

CONSORZIO DI BONIFICA CENTRO

BACINO SALINE-PESCARA-ALENTO-FORO

- via Gizio n.36 * 66100 Chieti -



COMUNE DI PENNE

- Provincia di Pescara -



PROGETTO PRELIMINARE

A/G.C 149

INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DELLE PENDICI DELL'INVASO DELLA DIGA DI PENNE

* ED ELIMINAZIONE DELLE INFILTRAZIONI SULLA SPONDA DESTRA DEL CORPO DIGA *



RELAZIONE GEOLOGICA E
RELAZIONE GEOTECNICA



Luglio 2013

IL PROGETTISTA

I 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 PRELIMINARE
INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE
DELLE PENDICI DELL'INVASO DELLA DIGA DI PENNE

- Comune di Penne, in provincia di Pescara -



RELAZIONE GEOLOGICA E
RELAZIONE GEOTECNICA



Luglio 2013

IL PROGETTISTA

RELATORI

Dott. Geol. Luigi MARINELLI

Dott. Geol. Pierpaolo MARINELLI

* S O M M A R I O *

- ◇ ◇ ◇
1. **PREMESSE**
 - 1.2. SETTORI INDAGATI
 - 1.3. UBICAZIONE E NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
 - 1.3. FASI OPERATIVE * INDAGINI E SONDAGGI
 - 1.4. ELABORATI CARTOFOTOGRAFICI ALLEGATI

◇ ◇ ◇

*** RELAZIONE GEOLOGICA *

2. **ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA**
 - 2.1. CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI PEDEMONTANI
 - 2.2. CARATTERI TETTONICI
 - 2.3. CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI DELL'INVASO
 - 2.4. STABILITA' DELLE SPONDE DEL LAGO'
3. **ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA**
4. **CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELLA SPONDA DESTRA**
 - 4.1 LITOSTRATIGRAFIA SETTORI N.1 E N.2
 - 4.2 MORFOLOGIA – DISSESTI SETTORI N.1 E N.2
5. **CARATTERI GEOMORFOLOGICI SPONDA SINISTRA * SETTORE N.3**
 - 5.1 LITOSTRATIGRAFIA* SETTORE N.3
 - 5.2. MORFOLOGIA * DISSESTI* SETTORE N.3
6. **CARATTERI GEOMORFOLOGICI SPONDA SINISTRA * PONTE**
 - 6.1 LITOSTRATIGRAFIA* SETTORE N.4 - PONTE
 - 6.2. MORFOLOGIA * DISSESTI DEL PONTE



*** RELAZIONE GEOTECNICA *

7. **CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**
 - 7.1. **CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA SPONDA DESTRA *SETTORE N.1**
 - 7.1.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA
 - 7.1.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA
 - 7.1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA * MODELLAZIONE
 - 7.1.4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA
 - 7.1.5 INTERVENTI IPOTETICI
 - 7.2. **CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA SPONDA DESTRA *SETTORE N.2**
 - 7.2.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA
 - 7.2.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA
 - 7.2.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA * MODELLAZIONE

7.2.4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

7.2.5 INTERVENTI IPOTETICI

7.3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA SPONDA SINISTRA *SETTORE N.3

7.3.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

7.3.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

7.3.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA * MODELLAZIONE

7.3.4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

7.3.5 INTERVENTI IPOTETICI

7.4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA SPONDA SINISTRA * SETTORE N.4

7.4.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

7.4.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

7.4.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA * MODELLAZIONE

7.4.4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

7.4.5 INTERVENTI IPOTETIC

8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO DEI SETTORI

8.1. MAGLIA DI RIFERIMENTO GEOGRAFICO

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

8.3. CATEGORIA "D" DEI SOTTOSUOLI

8.4. CATEGORIA TOPOGRAFICA DEI SETTORI

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE * FATTIBILITA' GELOGICA





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



PROGETTO PRELIMINARE
INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE
DELLE PENDICI DELL'INVASO DELLA DIGA DI PENNE
- Comune di Penne, in provincia di Pescara -



RELAZIONE GEOLOGICA **E**
RELAZIONE GEOTECNICA

1 PREMESSE

Con la presente Relazione Geologica Geotecnica Preliminare per la redazione del progetto “*Interventi di stabilizzazione delle pendici dell’invaso della diga di Penne*”, si riferisce sui dati acquisiti con sopralluoghi speditivi condotti congiuntamente ai tecnici del Consorzio, con rilievi, indagini e sondaggi eseguiti sulle sponde dell’invaso coinvolte in fenomeni traslativi.

1.1. SETTORI INDAGATI

In particolare lo studio geologico preliminare, l’esame delle condizioni di stabilità è stato limitato ai settori più vistosamente dissestati e segnalati, ovvero:

- Settore n.1: sulla sponda destra del lago, in prossimità dello sbarramento (Vedi CARTA TOPOGRAFICA, in scala 1:25.000 e CARTA TOPOGRAFICA DELL’INVASO DI PENNE in scala 1:5.000);
- Settore n. 2: in destra dell’invaso, poco a monte dello sbarramento;
- Settore n. 3: sulla sponda sinistra del lago, immediatamente a monte dello sbarramento;
- Settore n. 4: in sinistra del lago, il ponte sul torrente Fonte Nuova.

Anche se in fase di progettazione preliminare, per porre rimedio ai dissesti idrogeologici rilevati, sono stati individuati ed indicati, a titolo informativo, alcune tipologie degli interventi.

Le indagini ed i sondaggi, nonché lo studio geologico geotecnico, sono stati eseguiti sulle porzioni, decisamente esigue, delle sponde osservabili e rilevabili, estese sopra il livello dell’invaso, il quale è compreso tra le curve di livello 245÷250 metri s.l.m.; consegue che le descrizioni delle condizioni di stabilità, dei fenomeni traslativi e le considerazioni sono integrate da quelle storiche, rilevate (1990÷2004 Olivero-Colombi) quando il livello di invaso è stato portato a quota 235metri s.l.m., ovvero alla quota della soglia di scarico di fondo.

1.2. UBICAZIONE E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

L'invaso del lago artificiale si estende nel settore centro settentrionale dell' Abruzzo, tra il massiccio carbonatico del Gran Sasso e l'Adriatico, nel bacino idrografico collinare del fiume Tavo, nel tenimento del comune di Penne, in Provincia di Pescara.

Il territorio di Penne, secondo l'Ordinanza Ministeriale n. 3274 del 29 marzo 2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, ricade (Vedi CARTA SISMICA APPENNINO CENTRALE)

*** IN ZONA 2, con SISMICITA' MEDIA,**

ovvero con PGA (peak ground acceleration), con picco di accelerazione al suolo compreso $a_g = 0,15 \div 0,25 g$; secondo le vigenti normative tecniche di costruzione, N.T.C. del 14.01.2008, la pericolosità sismica della località va determinata all'interno dell'allegata

*** MAGLIA GEOGRAFICA DI RIFERIMENTO.**

I versanti del lago, in particolare i *Settori* rilevati ed indagati, nell'allegata "CARTA DELLA PERICOLOSITA PER FRANA" (in scala 1:25.000) del 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., si estendono all'interno della perimetrazione delle

*** AREE IN CUI NON SONO STATI RIVELATI 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 dei progetto (Vedi CARTA DEL RISCHIO DA FRANE, in scala 1:25.000) *non ricadono* all'interno delle perimetrazioni delle

*** AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO.**

Per contro solo le sponde estese in sinistra del lago, soggette a *erosione fluviale attiva*, sono a tratti interessate da *Pericolosità da Scarpate, P_s* (Vedi CARTA GEOMORFOLOGICA E DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA, in scala 1:25.000)

1.3 FASI OPERATIVE * INDAGINI E SONDAGGI

I rilievi, le indagini e lo Studio Geologico - Idrogeologico - Geotecnico condotti per il Progetto Preliminare sono stati articolati nelle seguenti FASI OPERATIVE:

- Rilevamento Geomorfologico, Idrogeologico e Fotografico;
- Acquisizione dei parametri litologici, idrogeologici e geotecnici storici reperiti nell'archivio del Consorzio di Bonifica Centro;
- Esecuzione indagini geognostiche, geotecniche e sismiche

Le indagini geognostiche, geotecniche e sismiche sono consistite essenzialmente nella esecuzione di:

- trivellazioni con sonda a rotazione, avanzamento a carotaggio continuo;
- prove di compressione semplice sulle carote con pocket penetrometer
- prove penetrometriche dinamiche SPT durante la trivellazione;
- prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- prove penetrometriche statiche CPT;
- Misure sismiche passive a stazione singola con *TROMINO*.

