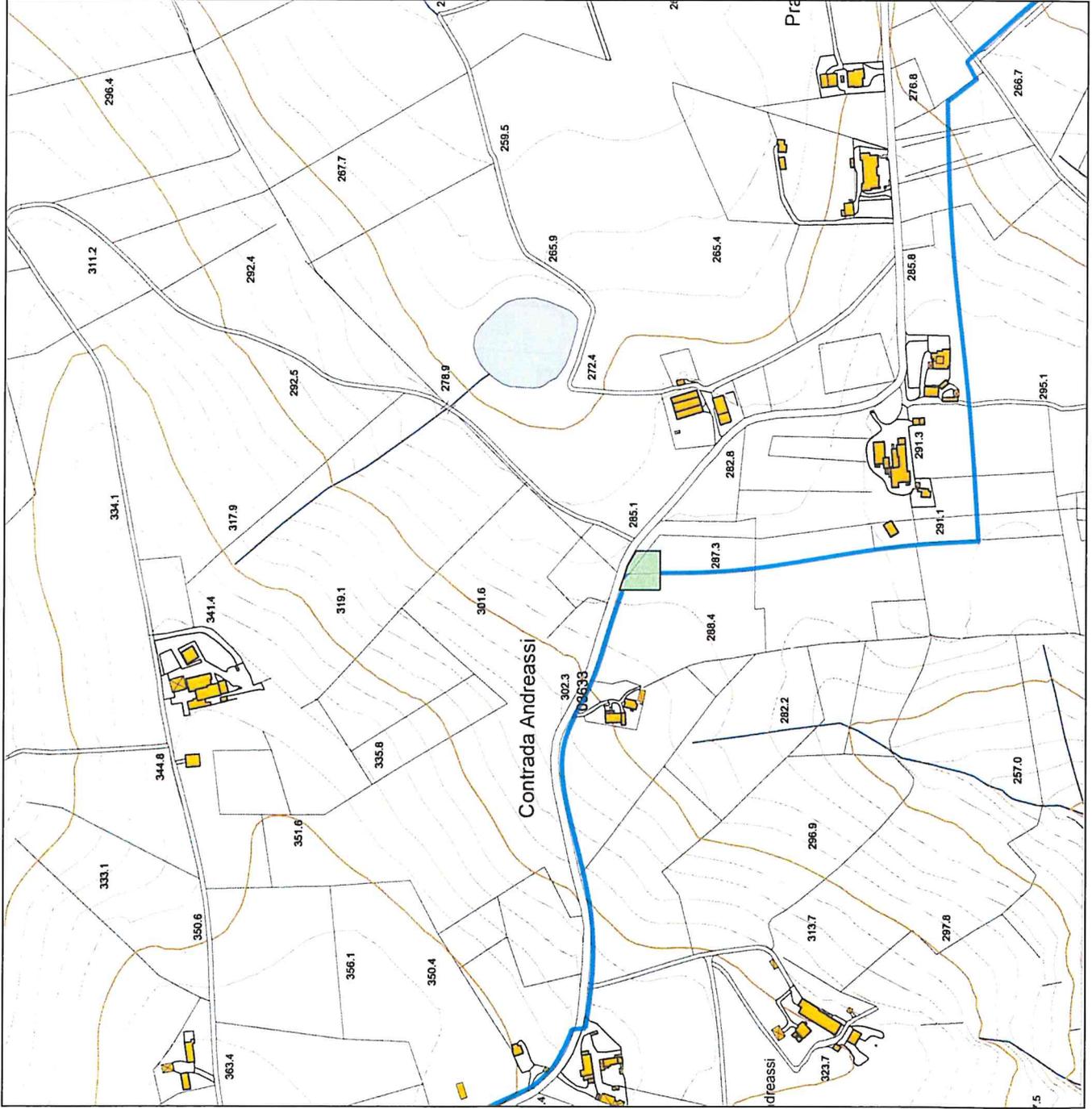
Sito dell' impianto di sollevamento



Condotta adduttrice e distributrice



Laghetto collinare c.da Andreassi



COMUNE DI CUGNOLI
- provincia di Pescara -



Località: C.da Andreassi



P. CATASTALE * SOLLEVAMENTO
* **Carta dei Sondaggi** *
- Scala 1:1.000 -



LEGENDA



Perimetro sito dell'impianto di sollevamento



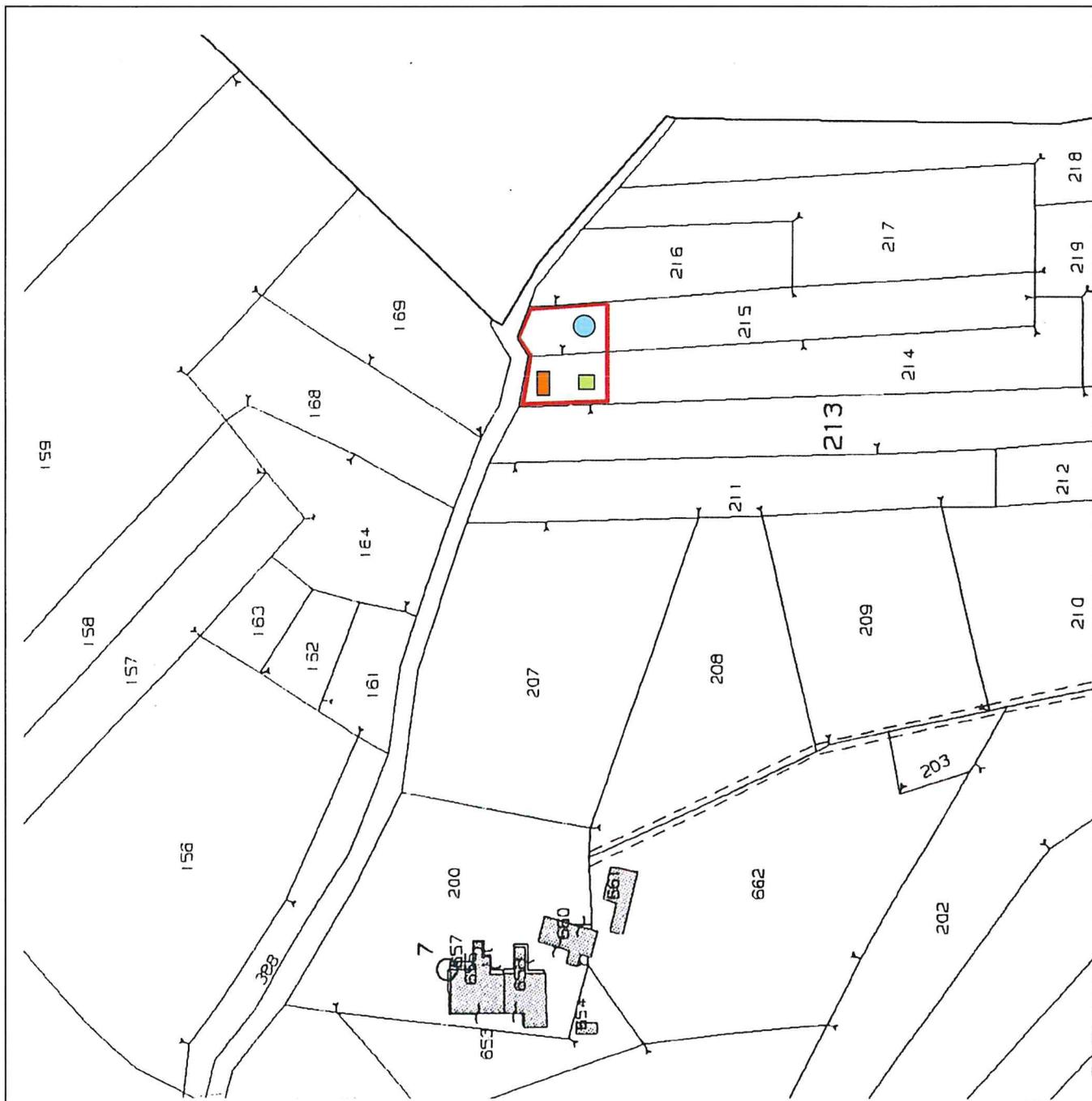
Trincea esploratrice, prove di compressione



Prove penetrometriche dinamiche, *D.P.S.H.*



Sondaggio *Rorary* con penetrometrie *S.P.T.*





COMUNE DI CUGNOLI
- provincia di Pescara -



Località: Piassignani



ORTOFOTO DIGITALE AGEA 2013
- Scala 1:5.000 -



Vasca di compenso dell'impianto irriguo





COMUNE DI CUGNOLI
- provincia di Pescara -



Località: C.da Andreassi



ORTOFOTO DIGITALE AGEA 2013
- Scala 1:5.000 -

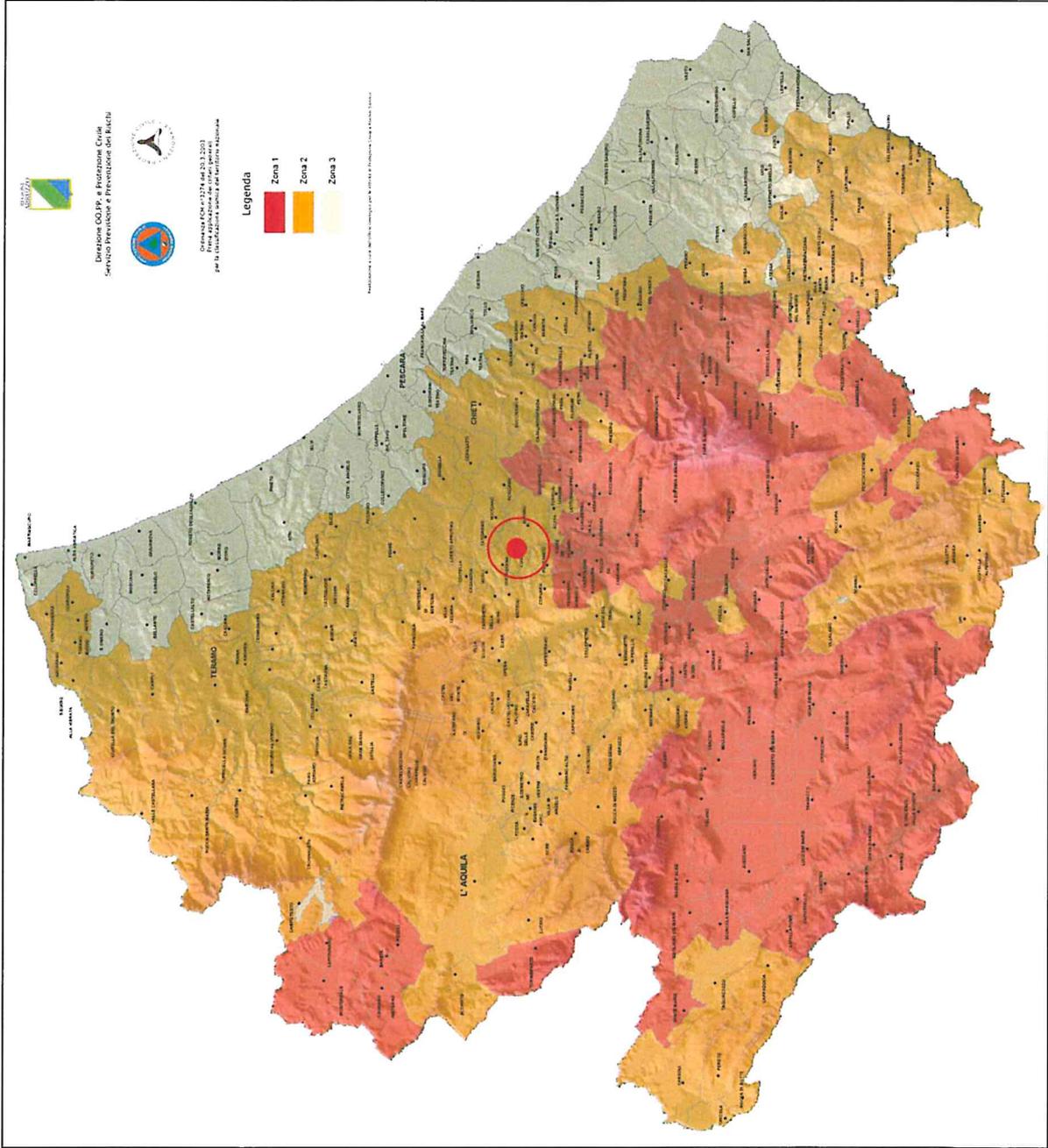


LEGENDA



Planimetria del sito sedime
Dell'impianto di sollevamento





COMUNE DI CUGNOLI
- Provincia di Pescara -



CARTA SISMICITA' D'ABRUZZO
- scala 1:250.000 -




 Comune di Cugnoli in Zona
 P.G.A. → $a_g = 0,15 \div 0,25 g$



CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

BACINO SALINE - PESCARA - ALENTO - FORO

- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -

◇◇◇

Progetto per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile
nel comune di Cugnoli, in provincia di Pescara

◇◇◇

II^O - PERICOLOSITA' SISMICA

a - vasca di accumulo c.da Piassignani

◇◇◇

- * MAGLIA DI RIFERIMENTO GEOGRAFICO *
- * PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI *
- * SPETTRI DI RISPOSTA *
- * RAPPORTO DELLE PROVE MAWS - REMI *

◇◇◇

◇◇◇

Aprile 2017

RELATORI

Dott. Geol. Luigi MARINELLI

Dott. Geol. Pierpaolo MARINELLI



COMUNE DI CUGNOLI

- provincia di Pescara-



Località: c.da Piassignani



PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

(1)* Coordinate WGS84 (°)
 Latitudine Longitudine

(1)* Coordinate ED50 (°)
 Latitudine Longitudine

Classe dell'edificio
 II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita nominale
 (Opere provvisorie <= 10, Opere ordinarie >= 50,
 Grandi opere >= 100)

Stato Limite	Tr [anni]	α_s [g]	Fo	Tc [s]
Operatività (SLO)	30	0.065	2.420	0.280
Danno (SLD)	50	0.082	2.410	0.295
Salvaguardia Vita (SLV)	475	0.199	2.625	0.349
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.256	2.549	0.362
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI
 Stabilità dei pendii e fondazioni

