



AZIENDA OSPEDALIERA "G.RUMMO"
VIA DELL'ANGELO 1 - 82110 BENEVENTO

**RIFUNZIONALIZZAZIONE IMPIANTO
DI DEPURAZIONE**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO

R.D.04

FIRME

IL GEOLOGO:

Geol. Emilio D'ALESSIO

IL RUP

P.I. DOMENICO TISO

IL DIRETTORE SANITARIO

DOTT. MARIO IERVOLINO

IL DIRETTORE GENERALE

DOTT. RENATO PIZZUTI

SOMMARIO

□	0.1 Premessa	pag. 2
□	0.2 Inquadramento cartografico	pag. 3
□	0.3 Inquadramento geomorfologico	pag. 4/5
□	0.4 Inquadramento geologico	pag. 6/7/8
□	0.5 Caratteristiche idrogeologiche	pag. 9
□	0.6 Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni	pag. 10/11/12/13
□	0.7 Conclusioni	pag. 13/14

ALLEGATI:

- Planimetria ubicazione sondaggi e interventi
- Sondaggi n. 1 e 2
- Prove di laboratorio

- 0.1 PREMESSA

Dovendo, l'Azienda Ospedaliera "G. Rummo" di Benevento, predisporre il progetto definitivo di adeguamento dell'impianto di depurazione ubicato nella zona nord dell'area di appartenenza dell'azienda, si rivolgeva allo scrivente Dott. Geologo Emilio D'Alessio, con studio tecnico in Benevento alla Via M. D'Azeglio n°32, per affidargli l'incarico di redigere una relazione geologica inerente le opere in predicato.

Facendo seguito all'incarico, lo scrivente provvedeva ad attuare un idoneo studio particolareggiato dell'area in esame onde poter determinare:

- l'assetto geomorfologico dei luoghi e relative condizioni di stabilità;
- definizione della successione litostratigrafica;
- determinazione della categoria di appartenenza del suolo (A-B-C-D-E);
- caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.

Lo studio veniva effettuato mediante:

- rilevamenti di superficie diretti sul sito in esame;
- l'ausilio di relazioni geologiche redatte sia per la stessa Azienda Ospedaliera che per altri lavori eseguiti in aree limitrofe;
- due sondaggi meccanici a carotaggio continuo e relative prove sismiche in foro eseguite per precedenti lavori;
- utilizzo di dati geotecnici provenienti dal prelievo di quattro campioni indisturbati sottoposti a prove di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei terreni;

- **0.2 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO**

Le opere in progetto saranno realizzate in Benevento alla via Pacevecchia e precisamente nella zona posta a nord dell'area ospedaliera ove è ubicato il vecchio depuratore.

In riferimento alla Carta d'Italia, tale area è compresa nel Fg.n° 173 "Benevento" in scala 1:100.000 ed in particolare ricade nel quadrante sud-orientale della Tavoletta topografica II N.O. "Benevento" in scala 1:25.000.

Il sito ove sono ubicate le strutture è posto ad una quota di circa 200 mt. s.l.m. in sinistra idrografica del torrente San Nicola, ed è riportato nel catasto terreni al Foglio n° 92 particella n° 1 del Comune di Benevento.

In particolare i lavori riguardano l'adeguamento dell'impianto di depurazione esistente.



Area d'intervento



- **0.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Il rilevamento geomorfologico condotto ha permesso di studiare in dettaglio le forme del rilievo e le principali caratteristiche geomorfologiche del sito.

L'assetto geomorfologico è stato determinato essenzialmente da vari fattori interagenti con la litologia tra i quali :

- processi esogeni e di modellamento dei versanti;
- dinamica fluviale;
- tettonica Plio-Quaternaria.

L'area in oggetto è posta in sommità, leggermente spostato verso il versante esposto a nord-est, del pianeggiante crinale della dorsale collinare ad andamento SE - NW denominata col toponimo Pacevecchia. Tale dorsale rappresenta lo spartiacque morfologiche tra le valli del fiume Sabato ad ovest e del torrente San Nicola ad est.

In particolare la morfologia dell'area è caratterizzata dal passaggio, da una superficie sommitale peneplanata posta ad una quota di circa 200 mt. s.l.m. su cui sono ubicati gran parte degli immobili ad uso residenziali e la stessa struttura ospedaliera, verso il talweg del torrente San Nicola posto a quota 160 mt s.l.m..

La quasi totalità dell'area in esame appartiene al bacino idrografico del T. S. Nicola, affluente di sinistra del F. Calore che è tributario del F. Volturno salvo una piccola parte, ad occidente, che è inclusa nel bacino idrografico del F. Sabato, anch'esso affluente di sinistra del predetto F. Calore.