1.4. ELABORATI CARTOFOTOGRAFICI ALLEGATI

Alla RELAZIONE della Verifica di Compatibilità Ambientale vengono allegati i seguenti elaborati Carto -
Fotografici e certificati:

** CARTOGRAFIA GENERALE

- CARTA TOPOGRAFICA IN SCALA 1:25.000
- C. TOPOGRAFICI DELL'INVASO PENNE IN SCALA 1: 5.000
- CARTA GEOLOGICA D'ABRUZZO IN SCALA 1:50.000
- CARTA GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1:25.000
- CARTA PERICOLOSITA' DA FRANA IN SCALA 1:25.000
- CARTA DEL RISCHIO DA FRANA IN SCALA 1:25.000
- PERICOLOSITA' IDRAULICA IN SCALA 1:25.000

◇◇◇

** CARTOGRAFIA SETTORE N.1

- CARTA TOPOGRAFICA * INDAGINI IN SCALA 1: 5.000
- CARTA GEOLITOLOGICA IN SCALA 1: 4.000
- LEGENDA CARTAGEOLITOLOGICA
- SEZIONE GEOLOGICA IN SCALA 1: 1.500
- FOTO PANORAMICHE

◇◇◇

** CARTOGRAFIA SETTORE N.2

- CARTA TOPOGRAFICA * INDAGINI IN SCALA 1: 5.000
- FOTO PANORAMICHE

◇◇◇

** CARTOGRAFIA SETTORE N.3

- CARTA TOPOGRAFICA * INDAGINI IN SCALA 1: 5.000
- RILEVAMENTO TOPOGRAFICO
- SEZIONI TOPOGRAFICHE E GEOLOGICHE NN. 3,5,7
- SEZIONE FOTO GEOLOGICA
- FOTO PANORAMICHE

◇◇◇

** CARTOGRAFIA SETTORE N.4

- CARTA TOPOGRAFICA * INDAGINI IN SCALA 1: 5.000
- FOTO NN. 7,8,9,10,11,12,13,14

◇◇◇

** PERICOLOSITA' SISMICA SETTORI NN.1,2,3,4

- MAGLIA DI RIFERIMENTO SISMICO
- PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI.
- SPETTRI DI RISPOSTA

◇◇◇

** APPENDICE

- QUADERNO DELLE INDAGINI
- RELAZIONE DEI MICROTRAMORI
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

◇◇◇



2. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI REGIONALI

GEOMORFOLOGICAMENTE l'invaso del lago di Penne in esame si estende nell'avampese del massiccio carbonatico del Gran Sasso - Monte Prena, nella fascia pedemontana collinare periadriatica, nel bacino idrografico del fiume Tavo, al quale confluiscono torrenti e fossi minori, come Gallero e Fonte Nuova.

GEOLOGICAMENTE la regione vestina, nella quale è inserito l'invaso del lago, come rivelata dagli affioramenti delle ripide e profonde incisioni dei corsi d'acqua e da numerosi sondaggi, 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 - Monte Prena.

2.1 CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI PEDEMONTANI

In particolare, nella fascia pedemontana collinare coinvolta nel progetto, 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 1:50.000).

**** OLOCENE CONTINENTALE**

1. - DEPOSITI FLUVIO - LACUSTRI, ovvero le ALLUVIONI RECENTI

costituite, prevalentemente, da ghiaie, sabbie e limi; sono osservabili sull'ampia fascia del fondovalle del bacino idrografico del fiume Tavo e del lago di Penne.

**** PLEISTOCENE CONTINENTALE**

1.t - ALLUVIONI FLUVIALI TERRAZZATE

prevalentemente ciottolose, ghiaiose e sabbiose, strutturano i terrazzi di ordini diversi del fiume.

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:

**** PLIOCENE INFERIORE - FORMAZIONE CELLINO**

96 - Membro A: argille marnose con megatorbidi

98 - Membro B: torbiditi argillose con megatorbiditi

- Membro C: cicli arenaceo-argillosi

- Membro D: torbiditi prevalentemente argillose

99 - Membro E: cicli arenaceo-argillosi.

2.2. CARATTERI TETTONICI

TETTONICAMENTE la regione vestina 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 flyschoidi stratificate sono caratterizzate da immersioni prevalentemente periadriatiche ed inclinazioni comprese tra 5° - 30° .

2.3 CARATTERI STRATIGRAFICI DELL'INVASO

L'invaso del lago di Penne in sintesi è strutturato (Vedi CARTA GEOLOGICA in scala 1:50.000)

* AL TETTO dai

1. - DEPOSITI FLUVIO - LACUSTRI, ovvero dalle ALLUVIONI RECENTI

costituite, prevalentemente, da ghiaie, sabbie e limi; sono osservabili sull'ampia fascia del fondovalle del bacino idrografico del fiume Tavo e dell'invaso del lago di Penne.

* AL LETTO, in discordanza stratigrafica, dal

96 - Membro A della FORMAZIONE CELLINO

costituito dalla successione di terreni pliocenici marnoso-arenacei in facies di flysch, ammantata da una esigua *COLTRE ELUVIO - COLLUVIALE*, di alterazione e degradazione dei 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. STABILITA' DELLE SPONDE DEL LAGO

Riguardo ai problemi di stabilità delle sponde dell'invaso traggono origine dai processi di desquamazione superficiali delle marne, imputabili al detensionamento e alle alternanze di imbibizione e disseccamento, accentuato dal moto ondoso e dalle oscillazioni dei livelli di acqua dell'invaso.

La parte superficiale del litotipo marnoso, ammorbidita ed alterata, viene asportata per l'azione del moto ondoso delle acque dell'invaso, mettendo in successione altre superfici di marna che subiscono lo stesso processo di alterazione e di asportazione.

I fenomeni di desquamazione e asportazione delle marne hanno favorito la sottoescavazione delle bancate di arenaria sovrastanti, innescando così fenomeni di crollo di piccole porzioni delle bancate di arenaria.

Le condizioni di stabilità delle altre zone dell'invaso nel contesto sono buone e non costituiscono rischio di nessun tipo; solo sulle pendici della sponda destra sono rilevabili deformazioni lente della coltre superficiale per fenomeni di creep, accentuati in occasione di prolungate ed intense precipitazioni atmosferiche, fenomeni congeniti ai terreni a componente prevalentemente limoso-argillosa.



3. ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA

Le premesse litostratigrafiche, in particolare le numerose prove granulometriche e di permeabilità condotte in laboratorio per altri lavori, consentono di definire le caratteristiche idrogeologiche dei terreni che strutturano il territorio rilevato.

Nelle formazioni litologiche, per i parametri idrologici, si possono distinguere tre classi di permeabilità (Vedi CARTA IDROGEOLOGICA, in scala 1:25.000):

- TERRENI PERMEABILI

i depositi fluviali recenti (1.) ed i depositi alluvionali terrazzati, nei livelli prevalente- mente ghiaioso-sabbiosi (1.t) e con considerevoli spessori, sono caratterizzati da una permeabilità buona ÷ discreta, ovvero sono dotati di un coefficiente di permeabilità: $K > 1$ cm/sec;

- TERRENI SEMIPERMEABILI

le alluvioni fluviali attuali (1.) con spessori modesti ed i depositi alluvionali terrazzati (1.t), se a componente limosa prevalente, nonché gli strati arenacei della Formazione Cellino (96) sono dotati di una permeabilità media e quindi un coefficiente di permeabilità $1 < K < 10^{-4}$ cm/sec.;

- TERRENI POCO PERMEABILI

Le marne argillose della Formazione Cellino (96) possono assumere, per la bassa permeabilità, come impermeabili e quindi con un coefficiente di permeabilità $K < 10^{-4}$ cm/sec.; possono considerarsi quindi orizzonte di sbarramento verticale alle acque di infiltrazione, circolanti nelle unità stratigrafiche sovrastanti, dotate in genere di un coefficiente di permeabilità maggiore.

Per quanto sopra, la circolazione idrica nelle sponde dell'invaso del lago è condizionata soprattutto dalla considerevole differenza dei coefficienti di permeabilità tra le marne, poco permeabili, e le arenarie, semipermeabili per frattura, nonché dalla funzionalità dei numerosi piezometri installati sulle sponde del lago, i quali consentono a tutt'oggi il monitoraggio delle oscillazioni dei livelli piezometrici.