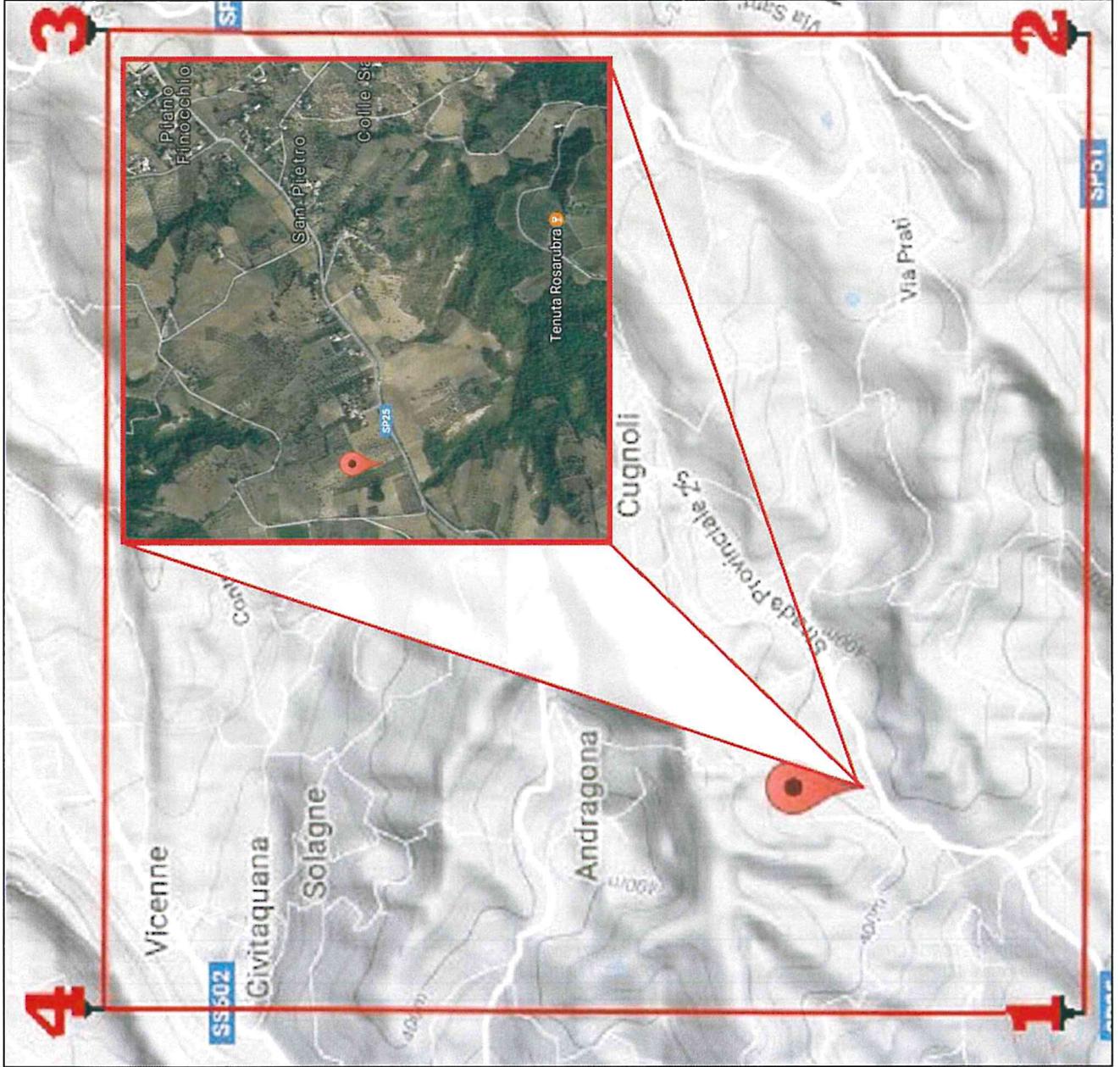
Categoria sottosuolo
 C T1

Categoria topografica
 SLO SLD SLV SLC
 1.50 1.50 1.40 1.31

Ss* Amplificazione stratigrafica
 Cc* Coeff. funz. categoria
 St* Amplificazione topografica
 1.00 1.57 1.49 1.47
 1.00 1.00 1.00 1.00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.019	0.024	0.067	0.094
kv	0.010	0.012	0.033	0.047
Amax [m/s²]	0.951	1.201	2.731	3.292
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.



COMUNE DI CUGNOLI

- provincia di Pescara -



Vasca di accumulo Piassignani



PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	42,2944600 [°]
Longitudine (WGS84):	13,9104100 [°]
Latitudine (ED50):	42,2954300 [°]
Longitudine (ED50):	13,9113100 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50)[°]	Longitudine (ED50)[°]	Distanza[m]
1	26757	42,284280	13,895690	1785,45
2	26758	42,284030	13,963240	4455,67
3	26536	42,334030	13,963610	6075,82
4	26535	42,334280	13,896010	4499,46

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,067	2,403	0,279
SLD	50	0,085	2,394	0,293
	72	0,099	2,389	0,309
	101	0,115	2,404	0,316
	140	0,131	2,426	0,324
	201	0,151	2,465	0,329
SLV	475	0,207	2,527	0,347
SLC	975	0,267	2,542	0,360
	2475	0,361	2,570	0,378

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,063	2,430	0,281
SLD	50	0,079	2,423	0,296
	72	0,093	2,412	0,312
	101	0,107	2,431	0,319
	140	0,121	2,452	0,327
	201	0,140	2,468	0,336
SLV	475	0,192	2,527	0,350
SLC	975	0,247	2,556	0,364
	2475	0,335	2,582	0,380

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,060	2,459	0,281
SLD	50	0,076	2,430	0,297
	72	0,089	2,430	0,312
	101	0,102	2,449	0,321
	140	0,117	2,455	0,329
	201	0,135	2,465	0,338
SLV	475	0,186	2,504	0,352
SLC	975	0,240	2,542	0,364
	2475	0,325	2,572	0,379

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,064	2,425	0,280
SLD	50	0,080	2,423	0,295
	72	0,094	2,406	0,310
	101	0,109	2,424	0,318
	140	0,124	2,445	0,326
	201	0,142	2,468	0,334
SLV	475	0,195	2,532	0,350
SLC	975	0,251	2,562	0,363
	2475	0,340	2,586	0,380

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,065	2,420	0,280
SLD	50	0,082	2,410	0,295
SLV	475	0,199	2,525	0,349
SLC	975	0,256	2,549	0,362

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{\wedge}(1/2)$: 1,000

Categoria sottosuolo:

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 NSPT30 compreso tra 15 e 50 nei terreni a grana grossa c_{u30} compreso tra 70 e 250 kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici per muri di sostegno

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,022	0,067	0,104
kv	0,009	0,011	0,033	0,052
amax [m/s ²]	0,951	1,201	2,731	3,292
Beta	0,180	0,180	0,240	0,310

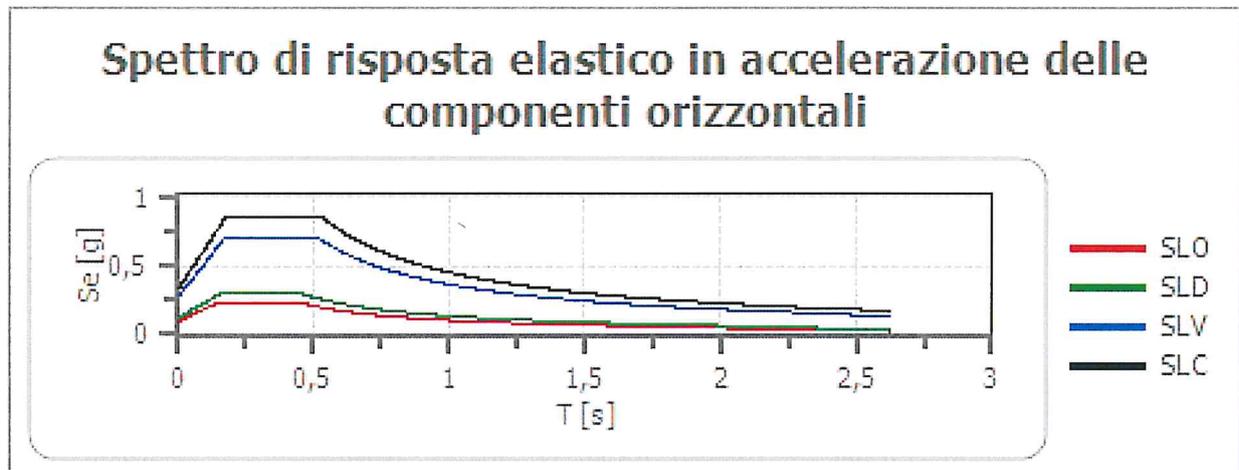
Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,097	0,122	0,278	0,336
kv	0,049	0,061	0,139	0,168
amax [m/s ²]	0,951	1,201	2,731	3,292
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,024	0,067	0,094
kv	0,010	0,012	0,033	0,047
amax [m/s ²]	0,951	1,201	2,731	3,292
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(T)
		[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO	1,0	0,065	2,420	0,280	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,149	0,448	1,859	0,097	0,235
SLD	1,0	0,082	2,410	0,295	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,154	0,462	1,926	0,122	0,295
SLV	1,0	0,199	2,525	0,349	1,400	1,490	1,000	1,400	1,000	0,173	0,520	2,396	0,278	0,703
SLC	1,0	0,256	2,549	0,362	1,310	1,470	1,000	1,310	1,000	0,177	0,532	2,625	0,336	0,856

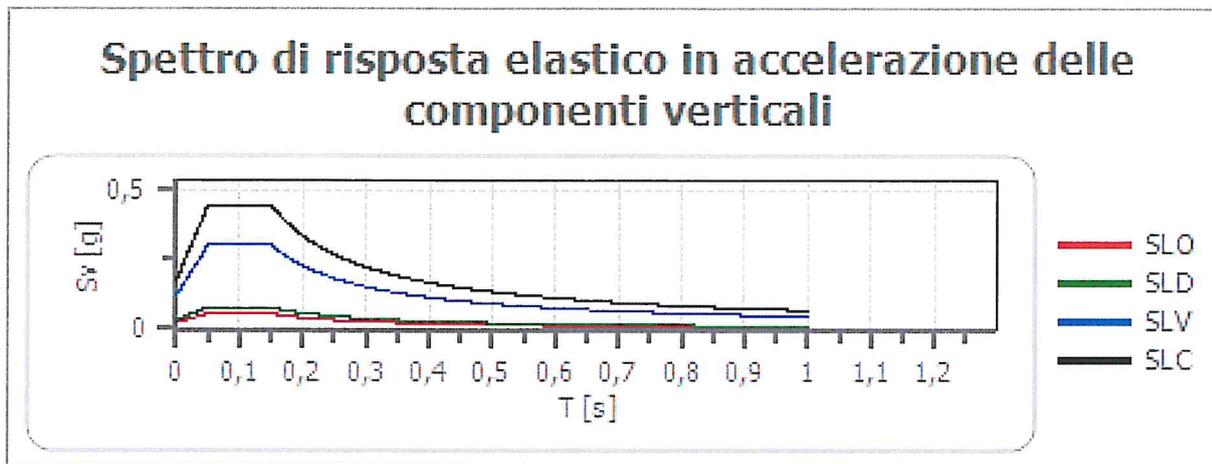
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

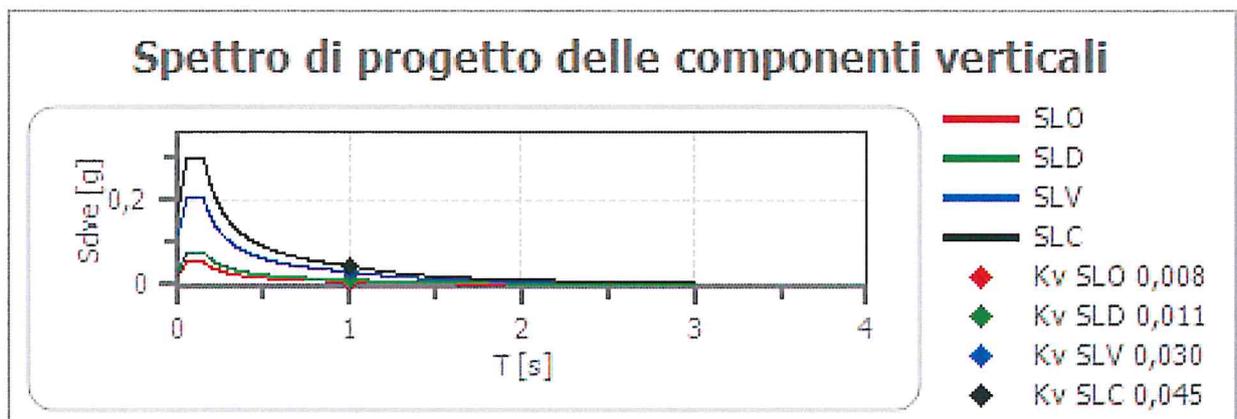
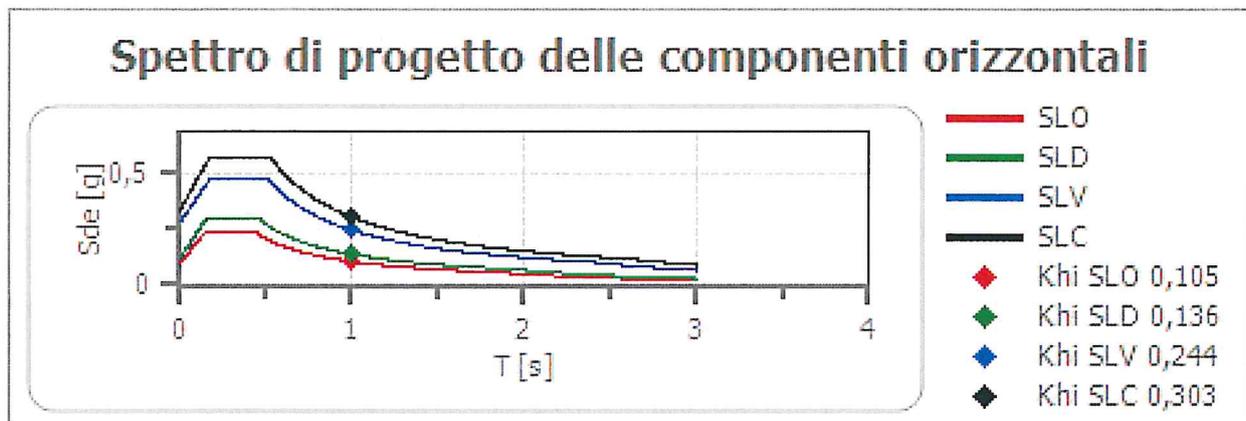


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T) [g]
SLO	1,0	0,065	2,420	0,280	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,054
SLD	1,0	0,082	2,410	0,295	1	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,031	0,076
SLV	1,0	0,199	2,525	0,349	1	1,490	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,120	0,302
SLC	1,0	0,256	2,549	0,362	1	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,175	0,446

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q :	1,50
Fattore di struttura spettro verticale q :	1,50
Periodo fondamentale T :	1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0,105	0,136	0,244	0,303
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0,008	0,011	0,030	0,045



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd() [g]
SLO orizzone	1,0	0,065	2,420	0,280	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,149	0,448	1,859	0,097	0,235
SLO verticale	1,0	0,065	2,420	0,280	1,500	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,054
SLD orizzont ale	1,0	0,082	2,410	0,295	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,154	0,462	1,926	0,122	0,295
SLD verticale	1,0	0,082	2,410	0,295	1,500	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,031	0,076
SLV orizzont ale	1,0	0,199	2,525	0,349	1,400	1,490	1,000	1,400	1,500	0,173	0,520	2,396	0,278	0,469
SLV verticale	1,0	0,199	2,525	0,349	1,400	1,490	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,120	0,202
SLC orizzont	1,0	0,256	2,549	0,362	1,310	1,470	1,000	1,310	1,500	0,177	0,532	2,625	0,336	0,570
SLC verticale	1,0	0,256	2,549	0,362	1,310	1,470	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,175	0,298

CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

BACINO SALINE - PESCARA - ALENTO - FORO

- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -

◇◇◇

Progetto per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile
nel comune di Cugnoli, in provincia di Pescara

◇◇◇

II^O - PERICOLOSITA' SISMICA

b - impianto di sollevamento c.da Andreassi

◇◇◇

- * MAGLIA DI RIFERIMENTO GEOGRAFICO *
- * PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI *
- * SPETTRI DI RISPOSTA *

◇◇◇

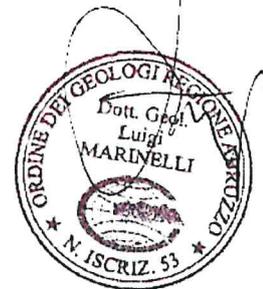
◇◇◇

Aprile 2017

RELATORI

Dott. Geol. Luigi MARINELLI

Dott. Geol. Pierpaolo MARINELLI



COMUNE DI CUGNOLI
- provincia di Pescara-

Località: c.da Andreassi

(1)* Coordinate WGS84 (°)
 Latitudine Longitudine

(1)* Coordinate ED50 (°)
 Latitudine Longitudine

Classe dell'edificio

Vita nominale
 (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	Fo	Tc [s]
Operatività (SLO)	30	0,063	2,429	0,280
Danno (SLD)	50	0,080	2,418	0,295
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,195	2,523	0,350
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,251	2,551	0,363
Periodo di riferimento per frazione sismica: 50				

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI
Stabilità dei pendii e fondazioni

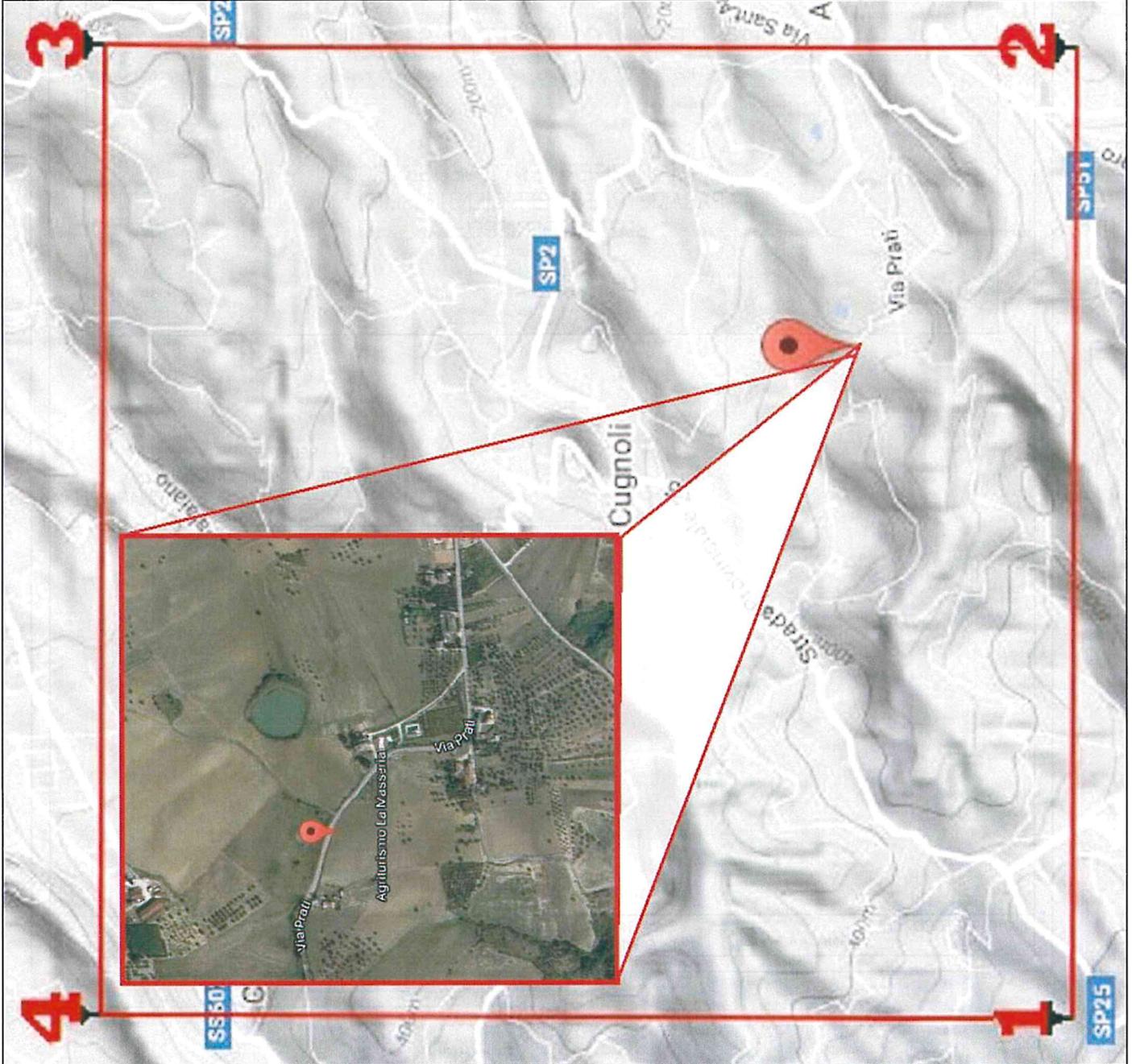
Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss *	<input type="text" value="1,50"/>	<input type="text" value="1,50"/>	<input type="text" value="1,40"/>	<input type="text" value="1,32"/>
Amplificazione stratigrafica				
Cc *	<input type="text" value="1,60"/>	<input type="text" value="1,57"/>	<input type="text" value="1,48"/>	<input type="text" value="1,47"/>
Coeff. funz categoria				
St *	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,09"/>
Amplificazione topografica				

	SLO	SLD	SLV	SLC
Coefficienti	0,019	0,024	0,065	0,093
kh	0,009	0,012	0,033	0,046
Amax [mis*]	0,931	1,175	2,675	3,247
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.



COMUNE DI CUGNOLI

- provincia di Pescara -



Impianto di Sollevamento c.da Andreassi



PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 42,2941900 [°]

Longitudine (WGS84): 13,9416600 [°]

Latitudine (ED50): 42,2951600 [°]

Longitudine (ED50): 13,9425600 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50)[°]	Longitudine (ED50)[°]	Distanza[m]
1	26757	42,284280	13,895690	4040,62
2	26758	42,284030	13,963240	2103,58
3	26536	42,334030	13,963610	4656,01
4	26535	42,334280	13,896010	5794,23

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,067	2,403	0,279
SLD	50	0,085	2,394	0,293
	72	0,099	2,389	0,309
	101	0,115	2,404	0,316
	140	0,131	2,426	0,324
	201	0,151	2,465	0,329
SLV	475	0,207	2,527	0,347
SLC	975	0,267	2,542	0,360
	2475	0,361	2,570	0,378

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,063	2,430	0,281
SLD	50	0,079	2,423	0,296
	72	0,093	2,412	0,312
	101	0,107	2,431	0,319
	140	0,121	2,452	0,327
	201	0,140	2,468	0,336
SLV	475	0,192	2,527	0,350
SLC	975	0,247	2,556	0,364
	2475	0,335	2,582	0,380

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,060	2,459	0,281
SLD	50	0,076	2,430	0,297
	72	0,089	2,430	0,312
	101	0,102	2,449	0,321
	140	0,117	2,455	0,329
	201	0,135	2,465	0,338
SLV	475	0,186	2,504	0,352
SLC	975	0,240	2,542	0,364
	2475	0,325	2,572	0,379

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,064	2,425	0,280
SLD	50	0,080	2,423	0,295
	72	0,094	2,406	0,310
	101	0,109	2,424	0,318
	140	0,124	2,445	0,326
	201	0,142	2,468	0,334
SLV	475	0,195	2,532	0,350
SLC	975	0,251	2,562	0,363
	2475	0,340	2,586	0,380

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,063	2,429	0,280
SLD	50	0,080	2,418	0,295
SLV	475	0,195	2,523	0,350
SLC	975	0,251	2,551	0,363

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo:

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 NSPT30 compreso tra 15 e 50 nei terreni a grana grossa c_{u30} compreso tra 70 e 250 kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici per muri di sostegno

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,022	0,065	0,103
kv	0,009	0,011	0,033	0,051
amax [m/s ²]	0,931	1,175	2,675	3,247
Beta	0,180	0,180	0,240	0,310

Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,095	0,120	0,273	0,331
kv	0,047	0,060	0,136	0,166
amax [m/s ²]	0,931	1,175	2,675	3,247
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Coefficienti sismici per paratie

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

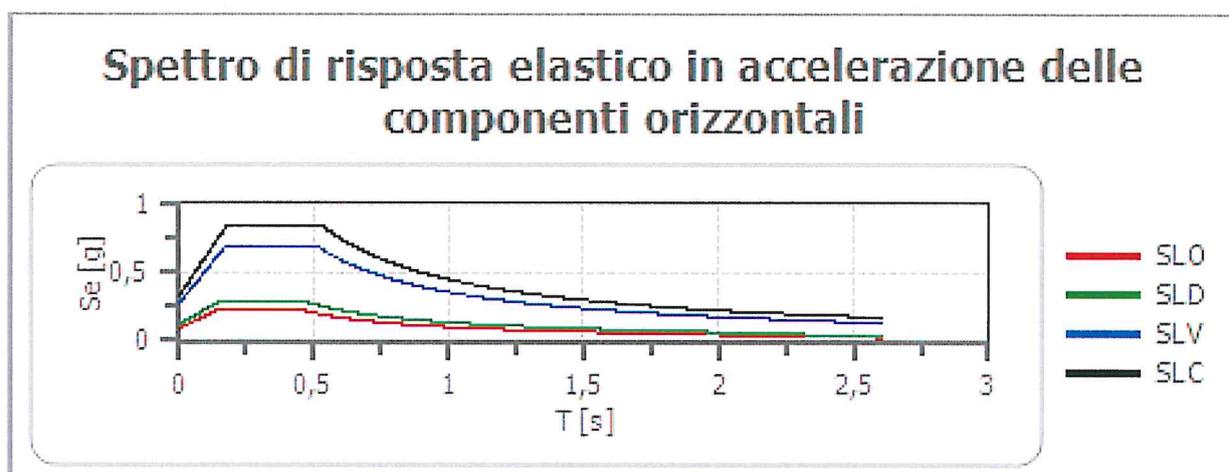
Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,062	0,078	0,177	0,215
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,931	1,175	2,675	3,247
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,019	0,024	0,065	0,093
kv	0,009	0,012	0,033	0,046
amax [m/s ²]	0,931	1,175	2,675	3,247
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,063	2,429	0,280	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,150	0,449	1,853	0,095	0,231
SLD	1,0	0,080	2,418	0,295	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,155	0,464	1,919	0,120	0,290
SLV	1,0	0,195	2,523	0,350	1,400	1,480	1,000	1,400	1,000	0,173	0,518	2,379	0,273	0,688
SLC	1,0	0,251	2,551	0,363	1,320	1,470	1,000	1,320	1,000	0,178	0,533	2,603	0,331	0,845

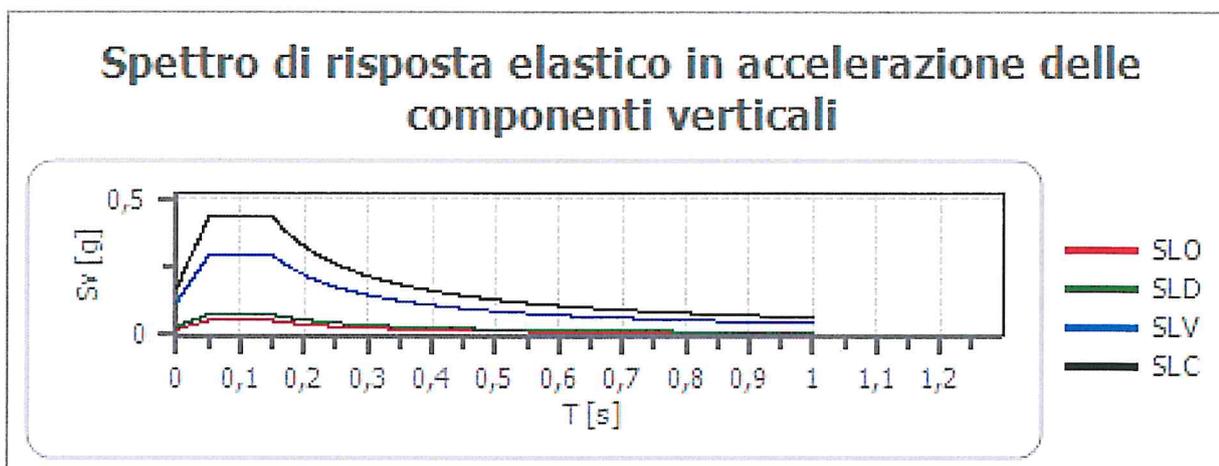
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$:

1,000



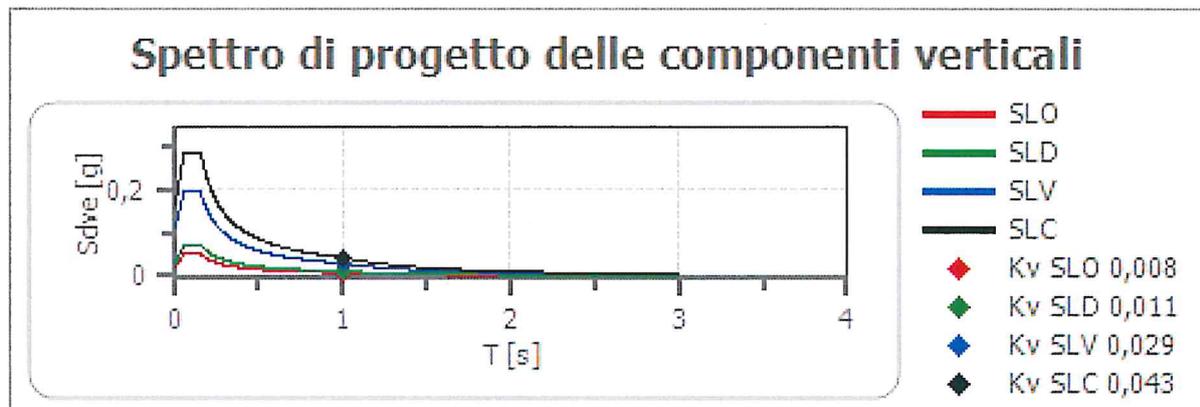
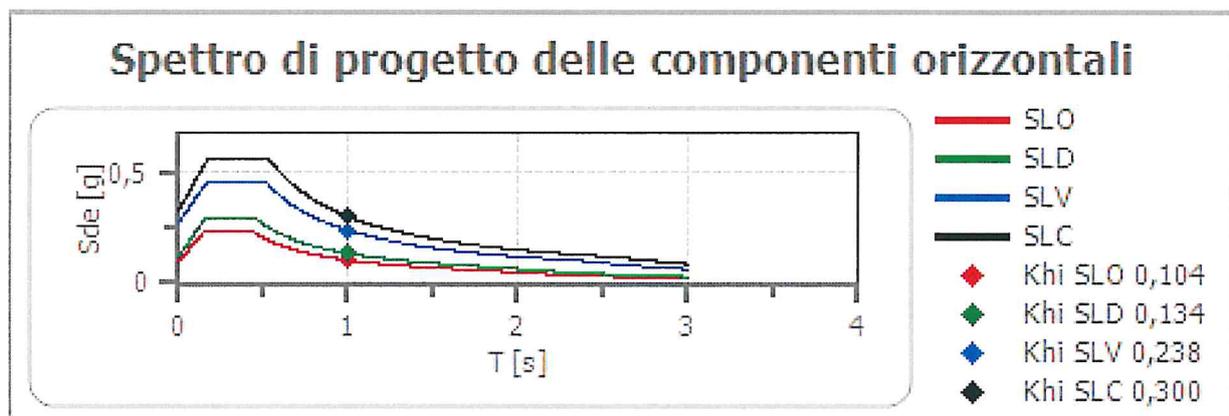
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,063	2,429	0,280	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,052
SLD	1,0	0,080	2,418	0,295	1	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,030	0,074
SLV	1,0	0,195	2,523	0,350	1	1,480	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,116	0,293
SLC	1,0	0,251	2,551	0,363	1	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,170	0,433