I fattori atmosferici, nell'insieme, svolgono, sui sedimenti affioranti, azioni di alterazione, degradazione ed erosione piuttosto accentuati e creano una coltre superficiale alterata e gradata facilmente asportabile.

Le piogge e le acque vadose, svolgendo la loro azione sui terreni a carattere clastico grossolano producono accumuli di sabbie commiste a limo argilloso con ciottoli, mentre, nei terreni a carattere clastico fine, producono accumuli di limo commisto a sabbie fini e rari elementi ghiaiosi.

L'andamento morfologico è caratteristico di rilievi e valli formatesi a seguito di repentini movimenti eustatici i quali hanno dato origine a terrazzi fluviali. Infatti nelle valli possono prodursi più fasi di erosioni e di colmate, di modo che lungo i fianchi della stessa vengono a formarsi più ordini di terrazzi.

Successivamente, si sono avuti altri processi di modellamento dei versanti con limitati movimenti di massa lungo le pareti più acclivi.

Dal punto di vista della stabilità del versante in oggetto si è potuto stabilire che non esistono fenomeni e processi morfoevolutivi in atto e/o potenziali tali da poter compromettere la realizzazione delle opere. Ciò è confermato anche dall'andamento regolare e lineare delle curve di livello e quindi delle pendenze.

Il reticolo idrografico superficiale, anche per la spiccata urbanizzazione dell'area, è poco sviluppato, ed a tratti è rappresentato da incisioni dall'andamento rettilineo parallelo, impostate sulle linee di massima pendenza e convergenti verso il citato torrente San Nicola ed il fiume Sabato affluenti di sinistra del fiume Calore (Bacino del Volturno).

Ciò è da mettere in relazione con la litologia costituente i luoghi, in quanto trattandosi di terreni granulari, questi sono dotati nel complesso di un grado di permeabilità medio e pertanto favoriscono processi d'infiltrazione.

- 0.4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il rilevamento geologico eseguito, l'osservazione di alcuni tagli artificiali e naturali, presenti in zona, nonché l'esecuzione di tre sondaggi meccanici a carotaggio continuo, realizzati nell'area in esame e spinti fino alla profondità di mt. 30,00 dal p.c., hanno consentito di determinare le litologie e d'interpretarne la stratigrafia.

Si sono evidenziate le seguenti formazioni:

-FORMAZIONE PLIO-PLEISTOCENICA

Rappresentata in loco da terreni psefitici-psammitici in facies sub-litorale alluvionale appartenenti alle assisi di chiusura della formazione.

I litotipi sono dati da conglomerati ad elementi calcarei, calcarenitici e calcilulitici con scarsi elementi arenacei. Essi si presentano in genere arrotondati, a matrice limoso-sabbiosa, con prevalenza di sabbie, che a volte sono presenti in alte percentuali arrivando fino alla quasi assenza di elementi ghiaiosi o ciottolosi così da formare lenti, interstrati mal definiti e banchi aventi varia potenza.

Il colore della matrice varia dal giallastro-biancastro al giallastro-rossastro e dipende sia dalla qualità degli elementi lapidei che dal loro grado di alterazione. In genere il colore giallo-rossastro è legato alla presenza di elementi lapidei di tipo arenaceo alterati.

La stratificazione è mal definita, accennata solo a luoghi.

La giacitura, sebbene poco appariscente, presenta un prevalente andamento generale verso N-NW seguendo i pendii di naturale deposito.

L'ambiente di sedimentazione è prevalentemente sub-litorale ed i materiali che costituiscono la formazione clastica provengono, sia da smantellamenti di depositi calcarei mesozoici, che da cicli di precedenti sedimentazioni mio-plioceniche.

Tali terreni hanno subito la sola compattazione naturale per cui essa aumenta in modo direttamente proporzionale alla profondità.

In detti terreni non si sono osservati fenomeni di cementazione.

Questi conglomerati sciolti e poco compattizzati sono concordanti con le assisi argilloso-sabbiose grigio azzurre della medesima formazione, riferibili in particolare al Pliocene Medio, soggiacenti e largamente diffuse nel territorio di Benevento (C.da Fantozzi e Madonna della Salute).

-DEPOSITI ALLUVIONALI PLEISTO-OLOCENICI

Rappresentati da litotipi rudistici epiclastici risedimentati con estesi crostoni cementati dovuti sia a fenomeni evaporitici che alla circolazione acquifera di falda superficiale.

Gli elementi lapidei sono poligenici ed arrotondati, la matrice è sabbioso-limosa, con prevalenza delle sabbie.

E' evidente la loro similitudine litologica con le assisi di chiusura della formazione Plio-pleistocenica precedentemente descritta.