4. CARATTERI GEOMORFOLOGICI DELLA SPONDA DESTRA

I dati acquisiti con i rilievi ed i sondaggi eseguiti in situ sulla sponda destra dell'invaso, integrati con i dati storici, consentono di definire, in fase preliminare, le caratteristiche geomorfologiche e geolitologiche dei Settori indagati.

I caratteri geologici, litologici e strutturali dei Settori N.1 e N.2 (CARTA TOPOGRAFICA DELL'INVASO DI PENNE, in scala 1:5.000), anche se geometricamente diversi, sono simili e riconducibili alla Carta Geolitologica storica ed alla relativa Sezione Geologica *storiche* (da Colombo/96) (Vedi CARTA GEOLITOLOGICA in scala 1:4.000, LEGENDA DELLA CARTA GEOLITOLOGICA, SEZIONE GEOLITOLOGICA e STRATIGRAFIA SONDAGGIO S.1).

4.1. STRATIGRAFICA * SETTORI N.1 - N.2

La sponda destra è strutturata dalla Formazione Cellino del Pliocene composta dalla successione di terreni marnosi arenacei; più in particolare, dall'alto verso il basso della colonna litostratigrafica, dal terreno più recente a quello più antico si rinviene:

A - COLTRE SUPERFICIALE

Coltre superficiale di alterazione e disgregazione del flysch, eluvio colluviale, prodotta dai fenomeni atmosferici e dall'uso del suolo; è costituita da terre prevalentemente limose sabbiose.

La Coltre, estesa a monte del sentiero del WWF con spessori esigui, compresi tra 0,60 ÷ 1,10 metri, copre in continuità la formazione flyschioide marnos-arenacea.

D - DETRITI DI SPONDA

I detriti di copertura, estesi con continuità sulla sponda dell'invaso, sono costituiti da ciottoli e ghiaie eterometrici, calcarei ed arenacei, in matrice limosa più o meno abbondante, con spessori in genere compresi tra 0,90 ÷ 1,20 metri.

C - CONGLOMERATI

I conglomerati affiorano solo localmente sulla sponda destra del lago, in orizzonti lenticolari, con spessori variabili, compresi tra 5 ÷ 6 metri; trattasi di conglomerati eterometrici puddingoidi, con spigoli arrotondati, cementati da una matrice arenacea più o meno abbondante.

F - FLYSCH MARNOSO - ARENACEO

La formazione marnosa-arenacea è estesa con continuità in tutta l'area rilevata, affiora solo localmente; perlopiù è ammantata dalla coltre superficiale (A) e dai detriti di sponda (D).

Litologicamente è costituita da marne grigio-avana, fratturate e fogliettate, alternate ad arenarie marronastre, ben stratificate con spessori esigui, da centimetrici a decimetrici,; la struttura geologica in sintesi è costituita da una monoclinale con giacitura immersione periadriatica ed inclinazioni comprese tra 10° ÷ 15°.

4.2. MORFOLOGIA - DISSESTI * SETTORI N.1 - N.2

I versanti dei *settori indagati* della sponda destra per un fronte di 200 ÷ 250 metri, compresi tra le curve di livello 250 ÷ 350 s.l.m. (Vedi CARTA TOPOGRAFICA SETTORE N.1 e SETTORE N.2 in scala 1:5.000) sono caratterizzati da pendenze variabili e dalla generale tendenza evolutiva alla degradazione dei terreni a componente argillosa, alimentata dagli agenti atmosferici e soprattutto dall'uso del terreno per scopo agricolo.

I versanti collinari mostrano nel complesso condizioni morfologiche favorevoli alla stabilità (Vedi CARTA GEOMORFOLOGICA e CARTA DELLA PERICOLOSITA' PER FRANA, in scala 1:25.000), solo localmente rivelano deformazioni superficiali lente della coltre, per fenomeni di *creep*, messe in evidenza dalle ondulazione dei profili topografici, nonché dai pali di elettrodotti inclinati.

Nella fascia immediatamente a monte delle sponde del lago la morfologia mostra un andamento topografico da suborizzontale a pianeggiante, con pendenze comprese tra 3% ÷ 10%, e profili topografici omogenei ed armonici, interrotti bruscamente a valle dal salto altimetrico delle scarpate dell'invaso (Vedi PROFILO TOPOGRAFICO - SEZIONE GEOLITOLOGICA, in scala 1:4.000).

Il sentiero del WWF, impostato sui bordi delle scarpate della sponda destra del lago, in corrispondenza dei *Settori n.1 . n. 2*, è smottato, scivolato nell'invaso (Vedi FOTO N.1 e N.2); il fenomeno traslativo è da imputare ai processi di desquamazione delle marne innescati dalle alternanze di imbibizione e disseccamento e dall'azione meccanica del moto ondosio lacustre.



5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI SPONDA SINISTRA

I dati acquisiti con i rilievi ed indagini eseguiti e soprattutto i numerosi dati storici consentono di definire e riferire sulle caratteristiche geomorfologiche, geolitologiche e strutturali del Settore oggetto del rilievo.

I caratteri geologici, litologici e strutturali, non geometrici, del Settore N.3, ubicato in prossimità della diga di Penne, a valle della gabina di manovra e della casa del guardiano, sono, indicativamente, riconducibili alle sezioni storiche topografiche, geologiche e fotografiche allegate (Vedi TOPOGRAFIA INDAGINI SETTORE N.3, in scala 1:5.000; RILEVAMENTO TOPOGRAFICO; SEZIONI TOPOGRAFICHE - GEOLOGICHE NN. 3, 5, 7; E FOTO NN. 5 - 6).

5.1. LITOSTRATIGRAFICA * SETTORE N.3

Anche la sponda sinistra è strutturata dalla Formazione pliocenica del Cellino costituita da marne, marne argillose e/o arenacee stratificate con giacitura periadriatica ed inclinazione di 10°, a reggipoggio.

Più in particolare, dall'alto verso il basso della colonna litostratigrafica, ovvero dal terreno più recente a quello più antico, a partire dal ciglio della sponda, si rinviene:

*** TERRENO VEGETALE**

Il terreno vegetale, ovvero la coltre superficiale di alterazione e disgregazione del flysch, eluvio colluviale, prodotta in particolare dai fenomeni atmosferici e dall'uso del suolo; è costituita da terre prevalentemente limose sabbiose con spessori decimetrici.

*** DETRITI DI SPONDA**

I detriti di copertura, estesi con continuità sulla sponda marnosa dell'invaso, sono costituiti da ciottoli e ghiaie eterometriche, calcarei ed arenacei, in matrice limosa più o meno abbondante, con spessori in genere compresi tra 0,60 ÷ 1,70 metri.

*** FLYSCH MARNOSO - ARENACEO**

Dal ciglio della sponda sinistra, in prossimità della gabina di manovra sono in bella mostra fotografica:

- pacchi di strati prevalentemente marnosi con spessori di 10 metri alternati a
- bancate di arenaria con spessori compresi tra 5 ÷ 7 metri;

per la giacitura e per la presenza di una faglia, con direzione E-W e con rigetto > 4 metri, gli strati emergono, verso monte, a quote più elevate.

Al piede della sponda giace un pacco di marne con spessore non definito, comunque > 20 metri, sul quale si estende la coltre di Detriti di Sponda.

In definitiva, geologicamente l'area in esame è rappresentata da una successione di terreni marnoso-arenacei in facies di flysch; la formazione è costituita quindi da marne, marne argillose e/o arenacee con giacitura della stratificazione verso E e NE cioè a reggipoggio rispetto al versante che forma la sponda dell'invaso.

5.2 MORFOLOGIA - DISSESTI * SETTORE N.3

La morfologia del settore è stata determinata dalla evoluzione di cicli erosivi selettivi, in funzione della resistenza delle formazioni litologiche all'azione disgregatrice del moto ondoso e degli atmosferici; infatti, mentre le rocce prevalentemente sabbiose, arenacee, hanno dato origine a pendii decisamente acclivi, le marne, le argille marnose più erodibili, hanno consentito la formazione di una morfologia più uniforme.

Nel Settore agli affioramenti degli strati marnosi, caratterizzati da una morfologia con pendii acclivi, si alternano le testate a pareti verticali delle bancate di arenaria.

I pacchi marnosi, più erodibili delle arenarie, per i fenomeni di desquamazione e di asportazione dei materiali, innescati dalle alternanze di imbibizione-disseccamento e dall'azione meccanica del moto ondoso, determina la sottoscavazione delle bancate arenacee, provocando oggetti considerevoli e conseguenti crolli di blocchi di arenacei rinvenuti tra i *Detriti di Sponda*.