Spettro di progetto

Geotecnica Marinelli - via casere, 66010, Pretoro, (Ch) - Tel.0871898169, Tel.3291030303, e-mail: geotecnicamarinelli@libero.it, - C.F.MRNLGU40D21H052H, P.Iva.02346200690

Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1,50
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1,50
 Periodo fondamentale T : 1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0,104	0,134	0,238	0,300
$k_v = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0,008	0,011	0,029	0,043



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,063	2,429	0,280	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,150	0,449	1,853	0,095	0,231
SLO verticale	1,0	0,063	2,429	0,280	1,500	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,022	0,052
SLD orizzontale	1,0	0,080	2,418	0,295	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,155	0,464	1,919	0,120	0,290
SLD verticale	1,0	0,080	2,418	0,295	1,500	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,030	0,074
SLV orizzontale	1,0	0,195	2,523	0,350	1,400	1,480	1,000	1,400	1,500	0,173	0,518	2,379	0,273	0,459
SLV verticale	1,0	0,195	2,523	0,350	1,400	1,480	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,116	0,195
SLC orizzontale	1,0	0,251	2,551	0,363	1,320	1,470	1,000	1,320	1,500	0,178	0,533	2,603	0,331	0,563
SLC verticale	1,0	0,251	2,551	0,363	1,320	1,470	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,170	0,288

CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

BACINO SALINE - PESCARA - ALENTO - FORO

- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -

◇◇◇

Progetto per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile
nel comune di Cugnoli, in provincia di Pescara

◇◇◇

III^O - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

* Trincee geognostiche *

◇◇◇

◇◇◇

Aprile 2017

RELATORI

Dott. Geol. Luigi MARINELLI

Dott. Geol. Pierpaolo MARINELLI





Foto n. 1



Foto n.2



Foto n. 3



Foto n. 4

CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

BACINO SALINE - PESCARA - ALENTO - FORO

- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -

◇◇◇

Progetto per l'estendimento dell'impianto irriguo consortile
nel comune di Cugnoli, in provincia di Pescara

◇◇◇

IV^O - CERTIFICATI DELLE INDAGINI

◇◇◇

- * STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI ROTARY *
- * PROVE PENETROMETRICHE D.P.S.H. *
- * RAPPORTO INDAGINE SISMICS MASW *

◇◇◇

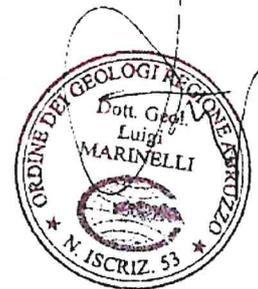
◇◇◇

Aprile 2017

RELATORI

Dott. Geol. Luigi MARINELLI

Dott. Geol. Pierpaolo MARINELLI



COMUNE DI CUGNOLI
(PROV. PESCARA)

**“PROGETTO PER L’ESTENDIMENTO
IRRIGUO CONSORTILE NEL COMUNE
DI CUGNOLI,
IN PROVINCIA DI PESCARA”.**

RELAZIONE SULLE INDAGINI

**COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO
GEOL. LUIGI MARINELLI**

D.P. GEA s.r.l.

l’Amministratore

Ing. Geol. Stefano Dal Pozzo

Zona Industriale
Piano Venna, Lotto 2
GUARDIAGRELE
Tel. 0871800540



APRILE 2017

1.0 PREMESSA

Il presente rapporto sulle indagini, riporta i risultati emersi durante la campagna geognostica eseguita nel mese di aprile in relazione all'incarico del geologo Luigi Marinelli per il Consorzio di Bonifica Centro relativo al progetto **"Progetto per l'estendimento irriguo consortile nel comune di Cugnoli, in provincia di Pescara"**.

Gli elaborati allegati alla presente relazione riguardano i risultati emersi dall'esecuzione della campagna geognostica consistente nella realizzazione di due sondaggi geognostici a carotaggio continuo, due prove sismiche tipo MASW e due prove DPSH.

COMMITTENTE: GEOL MARINELLI		Operatore: E. Beqiraj		Quota s.l.m.: 285,00 m		N° S1					
OPERA: INDAGINI GEOGNOSTICHE		Perforazione : rotazione		Data inizio: 13/04/2017		Metri: 20,0 m					
LOCALITA': CUGNOLI (CH)		Rivestimento: NO		Data fine: 13/04/2017		Scala: 1:100					
CANTIERE: LOC. (via per Alanno)		Campionatore: NO		GEOLOGO : Dott. Graziano Nicola Della Pelle							
Profondità (m)	Potenza (m)	Stratigrafia (m)	CARATTERISTICHE GEOGNOSTICHE		Pocket Penetrometer (Kg/cm ²)		Piezometro	Rivestimento	N° S.P.T.	Campioni ind. (m)	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
			Falda (m)	2	4	6					
0,00											
	2,00										
2,00			Terreno vegetale costituito da limoso sabbioso argilloso di colore bruno								
	3,00										
	5,00		Limo sabbioso e sabbioso e sabbie argillose di colore avana						3		
									5		
									7		
									6		
	5,00		Argilla e limi sabbiosi di colore avana con livelli grigiastri e livelli grigio chiaro (con maggiore percentuale di argilla) mediamente consistente								
									10		
									15		
									12		
	10,00		Argilla grigia mediamente consistente al tetto mentre in profondità risulta molto consistente (mamosa).								
									20		
									15		
									18		
20,00	N.D.										

FONDO FORO

METODOLOGIA MASW e REMI

INTRODUZIONE

Le prove geofisiche oggetto del presente rapporto sono state eseguite per conto del GEOL. Luigi Marinelli e della Ditta: CONSORZIO DI BONIFICA – Bacino Saline Pescara Alento Foro ed ha riguardato la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali e trasversali dei terreni interessati dal progetto di “Progetto per l’estendimento dell’impianto irriguo consortile del comune di Cugnoli, in provincia di Pescara”.

Tale valutazione è effettuata sulla base del D.M. del 14/01/2008 disciplina le norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici soggetti ad azioni sismiche.

Per il caso oggetto di studio è stata realizzata una prova sismica attiva del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e una prova sismica passiva REMI che combinate hanno permesso di meglio caratterizzare dal punto di vista geofisico i terreni oggetto del presente studio, entrambe le metodologie di indagine si basano sulla misurazione e sull’analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato.

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

I metodi MASW e REMI sono delle tecniche di indagine non invasive che consentono la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s . La metodologia MASW è una prova sismica di tipo “attivo”, difatti per la registrazione del segnale da elaborare vi è bisogno di energizzare il terreno. Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d’onda si

propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza. La metodologia REMI, è una tecnica di sismica "passiva" si basa cioè sulla misura dei rumori ambientali che caratterizzano il sito in oggetto.

Per la determinazione delle V_s nella presente campagna di indagini si è scelto di adottare un'analisi congiunta tra la metodologia MASW e quella REMI, tutto ciò al fine di poter meglio caratterizzare l'intero range di frequenze ottenuto in termini di curva sperimentale.

Difatti con la tecnica della sismica attiva si possono ottenere buoni risultati in termini di acquisizione dati, fino a frequenze che si aggirano intorno ai 10-15 Hz riuscendo a "fittare" con un certo grado di precisione la curva sperimentale registrata, mentre con la tecnica di acquisizione passiva si riesce a interpolare la curva sperimentale in quel range di frequenze dove la tecnica MASW denuncia a volte, in certe situazioni stratigrafiche, alcune carenze cioè in quell'intervallo di frequenze comprese tra i 10-15 Hz fino ai 2 Hz.

Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. Sysmatrack, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.0667 e 20.0 mS;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- "Automatic Gain Control"
- convertitore A/D a 24 bit
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 10 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea".

In particolare è stato utilizzato il seguente setup:

- 12 geofoni con interspazio (Gx) di 2.5 metri;

- n. 1 energizzazioni ad offset (Dx) 5 m;
- passo di campionatura pari a 500 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 4.096 sec.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume.



Elaborazione dati

L'analisi può essere ricondotta in quattro fasi :

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K ;
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (Hz);
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente, alcuni dei parametri degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di

dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori..... 12
Distanza tra i sensori:.....2.5m
Numero di campioni temporali3072
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 6142ms
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

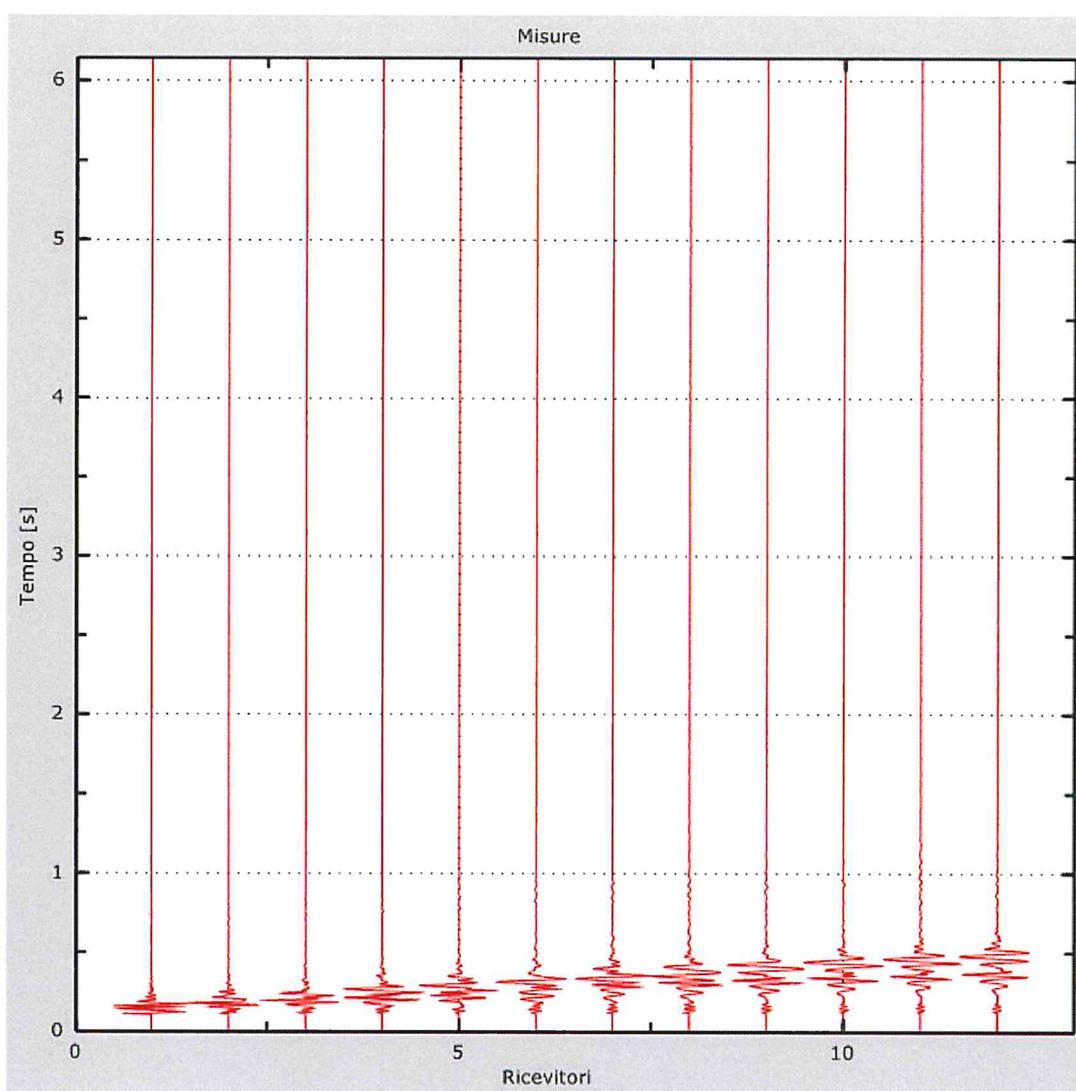


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale..... 2Hz

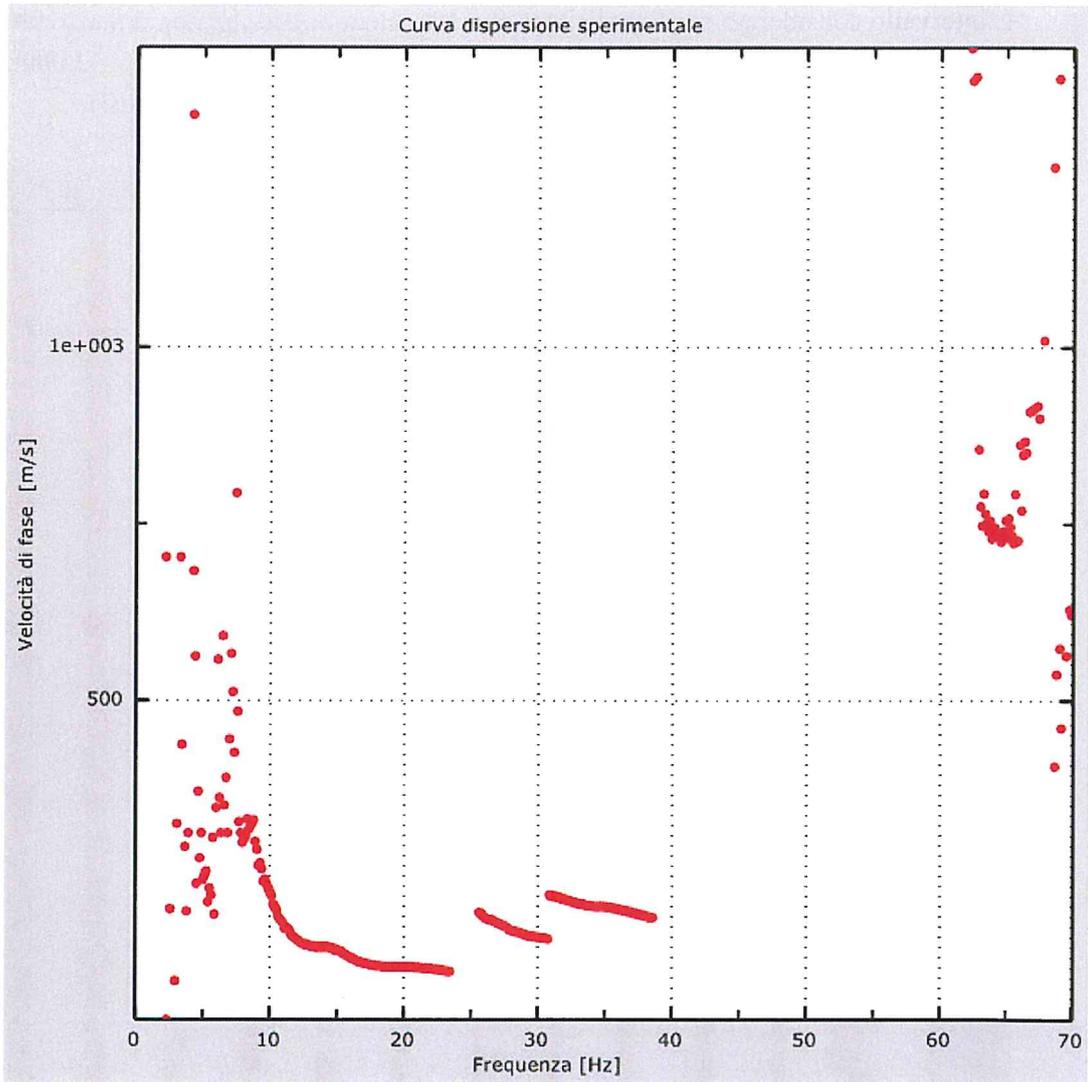


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12
Numero di campioni temporali 3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 43598ms
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