Tali termini litologici in facies tipicamente alluvionale sono conseguenza di fasi di deposito ed erosione del F. Sabato ed i terrazzi così costituiti a quote diverse rispetto all'attuale alveo sono chiaramente visibili nel versante della destra idrografica che è anche il più acclive.

La giacitura di questi litotipi è poco appariscente mentre la stratificazione conserva ancora il carattere mal definito ma possono notarsi accenni di stratificazione inclinata con passaggi laterali per interdigitazione.

Dal rilevamento effettuato e dalle altre indagini geognostiche emerge che questi litotipi succedono quelli delle assisi di chiusura della formazione Plio-pleistocenica. La linea di contatto di queste due formazioni è, spesse volte, difficile da reperire e da determinare data la loro somiglianza litologica.

- PIROCLASTITI TUFITICHE

Rappresentate da tufiti cineritico-sabbiose e da piroclastiti sabbioso-cineritico-terrose a media compattezza entrambe grigioscuro-ocracee.

Sono state deposte dalle ignimbriti trachi-fonoliti che del secondo periodo Flegreo e costituiscono un manto di varia potenza che originariamente aveva ricoperto in modo generale tutta la zona.

Successivamente l'erosione delle acque selvagge ha asportato il manto continuo e lasciato plaghe isolate oppure collegate da sottili lembi nelle zone di massimo deposito o di poca attività erosiva.

La loro potenza è quindi variabile da alcuni decimetri a qualche metro.

Esse, seppur non rinvenute specificamente nei sondaggi, in quanto si è in presenza di zone antropizzate e pertanto probabilmente già asportate, ricoprono la quasi totalità dell'area investigata

Le formazioni sopra descritte sono rappresentate dalle colonne stratigrafiche redatte a seguito dei sondaggi n. 1 n. 2 di seguito allegate.

In particolare nel sondaggio n. 1 si evidenzia che al di sotto di una massicciata di riporto di natura calcarea spessa 80 cm si rinvencono silt argillosi di colore avana con inclusi elementi lapidei e noduli nerastri di materiali organici. Fanno passaggio alla profondità di mt. 15.00 sabbie e ghiaie poligeniche ed eterometriche ; la matrice è limoso sabbiosa. Dopo un livello costituito da silt-sabbioso si rinvencono nuovamente le sabbie e ghiaie fino a fine foro.

Nel sondaggio n. 2 si ripetono le litologie presenti nel sondaggio n. 1 a differenza che fino alla profondità di mt 16.00 si ha maggiore alternanza di silt argillosi con le sabbie e ghiaie per poi rinvenire definitivamente fino a fine foro il silt sabbioso e ghiaioso.

- 0.5 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

I litotipi affioranti nella zona sono degli aggregati di ciottoli, ghiaie, sabbie e limi nelle più disparate proporzioni ed a compattazione e/o cementazione variabile da luogo a luogo, per cui si deduce che la totalità dei termini è caratterizzata da una percolazione acquifera legata alla granulometria. Cioè la percolazione è più elevata nei termini ciottoloso-ghiaiosi mentre è minore in quelli sabbiosi e sabbioso-limosi, riducendosi ulteriormente nei termini limoso-argillosi.

Pertanto i conglomerati poco cementati ed a scarsa matrice presentano una elevata permeabilità per porosità, mentre le sottostanti argille hanno un grado di permeabilità meno elevato.

In effetti le acque sotterranee circolano agevolmente in tutta la massa conglomeratica, mentre, nei sottostanti sedimenti, la circolazione sotterranea è condizionata dalle argille, cioè si realizzano locali accumuli d'acqua nelle arenarie, limitati inferiormente dalle argille con direzione di scorrimento prevalente lungo i piani di contatto.

In particolare le falde acquifere che possono incontrarsi nella zona sono:

- a) la falda superficiale alla base della coltre alterata di carattere strettamente stagionale;
- b) le falde acquifere insediate nelle interstratificazioni dei sedimenti clastici grossolani con i sedimenti clastici fini;
- c) le falde insediate alla base dei sedimenti psammitici e che hanno per letto quelli pelitici.

E' da rilevare che è presente una circolazione idrica molto limitata del tipo "strato su strato" determinata da ogni variazione granulometrica tendente al fino.

- **0.6 CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI**

Durante l'esecuzione dei sondaggi meccanici sono stati prelevati n. 4 campioni e successivamente analizzati in laboratorio per poterne determinare le caratteristiche fisico meccaniche più salienti.

Prima di esporre nel dettaglio i risultati delle prove che, comunque sono ben illustrate nell'allegato fascicolo redatto a cura del laboratorio "Geo-in" di Benevento, è necessario fare delle brevi osservazioni di carattere generale sui litotipi affioranti.

I terreni affioranti nell'area interessata dal progetto in predicato, così come quelli soggiacenti, possono essere definiti come "aggregati di ciottoli, ghiaie, sabbie e limi" nelle più disparate proporzioni.