I fenomeni evolutivi del Settore n.3 della sponda sinistra del lago, causati dall'erosione delle marne e dal crollo delle arenarie, anche se sono lenti in tempi lunghi hanno creato situazioni di pericolo e di rischio.



6. CARATTERI GEOMORFOLOGICI * SETTORE N.4 - PONTE

Il Settore n.4 si estende alla foce del fosso del torrente Fonte Nuova, confluyente al fiume Tavo, sulla sponda sinistra dell'invaso del lago di Penne (Vedi TOPOGRAFIA DEL SETTORE N.4 in scala 1:5.000).

Il corso d'acqua è attraversato dal ponte della strada consorziale *Sardella*, il quale mostra ammaloramenti nelle strutture di c.a., vistosi cedimenti dei terreni di fondazione e deformazioni della sede stradale.

6.1 STRATIGRAFIA

I caratteri geologici, litologici e strutturali del Settore N.4, sono simili a quelli dei settori nn. 1 - 2 della sponda destra; infatti come rilevato ed indagato sono costituiti essenzialmente, dall'alto verso il basso della colonna litostratigrafica (Vedi STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S.1) da:

**** COLTRE SUPERFICIALE**

coltre di alterazione e disgregazione del flysch, eluvio colluviale, prodotta ai fenomeni atmosferici e dall'uso del suolo; è costituita da terre prevalentemente limose sabbiose.

**** DETRITI DI SPONDA**

I detriti di copertura, estesi con continuità sulla sponda dell'invaso, sono costituiti da ghiaie eterometriche calcaree ed arenacee in matrice limosa.

** FLYSCH MARNOSO - ARENACEO

La formazione marnosa - arenacea, estesa con continuità in tutta l'area rilevata, perlopiù è ammantata dalla coltre superficiale e dai detriti di sponda.

6.2 MORFOLOGICA - DISSESTI DEL PONTE

La morfologia dei versanti del *settore*, compreso tra le curve di livello 255 ÷ 300 s.l.m. (Vedi TOPOGRAFIA DEL SETTORE N.4 in scala 1:5.000), sono caratterizzati da pendenze variabili e dalla generale tendenza evolutiva alla degradazione dei terreni a componente prevalentemente argillosa, alimentata dagli agenti atmosferici, dal regime idraulico del torrente, dal moto ondoso del lago e non da meno dall'uso del terreno per scopo agricolo.

I versanti collinari mostrano nel complesso condizioni morfologiche favorevoli alla stabilità, solo localmente rivelano deformazioni superficiali lente della coltre, per fenomeni di *creep*, messe in evidenza dalle ondulazioni dei profili topografici, nonché dai pali di elettrodotti inclinati.

Sui versanti del torrente, immediatamente a monte del lago la morfologia mostra, in destra del fosso del torrente Fonte Nuova, un andamento armonico, con clivometrie contenute, in sinistra il pendio si accentua fino ad assumere, localmente, aspetti rupestri.

Il ponte della strada consorziale *Sardella* mostra evidenti ammaloramenti nelle strutture di c.a. e cedimenti dei terreni di fondazione delle spalle, messi in evidenza da spacchi beanti della trave impostata sul pilone centrale (Vedi Foto da n.7 a → n.14).





7. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Con il precipuo scopo di accertare:

- l'effettiva successione dei terreni stratigrafici;
- l'esistenza, la permanenza e la consistenza di una falda acquifera e quindi
- i rapporti esistenti fra le masse rocciose e la fase liquida del sottosuolo dei terreni coinvolti nei fenomeni traslativi delle sponde dell'invaso del lago di Penne (vedi PLANIMETRIA CATASTALE in scala 1:2.000), sono state eseguiti rilievi ed indagini geognostici, geotecnici, idrogeologici e sismici.

Comunque i dati acquisiti con i rilievi e le indagini dirette, integrati con i *dati storici*, consentono in fase preliminare di definire con sufficiente precisione i parametri litologici, idrogeologici, geotecnici e sismologici dei litotipi dei quattro settori coinvolti nel progetto.

I *dati storici* sono stati acquisiti in situ con il *rilevamento di dettaglio* (Colombi/96) e individuati in laboratorio su campioni prelevati dalle formazioni litologiche della sponda destra (Lotti e Associati/97); sono di seguito sintetizzati (TABELLA N.1).

TABELLA N.1							
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE STORICHE							
- Sezione litotecnica tipo							
DISCREZIONE LITOTIPO		Strati- grafia	W %	γ_n kN/m ³	Φ' (°)	C' kN/m ²	E' MN/m ²
A - COLTRE * DETRTI DI SPONDA			.....	18	24	4	.....
B - ORIZ ZON TE	B ₁ . STRATO MARNOSO Limo argilloso marnoso detensionato e alterato	B ₁	15	20	23	30	50
	B ₂ . STRATO ARENACEO Arenaria molto compatta poco cementata	B ₂	4	22,5	45	250	500
MAR NO SO	B ₁ . STRATO MARNOSO Limo argilloso marnoso Integro sovraconsolidato	B ₁	12	20,2	27	75	70
ARE NA CEO							
D - ORIZZONTE CONCLOMERATICO in matrice arenacea		D	.....	21,8	45	270	700

W = Contenuto naturale d'acqua;

Φ' = angolo di resistenza al taglio efficace;

E' = modulo di compressibilità

γ_n = peso di volume naturale

C' = coesione drenata efficace



7.1. CARATTERI GEOTECNICI SPONDA DESTRA * SETTORE N.1

Le indagini geognostiche, geotecniche e sismiche eseguite nel Settore n.1 della sponda destra dell'invaso sono consistite nella esecuzione di:

- n.1 trivellazione (Vedi STRATIGRAFIA S.1) con sonda a rotazione, avanzamento a carotaggio continuo;
- n.4 prove penetrometriche dinamiche SPT durante la trivellazione;
- n.1 prova penetrometrica statica CPT.1;
- n.x prove di compressione rapide eseguite sulle carote con il pocket penetrometer;
- N.1 misura sismica passiva a stazione singola con *TROMINO*.

7.1.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

La successione litostratigrafica del settore n. 1 è stata ricostruita sulla base

- dei dati individuati con il sondaggio rotary, S.1,
- delle valutazioni litologiche della prova penetrometrica statica (Vedi CERTIFICATO CPT.1),
- della litologia rilevata sulle ripide scarpate della sponda destra del lago, smantellate dagli smottamenti del *sentiero natura* del WWF, nonché sulla base
- dei *dati storici* acquisiti in situ e in laboratorio.

Nella colonna litostratigrafica del si possono distinguere i seguenti "Orizzonti" (Vedi STRATIGRAFIA SONDAGGIO S.1):

A - ORIZZONTE MARNOSO LIMOSO

Fino a 12,5 metri di profondità dal piano campagna giace l'argilla limosa giallo-brunastra con concrezioni calcaree,

B - ORIZZONTE GHIAIOSO

Sotto i 12,5 metri di profondità dal p.c. si incontra il conglomerato di ghiaie eterometriche in matrice, più o meno abbondante, prevalentemente limoso-sabbiosa,.

7.1.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Il sondaggio a carotaggio continuo e le prove penetrometriche non hanno rilevato tracce di una presenza idrica profonda.

7.1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le prove penetrometriche dinamiche S.P.T., statiche C.P.T., nonché le prove di compressione semplice, eseguite durante le indagini strumentali sulle carote con il pocket penetrometer hanno messo in evidenza:

- che l'Orizzonte Marnoso, limoso-argilloso, è caratterizzato da una resistenza alla compressione semplice $R_p > 4 \text{ Kg/cm}^2$, ovvero si rinviene allo stato da "*molto consistente*" a "*dura*"; e
- che la matrice sabbiosa limosa dell'Orizzonte Ghiaioso è allo stato fisico da "*densa*" a "*molto addensa*".

In particolare il numero dei colpi registrati per infiggere il campionatore delle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. e le prove di compressione rapide eseguite (Vedi Stratigrafia S.1 e TABELLA N.2) hanno messo in evidenza che l'addensamento / consistenza è considerevole, già da 2 metri dal p.c., infatti il N_{SPT} diventa

maggiore di 38 (Vedi ALLEGATI N.1 CORRELAZIONE di Terzaghi * N.2 Peck e Diagramma di Schmertmann);
da 12 metri dal p.c., ovvero nella formazione conglomeratica, si rileva $N_{SPT} > 70$.