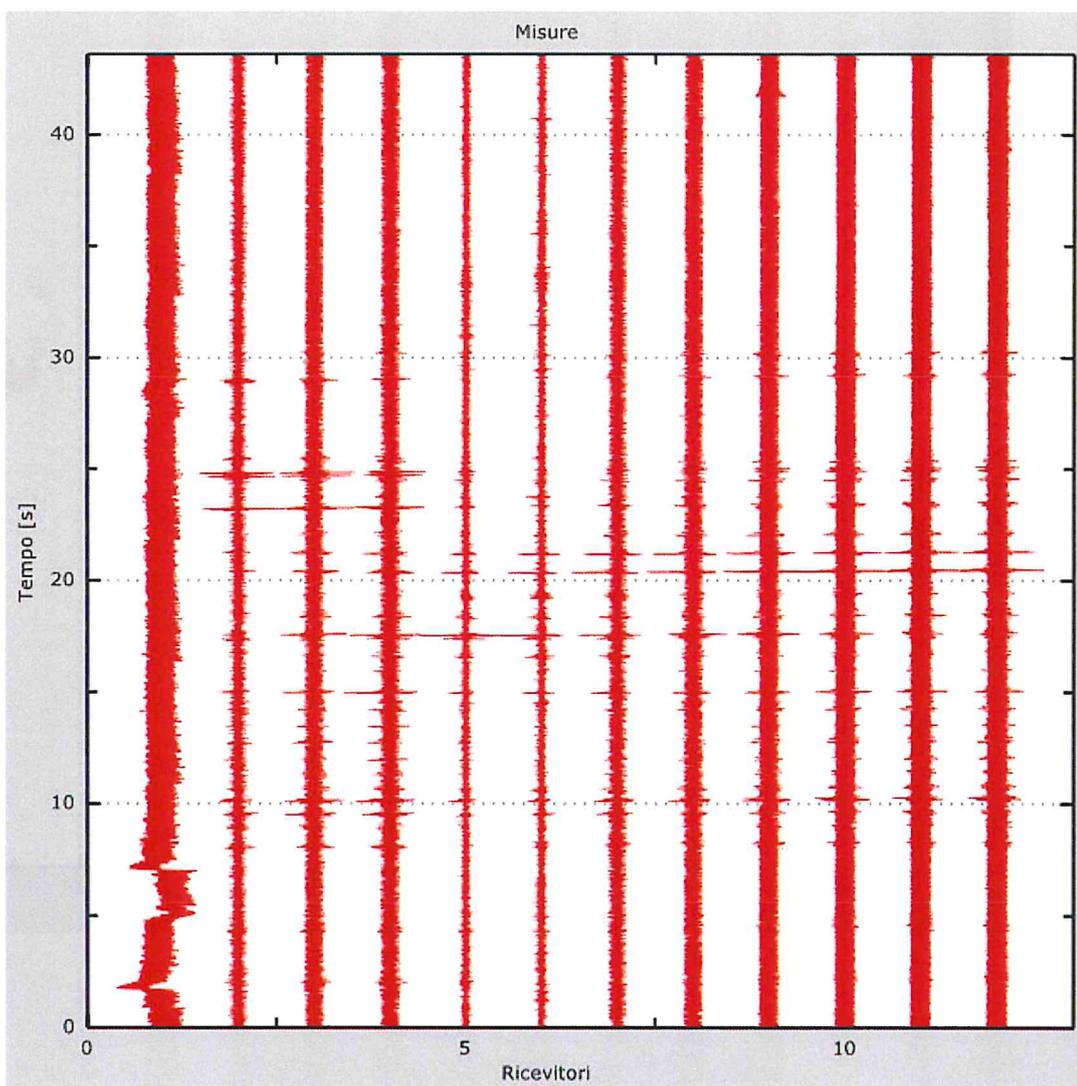


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
1.5714	493.965	354.167	633.763
3.7141	465.041	416.835	513.247
5.71857	412.014	354.167	469.862
7.2392	368.629	320.422	416.835
8.62159	310.781	286.678	334.884
10.2113	209.548	175.804	243.292
11.3864	175.804	156.521	195.086
14.7041	151.701	127.597	175.804
18.091	117.956	89.0325	146.88
22.6529	108.315	74.5706	142.059

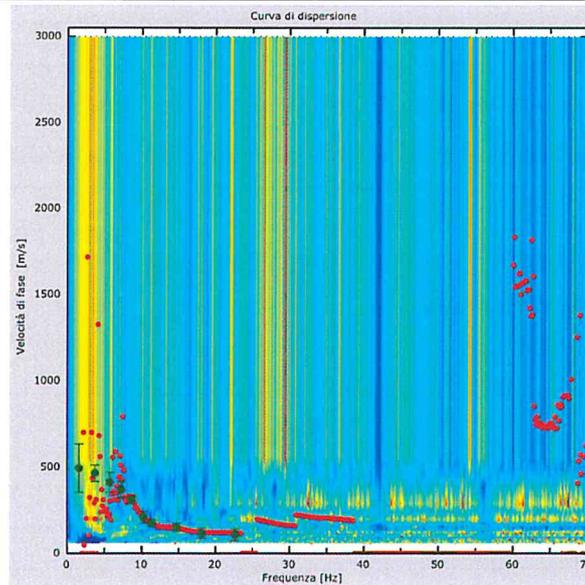


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	9
Spaziatura ricevitori [m]	2.5m
Numero ricevitori.....	12
Numero modi	10

Strato 1

h [m].....	1
z [m].....	-1
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.35
Vs [m/s]	120
Vp [m/s].....	250
Vs min [m/s]	60
Vs max [m/s].....	241
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	120

Strato 2

h [m].....	1
z [m].....	-2
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.35
Vs [m/s]	169
Vp [m/s].....	352
Vs min [m/s]	84
Vs max [m/s].....	337
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	169

Strato 3

h [m].....	2
z [m].....	-4
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.35
Vs [m/s]	195
Vp [m/s].....	406
Vs min [m/s]	98

Vs max [m/s].....	391
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	195

Strato 4

h [m].....	2
z [m].....	-6
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.35
Vs [m/s]	233
Vp [m/s]	485
Vs min [m/s]	116
Vs max [m/s].....	466
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	233

Strato 5

h [m].....	4
z [m].....	-10
Densità [kg/m ³]	1900
Poisson	0.35
Vs [m/s]	345
Vp [m/s]	718
Vs min [m/s]	173
Vs max [m/s].....	691
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	345

Strato 6

h [m].....	5
z [m].....	-15
Densità [kg/m ³]	1950
Poisson	0.3
Vs [m/s]	410
Vp [m/s]	767
Vs min [m/s]	205
Vs max [m/s].....	819
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	

Vs fin.[m/s]410

Strato 7

h [m]..... 5

z [m].....-20

Densità [kg/m³] 1950

Poisson 0.3

Vs [m/s] 410

Vp [m/s] 767

Vs min [m/s] 205

Vs max [m/s]..... 819

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]410

Strato 8

h [m]..... 6

z [m].....-26

Densità [kg/m³] 2000

Poisson 0.3

Vs [m/s] 458

Vp [m/s] 857

Vs min [m/s] 229

Vs max [m/s]..... 916

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]458

Strato 9

h [m]..... 0

z [m].....-∞

Densità [kg/m³] 2000

Poisson 0.3

Vs [m/s] 549

Vp [m/s] 1027

Vs min [m/s] 274

Vs max [m/s]..... 1098

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 549

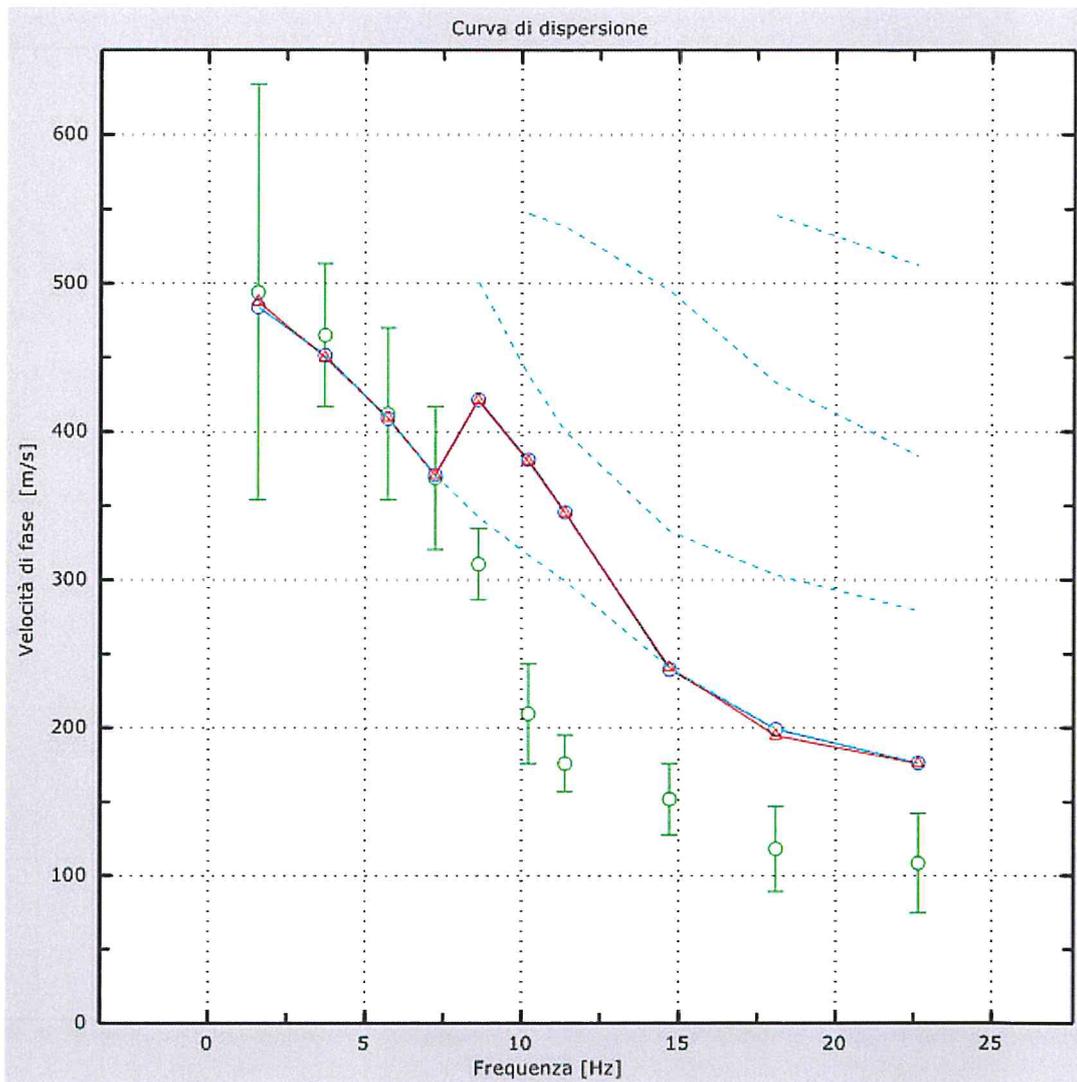


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

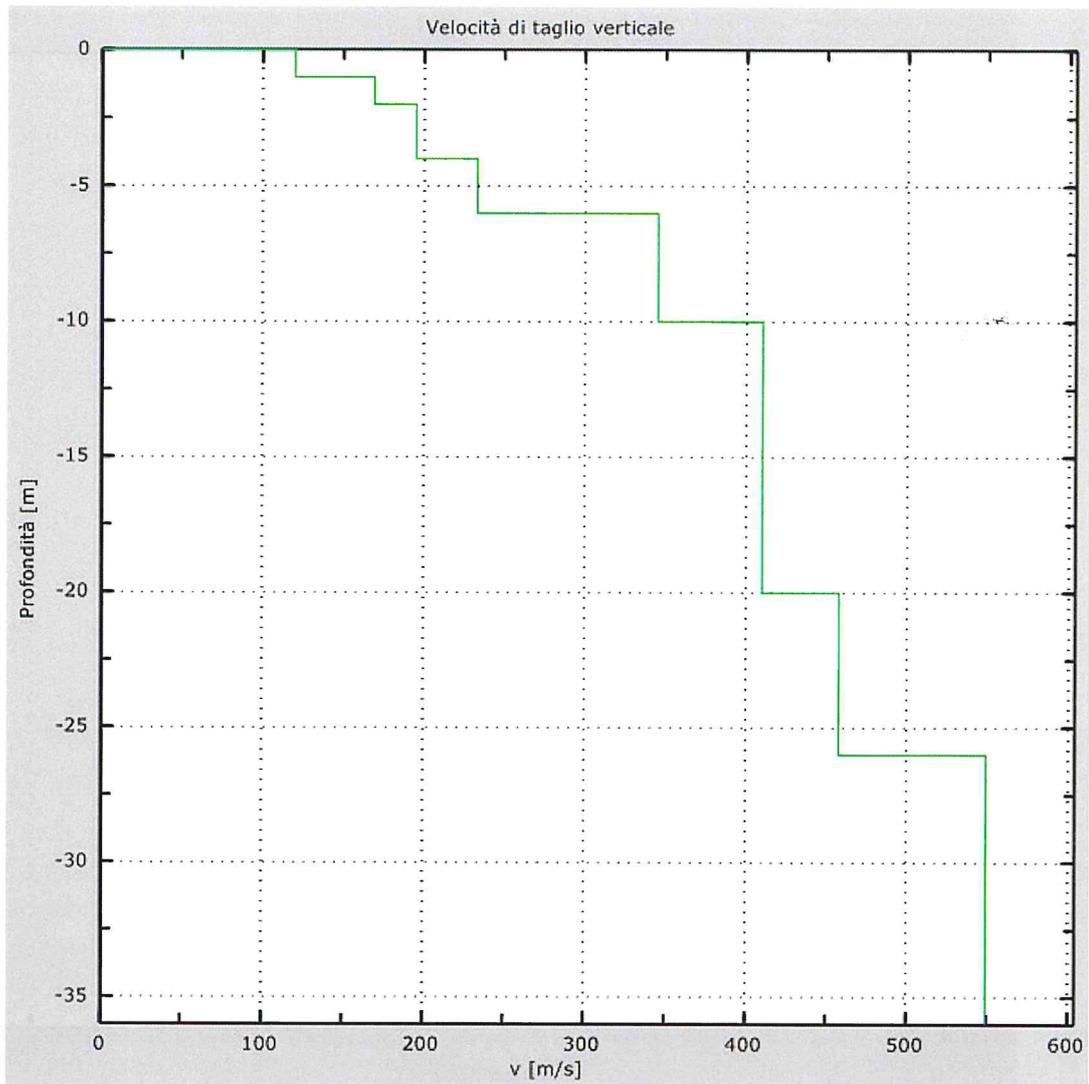


Figura 6: Profilo Vs numerico

6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m]	0
Vs30 [m/s]	335
La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008	
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).	
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.	
L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 9	
Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità	
Tipo di suolo	C



Appendice Tipo di suolo

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo 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 $V_{s,30}$ 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).

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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_{s30} 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).

Tipo D: Depositati 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_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo 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).

Tipo S1: Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

Tipo S2: Depositati di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1. Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Consorzio di Bonifica Centro Geologo : LUIGI MARINELLI Geologo esecutore delle prove: Graziano Nicola Della Pelle Cantiere: Cugnoli (PE) Località: c/da San Pietro	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) 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 α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- 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:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
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 $A=10$ cm²
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 $A=10$ cm² 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 $A=20.27$ cm² 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 $A = 20$
cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . 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.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/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:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa^n \sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

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

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 immersione $d = 1$ 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 Dr %.
- 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) $s > 15$ 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

- Buismann-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 τ 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 , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .

- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cm²), 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/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- 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 ...DPSH

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/04/2017
 Profondità prova 8.80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	2	0.847	16.34	19.29	0.82	0.96
0.80	2	0.843	16.27	19.29	0.81	0.96
1.00	2	0.840	16.20	19.29	0.81	0.96
1.20	2	0.836	16.13	19.29	0.81	0.96
1.40	2	0.833	16.06	19.29	0.80	0.96
1.60	1	0.830	7.39	8.91	0.37	0.45
1.80	2	0.826	14.73	17.82	0.74	0.89
2.00	3	0.823	22.01	26.73	1.10	1.34
2.20	3	0.820	21.92	26.73	1.10	1.34
2.40	3	0.817	21.84	26.73	1.09	1.34
2.60	3	0.814	20.23	24.85	1.01	1.24
2.80	3	0.811	20.16	24.85	1.01	1.24
3.00	3	0.809	20.09	24.85	1.00	1.24
3.20	3	0.806	20.03	24.85	1.00	1.24
3.40	3	0.803	19.96	24.85	1.00	1.24
3.60	3	0.801	18.59	23.21	0.93	1.16
3.80	3	0.798	18.53	23.21	0.93	1.16
4.00	4	0.796	24.63	30.94	1.23	1.55
4.20	3	0.794	18.42	23.21	0.92	1.16
4.40	4	0.791	24.49	30.94	1.22	1.55
4.60	4	0.789	22.91	29.03	1.15	1.45
4.80	4	0.787	22.85	29.03	1.14	1.45
5.00	4	0.785	22.79	29.03	1.14	1.45
5.20	4	0.783	22.73	29.03	1.14	1.45
5.40	5	0.781	28.34	36.28	1.42	1.81
5.60	6	0.779	31.95	41.00	1.60	2.05
5.80	5	0.777	26.56	34.17	1.33	1.71
6.00	6	0.775	31.80	41.00	1.59	2.05
6.20	7	0.774	37.01	47.84	1.85	2.39

6.40	6	0.772	31.66	41.00	1.58	2.05
6.60	9	0.770	44.77	58.12	2.24	2.91
6.80	13	0.719	60.34	83.95	3.02	4.20
7.00	10	0.767	49.54	64.58	2.48	3.23
7.20	12	0.766	59.33	77.49	2.97	3.87
7.40	13	0.714	59.95	83.95	3.00	4.20
7.60	13	0.713	56.71	79.57	2.84	3.98
7.80	15	0.711	65.31	91.81	3.27	4.59
8.00	15	0.710	65.18	91.81	3.26	4.59
8.20	16	0.709	69.39	97.93	3.47	4.90
8.40	16	0.707	69.26	97.93	3.46	4.90
8.60	16	0.706	65.71	93.08	3.29	4.65
8.80	18	0.705	73.79	104.71	3.69	5.24

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.8	1.89	18.36	Incoerente - coesivo	0	1.62	1.86	0.15	1.47	2.78	Strato
6	3.76	28.79	Incoerente - coesivo	0	1.79	1.88	0.67	1.47	5.53	Strato
8.8	12.79	79.56	Incoerente - coesivo	0	2.1	2.31	1.34	1.47	18.8	Strato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	Schmertmann (1975)	0.20
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	Schmertmann (1975)	0.39
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	Schmertmann (1975)	1.32

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	Stroud e Butler (1975)	12.76
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	Stroud e Butler (1975)	25.37

Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	Stroud e Butler (1975)	86.25
----------------------	------	-----------	------------------------	-------

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	Apollonia	27.80
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	Apollonia	55.30
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	Apollonia	188.00

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	Meyerhof	1.62
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	Meyerhof	1.79
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	Meyerhof	2.10

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	Meyerhof	1.86
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	Meyerhof	1.88
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	Meyerhof	2.31

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	2.78	Schultze & Menzenbach (1961)	46.21
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	5.53	Schultze & Menzenbach (1961)	43.09

Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	18.8	Schultze & Menzenbach (1961)	64.47
----------------------	------	-----------	------	------------------------------------	-------

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	2.78	Shioi-Fukuni (1982)	21.46
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	5.53	Shioi-Fukuni (1982)	24.11
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	18.8	Meyerhof (1956)	25.37

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	2.78	Schultze- Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	19.12
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	5.53	Schultze- Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	35.07
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	18.8	Schultze- Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	112.04

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	2.78	Begemann (1974)	33.17
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	5.53	Begemann (1974)	38.82
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	18.8	Begemann (1974)	66.08

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	2.78	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	5.53	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	18.8	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di
-------------	------	--------------	------------	--------------	---------------

		(m)			Volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	2.78	Meyerhof ed altri	1.38
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	5.53	Meyerhof ed altri	1.42
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	18.8	Meyerhof ed altri	1.58

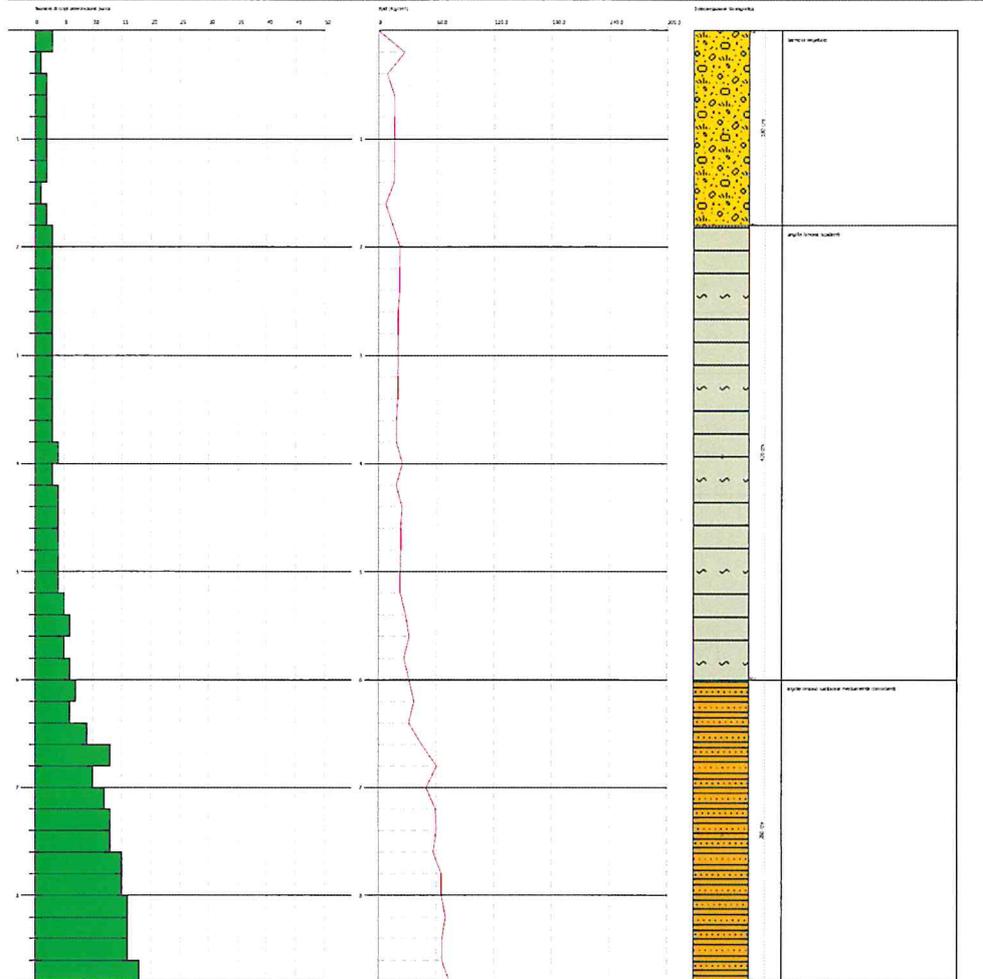
Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) Strato	2.78	0.00-1.80	2.78	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.86
Strato (2) Strato	5.53	1.80-6.00	5.53	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
Strato (3) Strato	18.8	6.00-8.80	18.8	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.98

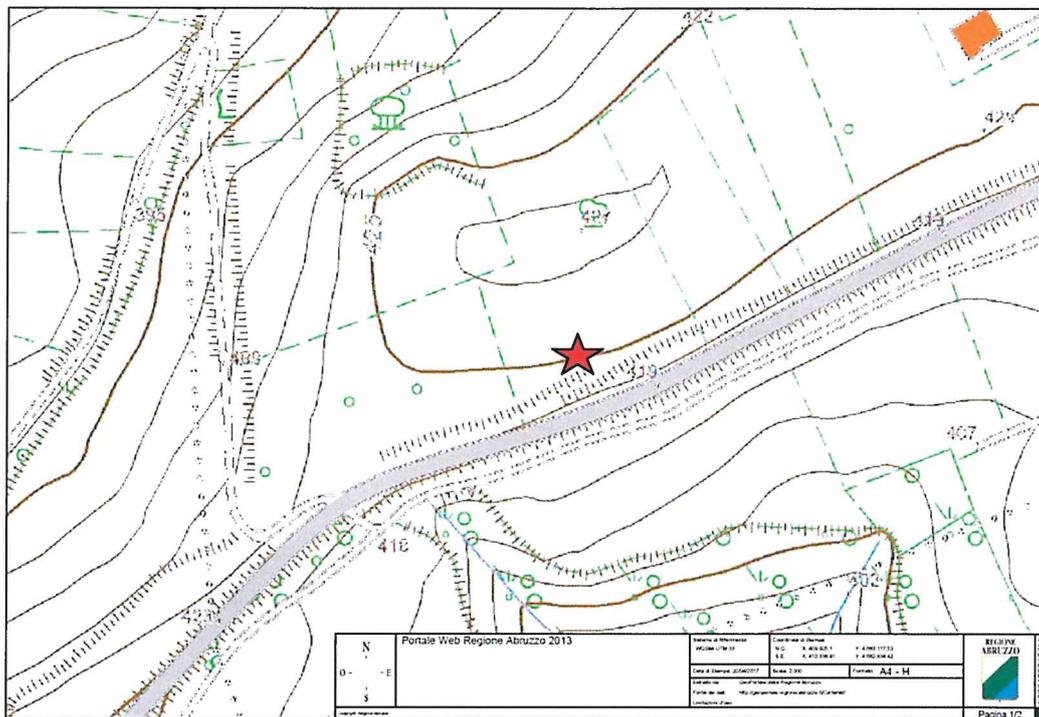
**PADOVA PENETROMETRIA DINAMICA DPHH
Strumento MB2350... DPHH TC 63-200 PAGANI**

Coordinate:
Cantieri: **Strada 10, 36010 Cugnoli (PE)**
Indirizzo: **Strada 10**

Data: 14/06/2017



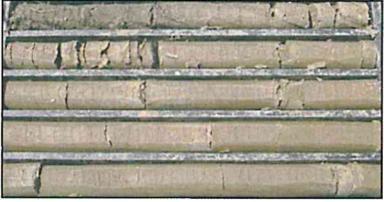
CUGNOLI 2



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

UBICAZIONE SONDAGGIO S2



COMMITTENTE: GEOL MARINELLI		Operatore: E. Beqiraj		Quota s.l.m.: 425,00 m		N° S2				
OPERA: INDAGINI GEOGNOSTICHE		Perforazione : rotazione		Data inizio: 13/04/2017		Metri: 15,0 m				
LOCALITA': CUGNOLI (CH)		Rivestimento: NO		Data fine: 13/04/2017		Scala: 1:100				
CANTIERE: LOC.		Campionatore: NO		GEOLOGO : Dott. Graziano Nicola Della Pelle						
Profondità (m)	Potenza (m)	Stratigrafia (m)	CARATTERISTICHE GEOGNOSTICHE	Falda (m)	Pocket Penetrometer (Kg/cm2) 2-3-4-5>R	Piezometro	Rivestimento	N° S.P.T.	Campione Ind. (m)	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
0,00	0,50		Terreno vegetale costituito da limo argilloso di colore bruno	2	4	6	8			
			Limo argilloso di colore avana mediamente consistente in profondità aumentano i livelli di argilla grigia						4 5 3 15 12 17	
			Argilla e limi sabbiosi di colore avana con livelli grigiastri e livelli grigio chiaro (con maggiore percentuale di argilla) consistente						20 25 50	
			Argilla marnosa molto compatta alternanza e marni calcarei torbiditiche.						35 50 RIF.	
			FONDO FORO							
	N.D.									
15,00										

METODOLOGIA MASW e REMI

INTRODUZIONE

Le prove geofisiche oggetto del presente rapporto sono state eseguite per conto del GEOL. Luigi Marinelli e della Ditta: CONSORZIO DI BONIFICA – Bacino Saline Pescara Alento Foro ed ha riguardato la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali e trasversali dei terreni interessati dal progetto di “Progetto per l’estendimento dell’impianto irriguo consortile del comune di Cugnoli, in provincia di Pescara”.