PROFONDITA' m. dal p.c.	TABELLA N.2 PROVE PENETROMETRICHE S.P.T. ESEGUITE NEL SONDAGGIO S.1			N.SPT
	N.1	N.2	N.3	
2,00 - 2,45	12	16	22	38
8,20 - 8,65	24	24	25	49
11,50 - 11,95	28	34	36	70
16,00 - 16,45	36	42	50	92

Le prove penetrometriche S.P.T., per l'elevata consistenza e/o addensamento del terreno indagato sono state eseguite con *punta chiusa*.

CORRELAZIONE PARAMETRICA DI RESISTENZA CON N-SPT

- Terzaghi * Peck -

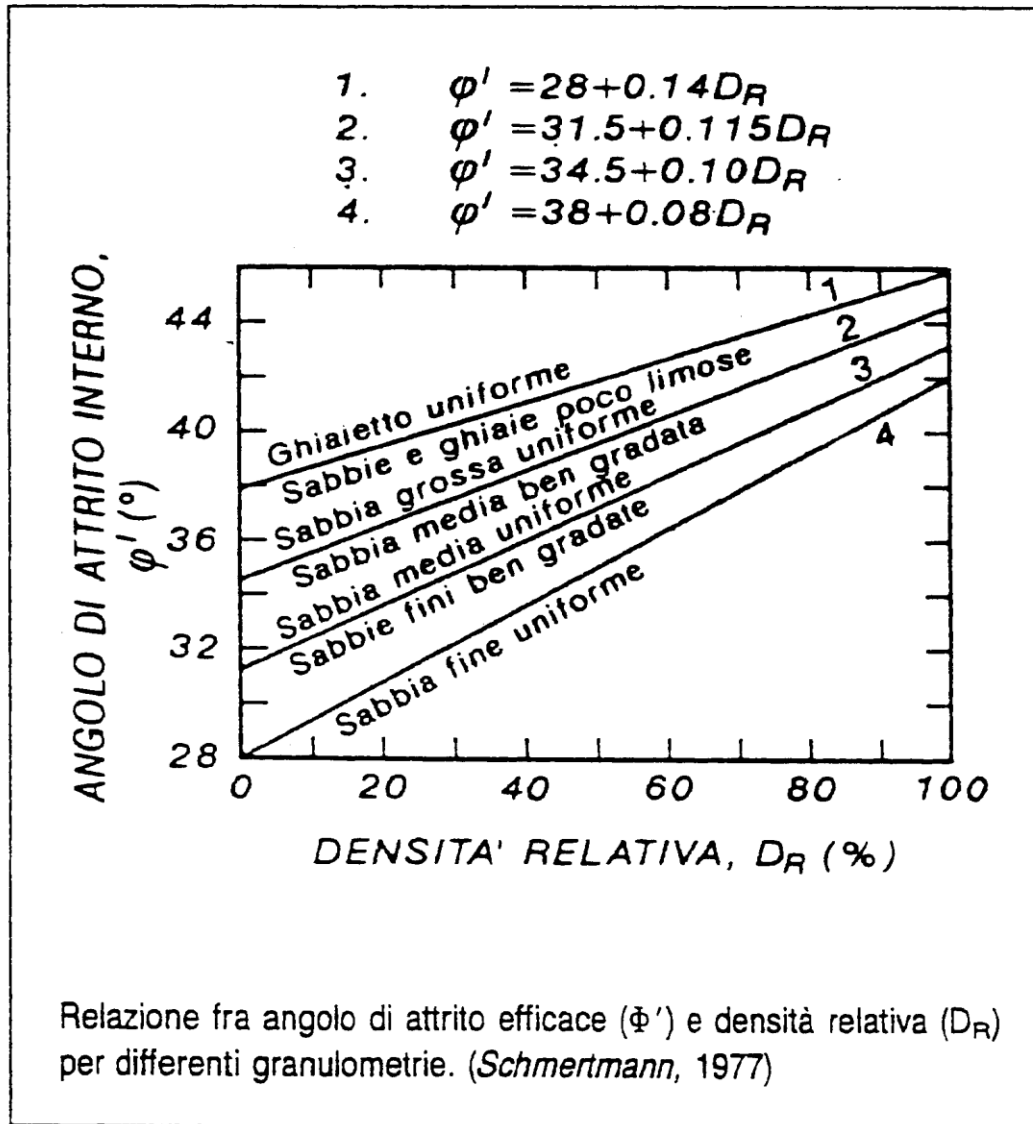
SABBIA	DENSITÀ RELATIVA D_r	PENETROMETRO STANDARD N. COLPI PER PIEDE	ANGOLO DI ATTRITO φ
molto sciolta	< 0,2	< 0,4	< 30°
sciolta	0,2 - 0,4	4 - 10	30° - 35°
compatta	0,4 - 0,6	10 - 30	35° - 40°
densa	0,6 - 0,8	30 - 50	40° - 45°
molto densa	> 0,8	> 50	> 45°

ARGILLA	q_w Kg/cm ²	PENETROMETRO STANDARD N.C PER PIEDE
molto sciolta	< 0,25	< 2
molle	0,25 - 0,50	2 - 4
medamente compatta	0,50 - 1	4 - 8
consistente	1 - 2	8 - 15
molto consistente	2 - 4	15 - 30
dura	> 4	> 30

ALLEGATO N. 1

DIAGRAMMA SCHMERTMANN

- 1977 -



ALLEGATO N. 2

7.1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA * MODELLAZIONE

I parametri geomeccanici acquisiti con le prove penetrometriche statiche CPT, penetrometriche dinamiche, S.P.T., di compressione rapide eseguite sulle carote con il pocket penetrometr, in aderenza con quelli definiti con le prove geotecniche storiche (Vedi TABELLA N. 2) eseguite in laboratorio su campioni prelevati dalle stesse formazioni litologiche, consentono di definire i parametri geotecnici dei litotipi che strutturano la colonna stratigrafica del Settore n.1 (Vedi STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S.1, CERTIFICATI DELLE PROVE S.P.T. e C.P.T.).

In definitiva e con cautela, assumendo parametri fisico-meccanici mediati per difetto, si possono distinguere geotecnicamente i seguenti litotipi, modello geotecnico al quale il PROGETTISTA potrà fare riferimento per la redazione del *Progetto Definitivo*.

TABELLA N.3								
MODELLAZIONE GEOTECNICA * SETTORE N.1								
- Sezione litotecnica								
DESCRIZIONE LITOTIPO	Strati- grafia	W %	γ_n kN/m ³	Φ' (°)	C' kN/m ²	C _u KPa	D _r %	E' MN/m ²
A - STRATO MARNOSO fino a 12,5 metri dal p.c. limo argilloso marnoso sovracconsolidato, <i>duro</i>		15	20,2	27	75	260	.....	70
B - STRATO GHIAIOSO sotto i 12,5 metri dal p.c. in matrice limoso-sabbiosa <i>molto addensata</i>		21,8	45	270	.....	>85	700

W = Contenuto naturale d'acqua; γ_n = peso di volume naturale Φ' = angolo di resistenza al taglio efficace;
C' = coesione drenata efficace C_u = Coesione non drenata D_r = Densità Relativa
E' = modulo di compressibilità

7.1.4 INTERVENTI IPOTETICI

Orientativamente, dati i caratteri geomorfologici, gli interventi dovranno mirare a proteggere e consolidare il settore della sponda dell'invaso tormentato dall'azione meccanica del moto ondoso, che ha determinato lo smottamento di 250 metri del sentiero natura del WWF.

La protezione superficiale si potrà realizzare con le opere storiche, già collaudate sulla sponda sinistra, ovvero mediante mantellate di pietrame, gabbioni e materassi in pietrame tipo *Reno*, fondati eventualmente su micropali nei settori della scarpata più acclivi.

Inoltre si reputa indispensabile la regimazione delle acque superficiali dilavanti da monte, mediante opere di intercettazione, di convoglio nonché di deflusso al lago, in aree adeguatamente protette dall'azione erosiva lineare.



7.2. CARATTERI GEOTECNICI SPONDA DESTRA * SETTORE N.2

Date le difficoltà strategiche, inaccessibilità alla trivella, e soprattutto economiche, esiguità delle somme a disposizione, le indagini condotte nel Settore n.2 della sponda destra dell'invaso sono state limitate a:

- n.1 prova penetrometrica dinamica, DPSH₂,
- n.1 prova penetrometrica statica CPT₂ e
- n.1 misura sismica passiva a stazione singola con *TROMINO*.