Tale valutazione è effettuata sulla base del D.M. del 14/01/2008 disciplina le norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici soggetti ad azioni sismiche.

Per il caso oggetto di studio è stata realizzata una prova sismica attiva del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e una prova sismica passiva REMI che combinate hanno permesso di meglio caratterizzare dal punto di vista geofisico i terreni oggetto del presente studio, entrambe le metodologie di indagine si basano sulla misurazione e sull’analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato.

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

I metodi MASW e REMI sono delle tecniche di indagine non invasive che consentono la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs. La metodologia MASW è una prova sismica di tipo “attivo”, difatti per la registrazione del segnale da elaborare vi è bisogno di energizzare il terreno. Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d’onda si

propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza. La metodologia REMI, è una tecnica di sismica “passiva” si basa cioè sulla misura dei rumori ambientali che caratterizzano il sito in oggetto.

Per la determinazione delle V_s nella presente campagna di indagini si è scelto di adottare un'analisi congiunta tra la metodologia MASW e quella REMI, tutto ciò al fine di poter meglio caratterizzare l'intero range di frequenze ottenuto in termini di curva sperimentale.

Difatti con la tecnica della sismica attiva si possono ottenere buoni risultati in termini di acquisizione dati, fino a frequenze che si aggirano intorno ai 10-15 Hz riuscendo a “fittare” con un certo grado di precisione la curva sperimentale registrata, mentre con la tecnica di acquisizione passiva si riesce a interpolare la curva sperimentale in quel range di frequenze dove la tecnica MASW denuncia a volte, in certe situazioni stratigrafiche, alcune carenze cioè in quell'intervallo di frequenze comprese tra i 10-15 Hz fino ai 2 Hz.

Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. Sysmatrack, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.0667 e 20.0 mS;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- “Automatic Gain Control”
- convertitore A/D a 24 bit
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 10 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea".

In particolare è stato utilizzato il seguente setup:

- 12 geofoni con interspazio (Gx) di 2.5 metri;

- n. 1 energizzazioni ad offset (Dx) 5 m;
- passo di campionatura pari a 500 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 4.096 sec.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume.



Elaborazione dati

L'analisi può essere ricondotta in quattro fasi :

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K ;
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V fase (m/sec) – frequenza (Hz);
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente, alcuni dei parametri degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di

dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori..... 12
Distanza tra i sensori:.....2.5m
Numero di campioni temporali 3072
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 6142ms
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

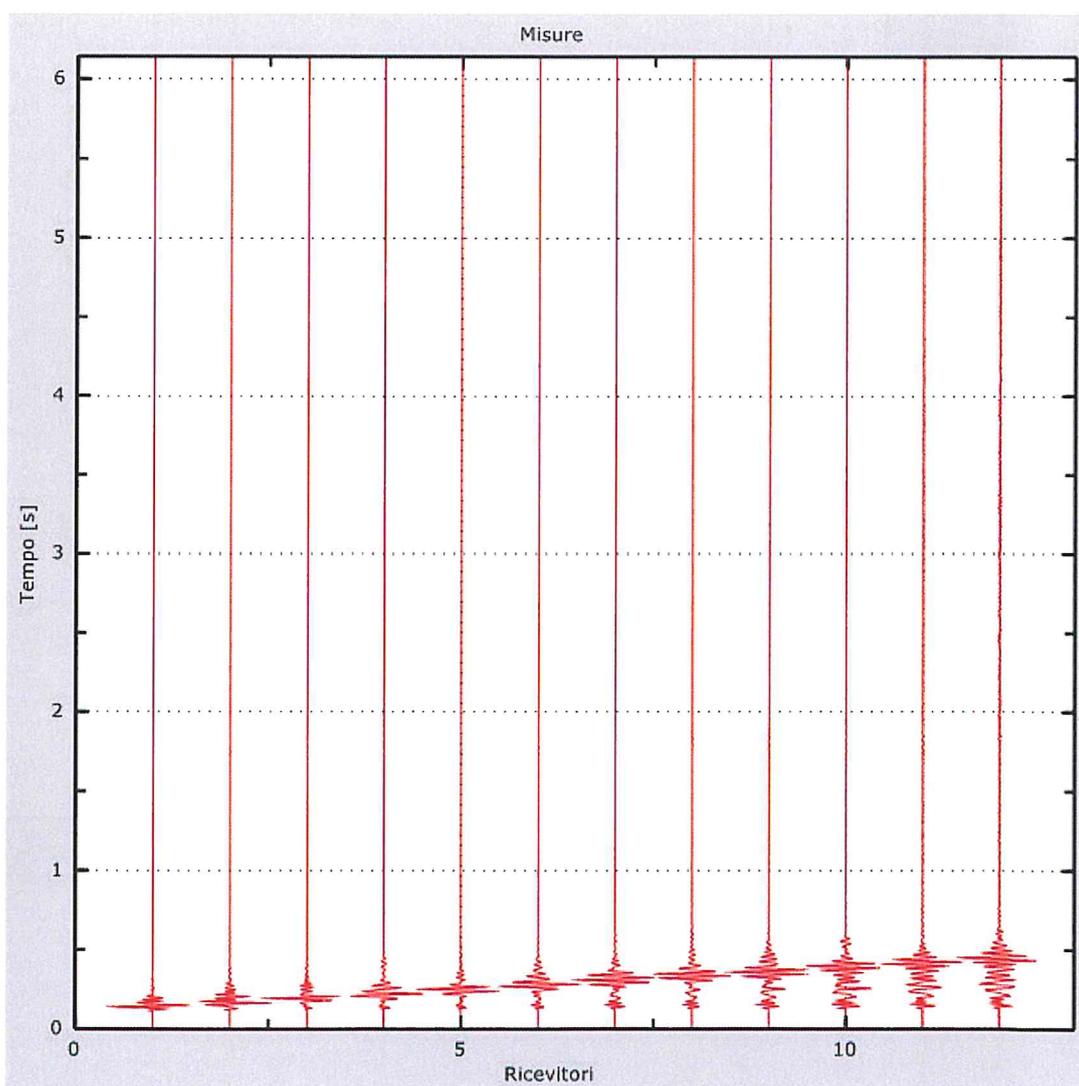


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale..... 2Hz

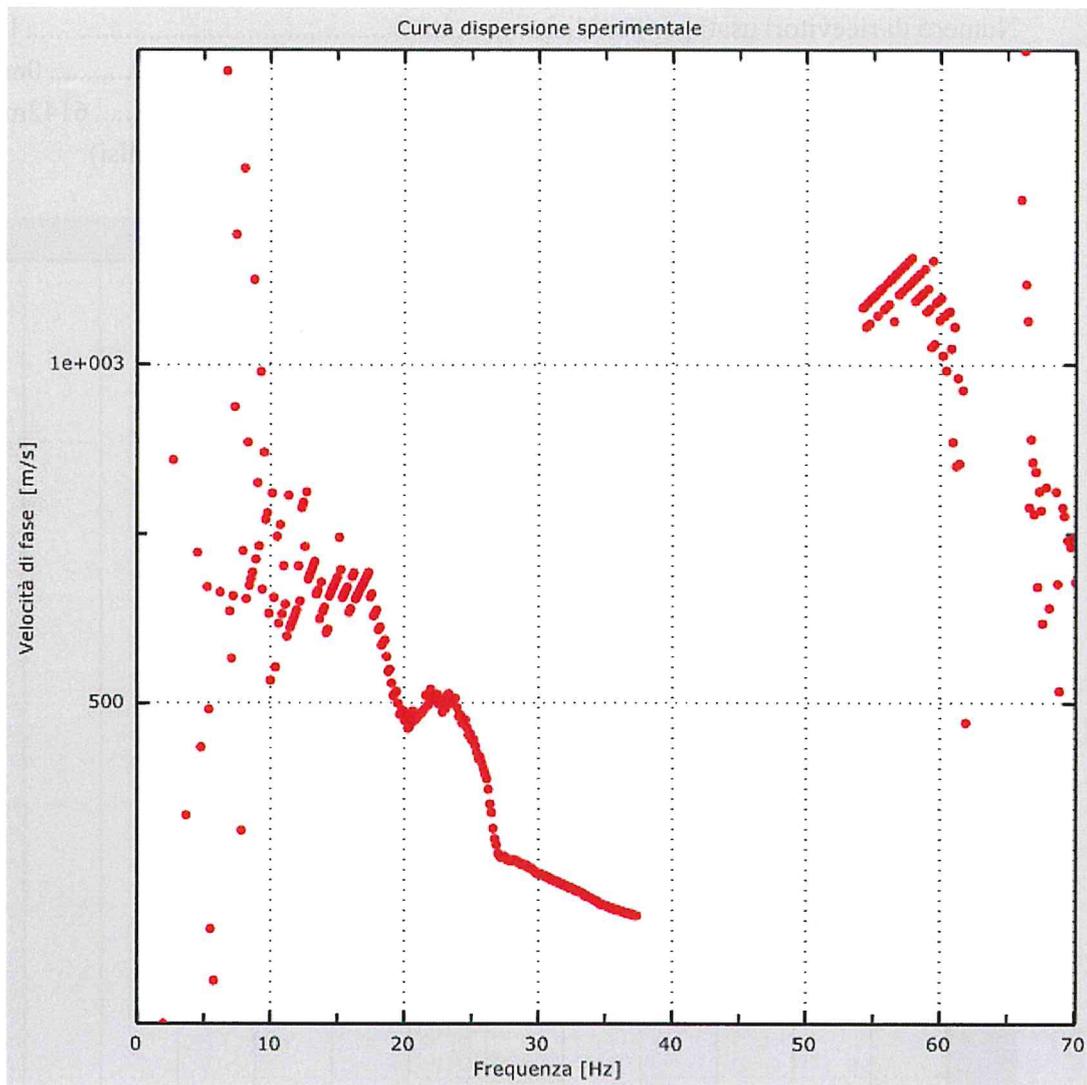


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori..... 12
Numero di campioni temporali 3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 43598ms
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

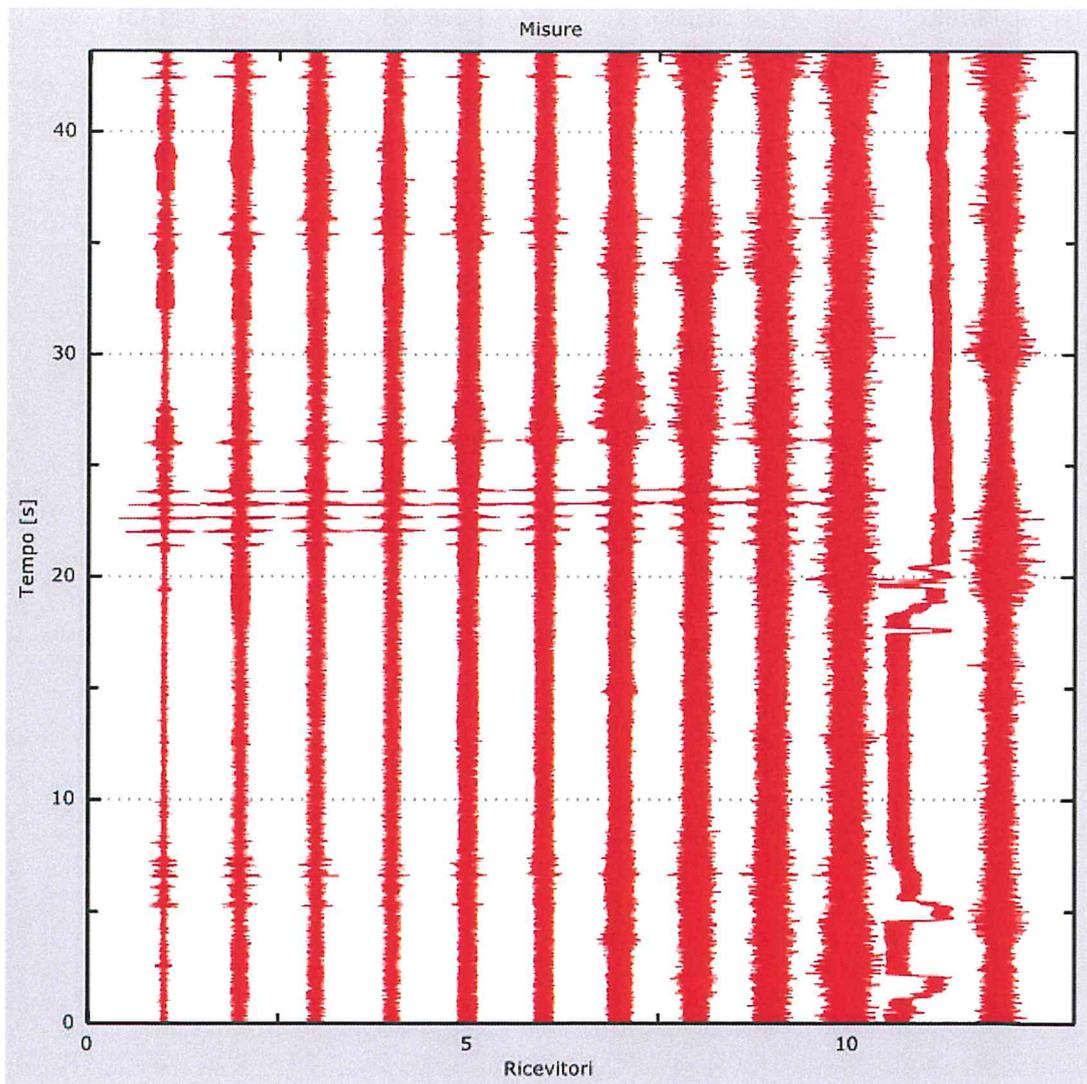


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
3.57586	638.584	445.759	831.409
6.13329	643.404	571.095	715.714
13.8747	600.019	561.454	638.584
18.1601	585.557	556.633	614.481
19.4042	508.427	469.862	546.992
20.3719	465.041	445.759	484.324
26.2471	354.167	330.064	378.27
27.1456	272.216	252.934	291.499
30.8781	228.831	195.086	262.575
34.1267	204.727	180.624	228.831
36.6841	195.086	170.983	219.189