7.2.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

La successione litostratigrafica del settore è stata ricostruita sulla base

- delle valutazioni litologiche della prova penetrometrica statica (Vedi CERTIFICATO CPT),
- della LITOLOGIA esclusivamente MARNOSO ARENACEA rilevata sulla ripida scarpata della sponda del lago, smantellata dallo smottamento del *sentiero natura* del WWF, e anche sulla base
- della stratigrafia del Settore n.1, geologicamente simile, individuata con indagini dirette e *storiche* (Vedi TABELLA N.4).

In sintesi la colonna litostratigrafica del Settore n.2 è strutturata dall' ORIZZONTE MARNOSO ARENACEO costituito da strati prevalentemente argillosi alternati a strati e straterelli prevalentemente sabbiosi; ovvero:

A - STRATI MARNOSI ARGILLOSI

Successioni di strati marnosi argillosi limosi brunastri con concrezioni carbonatiche, superficialmente detensionati ed alterati, in profondità integri e sovraconsolidati;

B - STRATI ARENACEI

Gli strati limosi argillosi marnosi sono intercalati a strati e straterelli di arenaria molto compatta, debolmente cementata.

7.2.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Le indagini meccaniche eseguite in situ e i rilievi condotti sulla ripida scarpata della sponda del lago non hanno rilevato tracce di una presenza idrica profonda.

8.2.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA * MODELLAZIONE

Le due prove penetrometriche, una dinamica DPSH₂, l'altra statica CPT₂ rifiutata a 4,2 metri di profondità dal p.c., nonché le prove geotecniche *storiche* (Vedi TABELLA N.1) eseguite in laboratorio su campioni prelevati in aree finitime geologicamente simili, hanno fornito i parametri necessari per definire le caratteristiche meccaniche dei litotipi che strutturano la colonna stratigrafica.

In particolare il numero dei colpi registrati per infliggere il campionatore delle prove penetrometriche dinamiche DPSH ha messo in evidenza che l'addensamento/consistenza è considerevole; già da 2,89 metri dal p.c.; il N_{SPT} diventa maggiore di 50 a profondità > 7,20 metri dal p.c. (Vedi ALLEGATI N.1-2: CORRELAZIONE di Terzaghi * Peck e Diagramma di Schmertmann).

DALLA TABELLA DI CORRELAZIONE PARAMETRICA

- Tezaghi * Peck 1948 -

Profondità m. dal p.c.	Num.colpi N. _{SPT}	Addensa mento	Dens.Rel. D _r	Ang. Att. Φ'
0,00 - 0,40	2	Molto Sciolto	7,54	26,8
0,40 - 2,80	5	Molto sciolto	18,3	28,0
2,80 - 3,80	12	sciolto	38,0	30,6
3,80 - 7,20	18	sciolto	47,0	32,4
7,20 - 7,80	61	compatto	89,1	42,7

Inoltre la prova penetrometrica statica da 2,80 metri di profondità dal p.c. registra una resistenza $q_c > 20 \text{ kg/cm}^2$, ovvero la presenza di terreni granulari, il passaggio (Vedi Valutazioni litologiche CPT.2) da argilla consistente, molto consistente ad argilla sabbiosa limosa, a sabbia e limo, a conferma dell'alternanza di straterelli di arenaria molto compatta.

In definitiva e con cautela, assumendo parametri fisico-meccanici mediati per difetto, si possono distinguere geotecnicamente i seguenti litotipi stratigrafici, modello geotecnico al quale il PROGETTISTA potrà fare riferimento.

TABELLA N.4								
MODELLAZIONE GEOTECNICA * SETTORE N.2								
- Sezione litotecnica								
DISCREZIONE LITOTIPO		Strati- grafia	W %	γ_n kN/m ³	Φ' (°)	C' kN/m ²	C _u KPa	E' MN/m ²
ORIZ ZON TE	A.1 - STRATO MARNOSO Limo argilloso marnoso detensionato e alterato	B ₁	19	19,3	23	28	245	45
	B - STRATERELLI ARENACEI Arenaria molto compatta poco cementata	B ₂	3	20,5	43	270	.....	450
MAR NO SO	A.2 - STRATO MARNOSO Limo argilloso marnoso Integro sovraconsolidato	B ₁	12	20,2	27	60	265	500
ARE NA CEO								

W = contenuto naturale d'acqua; γ_n = peso di volume naturale Φ' = angolo di resistenza al taglio efficace;
C' = coesione drenata efficace E' = modulo di compressibilità C_u = Coesione non drenata

7.2.4 INTERVENTI IPOTETICI

Orientativamente, dati i caratteri geomorfologici, gli interventi dovranno mirare a proteggere e consolidare il settore della sponda dell'invaso tormentato dall'azione meccanica del moto ondoso, che ha determinato anche lo smottamento del sentiero natura del WWF.

La protezione superficiale si potrà realizzare con le opere già collaudate sulla sponda sinistra, ovvero mediante mantellate di pietrame, gabbioni e materassi in pietrame tipo *Reno*, fondati eventualmente su micropali nei settori della scarpata più acclivi.

7.3. CARATTERI GEOTECNICI - SPONDA SINISTRA * SETTORE N.3

Considerato che:

- che sulla parete della sponda sinistra dell'invaso di Penne, nel settore n.3, è in bella mostra la successione litostratigrafica marnoso-arenacea del Cellino,
- che i parametri individuati con le *indagini in situ* e con le *prove di laboratorio storiche* sono numerosi ed esaustivi ai fini di una caratterizzazione litologica e geotecnica,
- che un carotaggio non avrebbe dato un contributo inedito alla bisogna,
- viste inoltre le ristrettezze delle somme a disposizione, le indagini programmate e condotte nel settore sono consistite esclusivamente in:
 - n.1 prova penetrometrica dinamica DPSH ed in
 - n.1 misura sismica passiva a stazione singola con *TROMINO*.

7.3.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

Nella litostratigrafia, individuata con il rilevamento visivo della sponda, completata con la lettura di foto e delle *sezioni geologiche storiche*, sono ben distinti i seguenti "ORIZZONTI" (Vedi RILEVAMENTO TOPOGRAFICO, SEZIONI TOPOGRAFICHE E GEOLOGICHE NN. 3, 5, 7) dal più recente al più antico:

A - ORIZZONTE DETRITICO DI SPONDA

L'Orizzonte, rilevato al piede della sponda, è formato dal materiale detritico, limoso argilloso ed argilloso limoso, proveniente dal disfacimento del substrato e dalle scaglie di marne, da frammenti e blocchi di arenarie crollati dalle pareti rocciose sul substrato marnoso

B - ORIZZONTE MARNOSO ARENACEO

L'orizzonte è costituito dall' associazione di strati marnosi alternati a banchi arenacei, con prevalenza della facies marnosa; quindi in alternanza si rileva

B₁ - STRATI MARNOSI

La facies marnosa è costituita da alternanze di strati di argilliti marnose e marne argillose, localmente con sottili intercalazioni di siltiti e arenarie;

B₂ - STRATI ARENACEI

La facies arenacea è costituita da banchi e strati litoidi di arenarie, a grana medio-grossa, con spessori compresi tra pochi decimetri a più di un metro.

7.3.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

La Coltre detritica di sponda, date le caratteristiche di permeabilità è sede di una modesta circolazione idrica sostenuta dal contatto con la sottostante formazione marnosa poco permeabile.

7.3.3 CARATTERIZZAZIONE * MODELLAZIONE GEOTECNICA

La prova penetrometrica dinamica DPSH, insignificante, ma, esclusivamente, le numerose *prove storiche* di laboratorio (Geoplanning/96) forniscono i parametri necessari per definire le caratteristiche meccaniche dei litotipi che strutturano la colonna stratigrafica del settore.

In definitiva e con cautela, assumendo parametri fisico-meccanici mediati per difetto, si possono distinguere geotecnicamente, dall'alto verso il basso, i seguenti litotipi stratigrafici, modello geotecnico al quale il PROGETTISTA potrà fare riferimento per la redazione del *Progetto Definitivo*.

TABELLA N.5								
MODELLAZIONE GEOTECNICA * SETTORE N.3								
- Sezione litotecnica -								
DISCREZIONE LITOTIPO	Strati- grafia	W %	γ_n kN/m ³	Φ' (°)	C' kN/m ²	C _u KPa	E' MN/m ²	
A - ORIZZONTE DETRITICO SPONDA		.....	18,2	24	.....	-----	.....
B - ORIZ ZON TE MAR NO SO ARE NA CEO	B ₁ - STRATO MARNOSO Limo argilloso marnoso detensionato e alterato	B ₁	15	20	23	30	220	50
	B ₂ - STRATO ARENACEO Arenaria molto compatta poco cementata in banchi	B ₂	4,5	23,2	45	300	500
	B ₁ - STRATO MARNOSO Limo argilloso marnoso integro sovraconsolidato	B ₁	15	20,2	27	75	265	70

W = contenuto naturale d'acqua; γ_n = peso di volume naturale Φ' = angolo di resistenza al taglio efficace;
C' = coesione drenata efficace E' = modulo di compressibilità C_u = Coesione non drenata

7.3.4 INTERVENTI IPOTETICI

Dati i caratteri geomorfologici gli interventi dovranno comunque mirare a proteggere e consolidare il settore della sponda dell'invaso tormentato dall'azione meccanica del moto ondoso, che ha determinato la sotto scavazione e il crollo di porzioni della bancata arenacea.

Il consolidamento e la protezione superficiale della sponda si potrà realizzare con l'adozione delle tipologie delle opere storicamente collaudate; ovvero mediante

- disaggio dei blocchi in aggetto, eliminando lo strapiombo,
- placcatura con chiodi profondi,
- protezione superficiale con rete e spritzbeton,
- mantellate co materassi tipo *Reno e*
- regimazioni delle acque superficiali dilavanti da monte.



7.4. CARATTERI GEOTECNICI SPONDA DESTRA * SETTORE N.4 - PONTE

Le indagini geognostiche, geotecniche e sismiche eseguite nel Settore n.4 della sponda destra dell'invaso, ovvero sugli innesti del ponte della strada consorziale *Sardella* sul torrente Fonte Nuova, il quale mostra ammaloramenti nelle strutture di c.a. e vistosi cedimenti dei terreni di fondazione (Vedi Foto nn.), sono consistite essenzialmente nella esecuzione di:

- n.1 trivellazione con sonda a rotazione, avanzamento a carotaggio continuo;
- n.3 prove penetrometriche dinamiche SPT durante la trivellazione;
- n.1 prova penetrometrica dinamica DPSH;
- n.x prove di compressione rapide eseguite con il pocket penetrometrer;
- n.1 misura sismica passiva a stazione singola con *TROMINO*.

7.4.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

La colonna litostratigrafia del Settore N.4 (Vedi STRATIGRAFIA SONDAGGIO S.2) è costituita da:

A - MASSICCIATA STRADALE

Il sondaggio è stato eseguito al margine della strada consorziale *Sardella*, in prossimità dell'imbocco del ponte che attraversa il torrente Fonte Nuova; per 0,5 metri ha perforato la massicciata del corpo stradale;

B - ORIZZONTE ARGILLOSO MARNOSO

L'Orizzonte è strutturato essenzialmente da argillite marnose e da marne argillose; in esso si possono distinguere due strati:

B.1 - STRATO SUPERFICIALE

Immediatamente, sotto la massicciata stradale, tra 0,5 ÷ 6,8 metri di profondità dal p.s., giace l'argilla marnosa brunastra e grigia allo stato di consistenza "*duro*";

B.2 - STRATO PROFONDO

Anche lo strato profondo, rinvenuto sotto 6,8 metri di profondità dal p.s. fino al fondo foro, litologicamente è strutturato dall'argilla marnosa allo stato di consistenza "*duro*"; unica differenza, che lo distingue dallo strato superficiale, è il colore grigio.

7.4.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Il sondaggio a carotaggio continuo e la prova penetrometrica dinamica DPSH non hanno rilevato tracce di una presenza idrica profonda.

7.4.3 CARATTERIZZAZIONE * MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le prove penetrometriche dinamiche, S.P.T. e D.P.S.H., le prove di compressione rapide eseguite sulle carote con il pocket penetrometrer, nonché le prove geotecniche *storiche* (Vedi TABELLA N.2) eseguite in laboratorio su campioni prelevati in aree finitime geologicamente simili, hanno fornito i parametri necessari per definire le caratteristiche meccaniche dei litotipi che strutturano la colonna stratigrafica dei terreni di fondazione delle spalle del ponte ammalorato e dissestato.

In particolare il numero dei colpi registrati per infliggere il campionatore delle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. (Vedi Stratigrafia S.1 e TABELLA N.2) ha messo in evidenza che nei livelli indagati l'addensamento è considerevole, il N_{SPT} è sempre maggiore di 61 (vedi TABELLA DI CORRELAZIONE di Terzaghi * Peck e Diagramma di Schmertmann).

PROFONDITA' m. dal p.c.	TABELLA N.6 PROVE PENETROMETRICHE S.P.T. ESEGUITE NEL SONDAGGIO S.1			N_{SPT}
	N.1	N.2	N.3	
3,00 - 3,45	24	28	33	61
6,50 - 6,95	30	50/6 cm	.....	100
12,00 - 12,45	34	38	54/4 cm	100

Le prove penetrometriche S.P.T. sono state eseguite con *punta chiusa* per l'elevata consistenza e/o addensamento del terreno indagato.

DALLA TABELLA DI CORRELAZIONE PARAMETRICA

- Tezaghi * Peck 1948 -

Profondità m. dal p.c.	Num.colpi N_{SPT}	Addensa- mento	Dens.Rel. D_r	Ang. Att. ϕ'
0,00 - 0,40	12	Sciolto	38,0	30,6
0,40 - 1,20	30	sciolto	65,0	36,0
1,20 - 4,60	6	Molto sciolto	21,7	28,4
4,60 - 9,60	9	sciolto	31,7	29,6
9,60 - 11,00	33	compatto	68,0	36,8
11,00 - 12,60	65	Denso	90,6	43,3
12,60 - 14,20	88	Molto denso	99,3	45,9

Inoltre il numero dei colpi registrati per infliggere il campionatore delle prove penetrometriche dinamiche DPSH ha messo in evidenza che l'addensamento della componente granulare diventa considerevole, e il $N_{SPT} > 33$ da 9,60 metri di profondità dal p.c.; il N_{SPT} diventa maggiore di 33 a profondità $> 7,20$ metri dal p.c. (Vedi TABELLA DI CORRELAZIONE di Terzaghi) ovvero nello Strato Profondo..

In definitiva e con cautela, assumendo parametri fisico-meccanici mediati per difetto, si possono distinguere geotecnicamente i seguenti litotipi stratigrafici, modello geotecnico al quale il PROGETTISTA potrà fare riferimento per la redazione del *Progetto Definitivo*.

TABELLA N.7								
MODELLAZIONE GEOTECNICA * SETTORE N.4								
- Sezione litotecnica -								
DISCREZIONE LITOTIPO		Stratigrafia	W %	γ_n kN/m ³	ϕ' (°)	C' kN/m ²	C _u KPa	E Kg/cm ²
A - MASSICCIATA STRADALE			.....	.....	.....	.....	.....	.....
B - ORIZ ZON TE MAR NO SO	B ₁ - STRATO SUPERFICIALE Argilla marnosa brunastra R _p > 4 Kg cm ² stato di consistenza "duro"	B ₁	18	19,5	24	30	255	261
	B ₂ - STRATO PROFONDO argilla marnosa grigia R _p > 4 Kg cm ² stato di consistenza "duro"	B ₂	4	21,1	34	75	265	550

W = contenuto naturale d'acqua; γ_n = peso di volume naturale ϕ' = angolo di resistenza al taglio efficace;
C' = coesione drenata efficace E' = modulo di compressibilità C_u = Coesione non drenata

7.4.4 INTERVENTI IPOTETICI

Per il *ponte* ammalorato nelle strutture in c.a. e dissestato per il cedimento dei terreni di fondazione delle spalle gli interventi programmatici più idonei ed opportuni si reputa siano:

- il consolidamento delle strutture in c.a. ammalorate mediante lo *spritzbeton*,
- il trasferimento dei carichi del ponte a maggiore profondità, in terreni argilloso-limosi sovraconsolidati con strati arenacei, consolidando nel contempo l'attuale piano di appoggio delle fondazioni delle spalle del ponte, con la messa in opera di sottofondazioni con micropali tipo tubifix,
- il rifacimento del corpo stradale del ponte, nonché
- la regimazione idrica, con particolare cura ai deflussi delle acque di diretta precipitazione sul ponte.