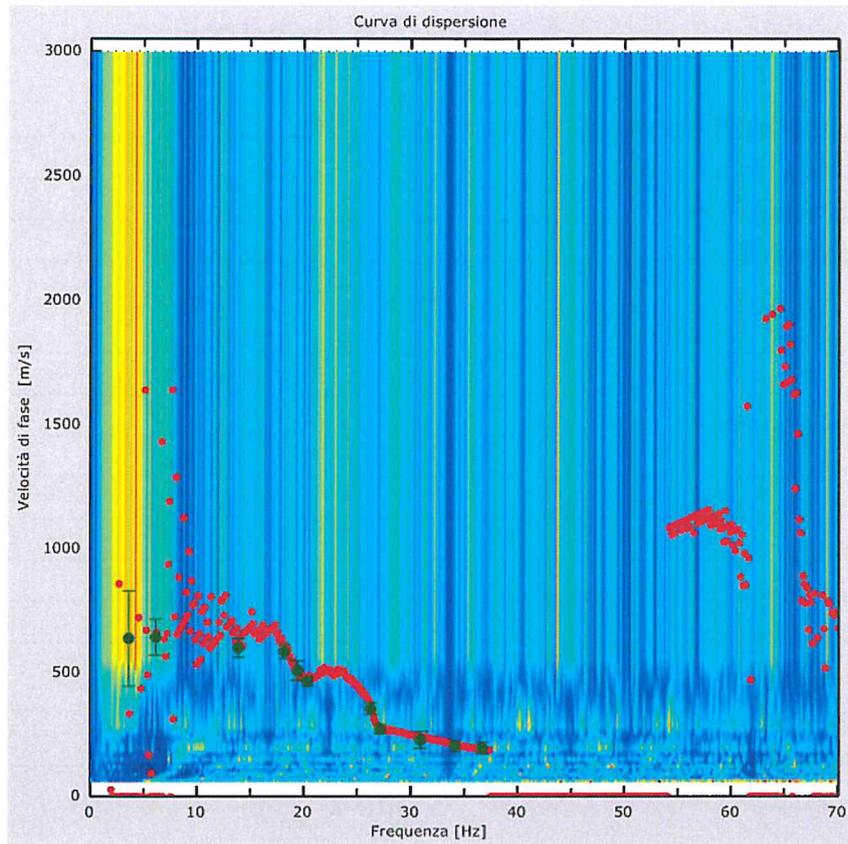


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	9
Spaziatura ricevitori [m]	2.5m
Numero ricevitori.....	12
Numero modi	10

Strato 1

h [m].....	1
z [m].....	-1
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.35
Vs [m/s]	217
Vp [m/s]	452
Vs min [m/s]	108
Vs max [m/s].....	434
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	217

Strato 2

h [m].....	2
z [m].....	-3
Densità [kg/m ³]	1900
Poisson	0.35
Vs [m/s]	302
Vp [m/s]	629
Vs min [m/s]	151
Vs max [m/s].....	605
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	302

Strato 3

h [m].....	3
z [m].....	-6
Densità [kg/m ³]	1950
Poisson	0.3
Vs [m/s]	394
Vp [m/s]	737
Vs min [m/s]	197

Vs max [m/s].....	787
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	394

Strato 4

h [m].....	4
z [m].....	-10
Densità [kg/m ³]	1980
Poisson	0.25
Vs [m/s]	565
Vp [m/s]	979
Vs min [m/s]	282
Vs max [m/s].....	1130
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	565

Strato 5

h [m].....	4
z [m].....	-14
Densità [kg/m ³]	2000
Poisson	0.25
Vs [m/s]	651
Vp [m/s]	1128
Vs min [m/s]	325
Vs max [m/s].....	1301
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	651

Strato 6

h [m].....	4
z [m].....	-18
Densità [kg/m ³]	2000
Poisson	0.25
Vs [m/s]	667
Vp [m/s]	1155
Vs min [m/s]	333
Vs max [m/s].....	1333
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	

Vs fin.[m/s] 667

Strato 7

h [m] 4

z [m] -22

Densità [kg/m³] 2000

Poisson 0.25

Vs [m/s] 667

Vp [m/s] 1155

Vs min [m/s] 333

Vs max [m/s] 1333

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 667

Strato 8

h [m] 4

z [m] -26

Densità [kg/m³] 2000

Poisson 0.25

Vs [m/s] 667

Vp [m/s] 1155

Vs min [m/s] 333

Vs max [m/s] 1333

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 667

Strato 9

h [m] 0

z [m] -∞

Densità [kg/m³] 2000

Poisson 0.25

Vs [m/s] 710

Vp [m/s] 1230

Vs min [m/s] 355

Vs max [m/s] 1419

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] 710

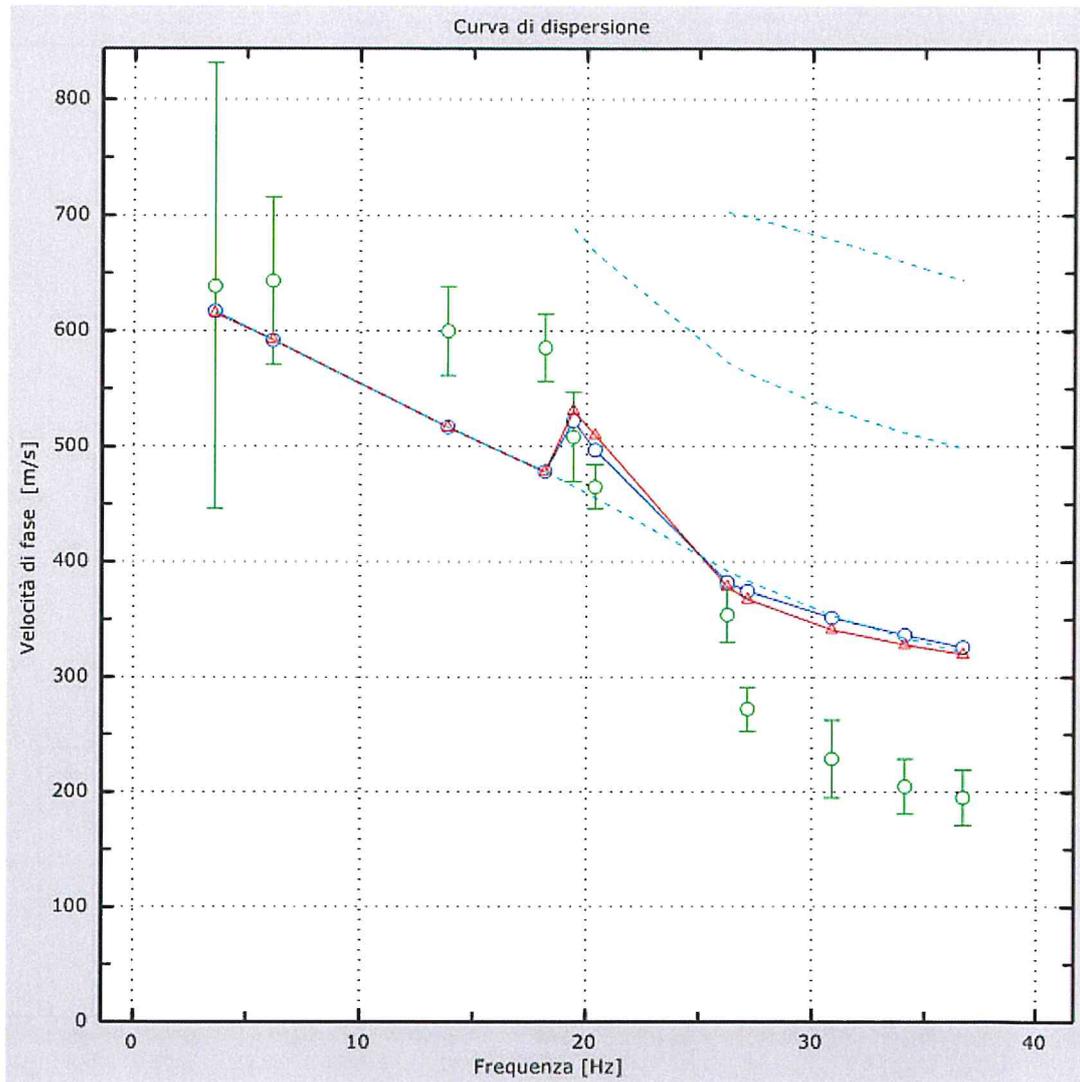


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

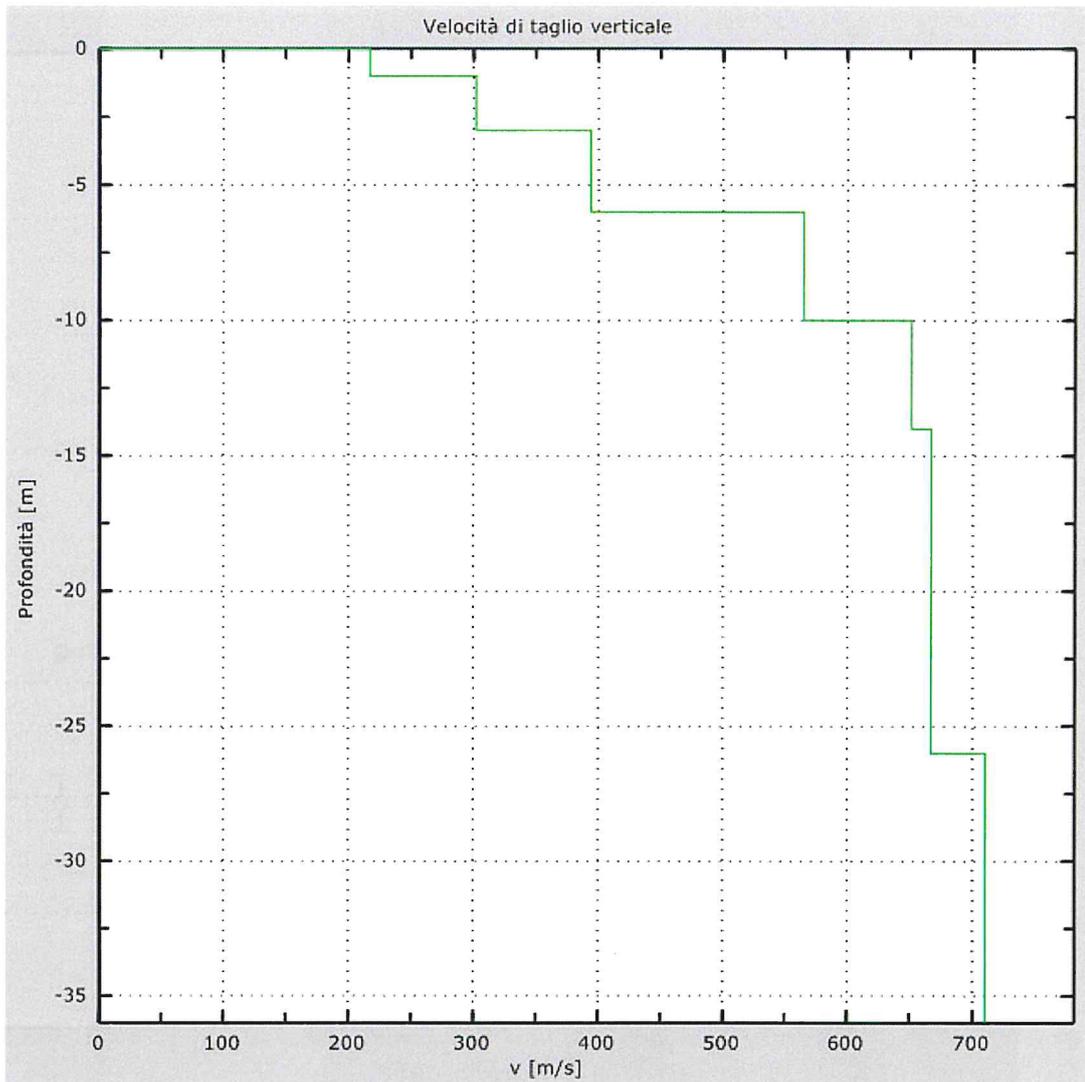


Figura 6: Profilo Vs numerico

6 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m]	0
Vs30 [m/s]	538
La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008	
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).	
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.	
L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 9	
Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità	
Tipo di suolo	B



Appendice Tipo di suolo

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo 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 $V_{s,30}$ 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).

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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_{s30} 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).

Tipo D: Depositati 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_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo 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).

Tipo S1: Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

Tipo S2: Depositati di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1. Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Consorzio di Bonifica Centro Geologo : LUIGI MARINELLI Geologo esecutore delle prove: Graziano Nicola Della Pelle Cantiere: Cugnoli (PE) Località:	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



ROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) 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 α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- 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:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
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 $A=10$ cm²
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 $A=10$ cm² 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 $A=20.27$ cm² 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 $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . 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.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

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

R _{pd}	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa)^n \sigma_{vo}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

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

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

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

Nspt 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 Dr %.
- 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) $s > 15$ 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

- Buismann-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 τ 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_o)

- 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 , (C_u-N_{spt}-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con N_c = 20 e Q_c/N_{spt} = 2.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .

- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cm²), 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 (E_{ed}) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- 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 ...DPSH

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/04/2017
 Profondità prova 2.60 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	4	0.855	35.92	42.03	1.80	2.10
0.40	2	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.41	0.48
0.80	4	0.843	32.53	38.57	1.63	1.93
1.00	5	0.840	40.49	48.22	2.02	2.41
1.20	7	0.836	56.45	67.50	2.82	3.38
1.40	9	0.833	72.29	86.79	3.61	4.34
1.60	10	0.830	73.92	89.11	3.70	4.46
1.80	14	0.776	96.85	124.75	4.84	6.24
2.00	14	0.773	96.46	124.75	4.82	6.24
2.20	15	0.770	102.94	133.66	5.15	6.68
2.40	39	0.617	214.47	347.52	10.72	17.38
2.60	75	0.614	381.52	621.13	19.08	31.06

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	3.2	31.9	Incoerente - coesivo	0	1.74	1.88	0.09	1.47	4.7	Strato
2.2	11.5	104.43	Incoerente - coesivo	0	2.08	2.29	0.3	1.47	16.91	Strato
2.6	57	484.33	Incoerente - coesivo	0	2.5	2.5	0.47	1.47	83.79	Strato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	Schmertmann (1975)	0.33
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	Schmertmann (1975)	1.18
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	Schmertmann (1975)	5.87

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	Stroud e Butler (1975)	21.56
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	Stroud e Butler (1975)	77.58
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	Stroud e Butler (1975)	384.43

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	Apollonia	47.00
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	Apollonia	169.10
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	Apollonia	837.90

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	Meyerhof	1.74
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	Meyerhof	2.08
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	Meyerhof	1.88
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	Meyerhof	2.29
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	Meyerhof	2.50

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	4.7	Schultze & Menzenbach (1961)	68
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	16.91	Schultze & Menzenbach (1961)	90.76
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	83.79	Schultze & Menzenbach (1961)	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	N _{1,60} =0	Kulhawy & Mayne (1990) N ₁₆₀	26.4
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	N _{1,60} =0	Kulhawy & Mayne (1990) N ₁₆₀	26.4
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	N _{1,60} =0	Kulhawy & Mayne (1990) N ₁₆₀	26.4

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	4.7	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	30.26
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	16.91	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	101.08
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	83.79	Schultze-Menzenbach Sabbia fina	309.21

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico
-------------	------	------------------	------------	--------------	-------------------

					(Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	4.7	Begemann (1974)	37.12
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	16.91	Begemann (1974)	62.20
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	83.79	Menzenbach e Malcev	334.62

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	4.7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	16.91	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	83.79	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	4.7	Meyerhof ed altri	1.41
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	16.91	Meyerhof ed altri	1.56
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	83.79	Meyerhof ed altri	1.97

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) Strato	4.7	0.00-1.00	4.7	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
Strato (2) Strato	16.91	1.00-2.20	16.91	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.97
Strato (3) Strato	83.79	2.20-2.60	83.79	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.22

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPH
Strumento utilizzato... DPHI TG 63-200 PAGANI

Consistenza:
 Classe: P2 (per il Tab.1) e P3 (per il Tab.2) e P4 (per il Tab.3)
 Sfruttamento: P2

Data: 11/04/2017