8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO DEI SETTORI

Tutto il territorio del comune di Penne, in provincia di Pescara, all'interno del quale si inseriscono i suoli dei quattro settori indagati, sedime delle opere in progetto:

secondo l'Ordinanza Ministeriale n. 3274 del 29 marzo 2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, ricade (Vedi CARTA APPENNINO CENTRALE)

* *IN ZONA 2*, in zona con *SISMICITA' MEDIA*,

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

8.1. 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 nei Settori delle sponde del lago va determinato riferendoli ad un reticolo definito in termini delle seguenti coordinate geografiche:

Coordinate geografiche del settore n.1

Latitudine (WGS84):	42,4384000 [°]
Longitudine (WGS84):	13,9060100 [°]
Latitudine (ED50):	42,4393700 [°]
Longitudine (ED50):	13,9069100 [°]

Coordinate geografiche del settore n.2

Latitudine (WGS84):	42,4431500 [°]
Longitudine (WGS84):	13,8999800 [°]
Latitudine (ED50):	42,4441200 [°]
Longitudine (ED50):	13,9008800 [°]

Coordinate geografiche del settore n. 3

Latitudine (WGS84):	42,4411600 [°]
Longitudine (WGS84):	13,9141000 [°]
Latitudine (ED50):	42,4421300 [°]
Longitudine (ED50):	13,9150000 [°]

Coordinate geografiche del settore n.4

Latitudine (WGS84):	42,4477300 [°]
Longitudine (WGS84):	13,9101300 [°]
Latitudine (ED50):	42,4487000 [°]
Longitudine (ED50):	13,9110300 [°]

La maglia di appartenenza, individuata dai vertici, 4 punti dei 10.751 di tutto il territorio nazionale, 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).

Per determinare le pericolosità sismiche, in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dei siti 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 seguito

definita, sulla base della Caratterizzazione Morfologica, Litologica, Idrogeologica, Geotecnica dei terreni di fondazione e, soprattutto sulla base dei dati acquisiti con la misura sismica passiva a stazione singola con *TROMINO*.

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

L'indagine sismica è consistita nella misura a stazione singola di microtremori al suolo nei settori del progetto; la caratterizzazione sismica dei terreni è stata eseguita con la tecnica di indagine sismica passiva H.V.S.R. (Horizontal Spectral Ratio - metodo di Nakamura) con lo scopo di individuare le frequenze caratteristiche di risonanza dei siti, correlabili alle variazioni litologiche presenti all'interno della copertura e nell'ammasso roccioso che li strutturano.

Per le dette misurazioni è stato utilizzato il tromometro digitale "*Tromino*" della Micromed S.p.a.; in particolare l'indagine sismica ha permesso di rilevare

- la frequenza di risonanza fondamentale del suolo e
- la velocità delle onde di taglio, $V_{s,30}$, nei primi 30 metri di profondità e quindi di individuare la categoria del sottosuolo di riferimento necessaria per la definizione dell'azione sismica secondo l'approccio semplificato previsto dalla normativa vigente, D.M. 14.01.2008.

I valori delle velocità delle onde di taglio, $V_{s,30}$, determinati con l'indagine sismica sono:

- SETTORE N.1 → $V_{s,30} = 555$ m/s
- SETTORE N.2 → $V_{s,30} = 482$ m/s
- SETTORE N.3 → $V_{s,30} = 397$ m/s
- SETTORE N.4 → $V_{s,3} = 381$ m/s

8.3. CATEGORIA "D" DEL SOTTOSUOLO

In definitiva tutti i *Settori* del lago di Penne indagati ed in progetto sono da ascrivere alla *CATEGORIA "D" DEL SOTTOSUOLO* di fondazione previsto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/C.S.LL.PP.) ovvero sono costituiti, mediamente, da (Vedi Tab. 3.2.II) "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità*" e con valori:

- * CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO: "D"
- * TIPO DEL SOTTOSUOLO: *terreni a grana grossa molto addensati*, $N_{SPT,30} > 50$
- * TIPO DEL SOTTOSUOLO: *terreni a grana fina molto consistenti*, $C_{u,30} > 250$ kPa
- * VELOCITA' DIFFUSIONE ONDE SISMICHE: 360 m/s $< V_{s30} < 800$ m/s

8.4. CATEGORIE TOPOGRAFICHE

Considerando i Settori indagati morfologicamente dotati di configurazioni superficiali semplici, per definire le loro condizioni topografiche si è fatto riferimento alla classificazione della Tabella 3.2.IV - *Categorie topografiche* delle NTC/09.

Le caratteristiche delle superfici topografiche dei versanti sui quali si andranno ad impostare le fondazioni delle opere di protezione e di consolidamento determinano le seguenti categorie topografiche di appartenenza:

- SETTORE N.1: pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$; CATEGORIA DEL SUOLO →T.2
- SETTORE N.2: pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$; CATEGORIA DEL SUOLO →T.2
- SETTORE N.3: pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$; CATEGORIA DEL SUOLO →T.2
- SETTORE N.4: superficie pianeggiante, pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$; CATEGORIA →T.1



9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE * FATTIBILITA' GEOLOGICA

Le indagini e gli studi condotti hanno consentito di definire esaurientemente le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e simiche dei suoli dei settori delle sponde del lago di Penne coinvolti nei fenomeni di instabilità ed oggetto dei progetti degli *interventi di stabilizzazione delle pendici dell'invaso della diga di Penne*.

Considerato che nel Settore n.2 della sponda destra dell'invaso le indagini, per difficoltà strategiche ed economiche, sono state limitate alle sole prove penetrometriche, in fase di progettazione definitiva, si reputa opportuno l'esecuzione di un sondaggio a carotaggio, che consenta di ricostruire nel dettaglio la successione litostratigrafica del sottosuolo.

Comunque ed in definitiva, allo stato attuale dei luoghi, geologicamente non esistono impedimenti per la redazione e la realizzazione degli *INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DELLE PENDICI DELL'INVASO DELLA DIGA DI PENNE*, in provincia di Pescara.

Luglio 2013

I 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 PRELIMINARE
INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE
DELLE PENDICI DELL'INVASO DELLA DIGA DI PENNE

- Comune di Penne, in provincia di Pescara -



CARTOGRAFIA GENERALE

- CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE 1:25.000 -
- CARTA TOPOGRAFICA DEL LAGO 1:5.000 -
 - CARTA SISMICA DEGLI APPENNINI -
 - CARTA GEOLOGICA D'ABRUZZO -
 - IDROGEOLOGICA
 - CARTA GEOMORFOLOGICA -
- CARTA PERICOLOSITA' DA FRANA 1:25.000 -
- CARTA DEL RISCHIO DA FRANA 1:25.000 -
- CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA -
- CARTA TOPOGRAFICA E DELLE INDAGINI -
Settori nn.1,2,3,4 * scala:1:5.000



Luglio 2013

I 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 PRELIMINARE
INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE
DELLE PENDICI DELL'INVASO DELLA DIGA DI PENNE

- Comune di Penne, in provincia di Pescara -



SETTORE N.1

- CARTA TOPOGRAFICA 1:5.000 -
- FOTO PANORAMICHE -
- CARTA GEOLITOLOGICA 1:4.000 -
- SEZIONE GEOLITOLOGICA 1:1.500 -



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



Luglio 2013

I 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 PRELIMINARE
INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE
DELLE PENDICI DELL'INVASO DELLA DIGA DI PENNE

- Comune di Penne, in provincia di Pescara -



SETTORE N.2

- CARTA TOPOGRAFICA 1:5.000 -

- FOTO PANORAMICHE -



- MAGLIA DI RIFERIMENTO GEOGRAFICO -

- PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI -

- SPETTRI DI RISPOSTA SISMICA -



Luglio 2013

I 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 PRELIMINARE
INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE
DELLE PENDICI DELL'INVASO DELLA DIGA DI PENNE

- Comune di Penne, in provincia di Pescara -



SETTORE N.3

- CARTA TOPOGRAFICA 1:5.000 -
- FOTO PANORAMICHE -
- FOTO/SEZIONE GEOLOGICA -
- RILEVAMENTO TOPOGRAFICO -
- SEZIONI TOPOGRAFICHE E GEOLOGICHE -



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



Luglio 2013

I 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 PRELIMINARE
INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE
DELLE PENDICI DELL'INVASO DELLA DIGA DI PENNE
- Comune di Penne, in provincia di Pescara -



SETTORE N.4

- CARTA TOPOGRAFICA 1:5.000 -
- FOTO PANORAMICHE -



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



Luglio 2013

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