Ciò è vero, specie, per i depositi detritici-fluviali e/o lacustri, in quanto il loro processo di sedimentazione non ha permesso una classazione granulometrica bensì un depositarsi caotico e massivo dei materiali apportati in facies alluvionale oppure deltizio litorale.

Inoltre, l'epoca geologicamente recente in cui è avvenuto il deposito (Medio ed Alto Pleistocene ed Olocene) non ha permesso una compattazione del sedime per cui esso si presenta con un indice di compattezza non elevato e con una porosità variabile.

I campioni prelevati nei sondaggi 1 e 2 sono stati prelevati alle seguenti profondità:

Sondaggio n.1

Campione S1 C1 mt. 5.00 - 5.50

Campione S1 C2 mt. 13.00 -13.50

Sondaggio n.2

Campione S2 C1 mt. 4.20 - 4.60

Campione S2 C2 mt. 10.30 -10.80

Sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione delle costanti fisiche generali
- prova di taglio diretto, consolidata lenta
- prova di compressione ad espansione laterale libera.

Il campione S1 C1 prelevato nel silt argilloso presenta le seguenti caratteristiche:

- o contenuto in acqua 20.54 %
- o peso di volume naturale 18.83 kn/mc
- o peso di volume secco 15.62 kn/mc
- o peso specifico dei grani 26.70 Kn/mc
- o indice dei vuoti 0.710
- o porosità 41.52 %
- o grado di saturazione 77.28 %
- o peso di volume saturo 19.77 kn/mc
- o angolo di attrito interno 23.10°
- o coesione 30.10 kn/mq
- o coesione non drenata 0.0066 kn/cm²

Da una identificazione visiva il campione presenta una umidità medio alta, una consistenza media ed una plasticità della componente fine.

Il campione S1 C2 prelevato nel silt argilloso presenta le seguenti caratteristiche:

- o contenuto in acqua 23.20 %
- o peso di volume naturale 18.97 kn/mc
- o peso di volume secco 15.40 kn/mc
- o peso specifico dei grani 26.67 Kn/mc
- o indice dei vuoti 0.732
- o porosità 42.27 %
- o grado di saturazione 84.51 %

- peso di volume saturo 19.62 kn/mc
- angolo di attrito interno 22.80°
- coesione 33.20 kn/mq
- coesione non drenata 0.0073 kn/cm²

Da una identificazione visiva il campione presenta una umidità elevata, una consistenza media ed una plasticità della componente fine.

Il campione S2 C1 prelevato nel silt argilloso debolmente sabbioso presenta le seguenti caratteristiche:

- contenuto in acqua 39.29 %
- peso di volume naturale 18.08 kn/mc
- peso di volume secco 12.98 kn/mc
- peso specifico dei grani 26.63 Kn/mc
- indice dei vuoti 1.051
- porosità 51.24 %
- grado di saturazione 99.55 %
- peso di volume saturo 18.11 kn/mc
- angolo di attrito interno 16.60°
- coesione 19.70 kn/mq
- coesione non drenata 0.0044 kn/cm²

Da una identificazione visiva il campione presenta una umidità elevata, una consistenza media ed una plasticità della componente fine.

Il campione S2 C2 prelevato nella sabbia e ghiaia a matrice limoso –sabbioso presenta le seguenti caratteristiche:

- contenuto in acqua 34.25 %
- peso di volume naturale 18.70 kn/mc

- peso di volume secco 13.93 kn/mc
- peso specifico dei grani 26.73 Kn/mc
- indice dei vuoti 0.92
- porosità 47.91 %
- grado di saturazione 99.57 %
- peso di volume saturo 18.72 kn/mc
- angolo di attrito interno 21.60°
- coesione 17.70 kn/mq
- coesione non drenata 0.0039 kn/cm².

Da una identificazione visiva il campione presenta una umidità elevata, una consistenza media ed una plasticità della componente fine.

Nel sondaggio n. 1 inoltre sono state realizzate n. 3 prove SPT i cui risultati sono rappresentati nella allegata colonna stratigrafica.

Tali parametri potranno essere utilizzati nei calcoli di natura ingegneristica.

- 0.7 CONCLUSIONI

Le indagini effettuate per redigere la presente relazione geologica hanno consentito di delineare le caratteristiche geomorfologiche, geologiche stratigrafiche del sito oggetto dell'indagine nonché la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell'immediato sottosuolo e la determinazione delle velocità delle onde S nei primi 30 metri di profondità al fine di individuarne la categoria di suolo di appartenenza secondo l'OPMC 3274.

- Sotto il *profilo geomorfologico* l'area dell'intervento è situata in corrispondenza della sommità di un'area collinare peneplanata determinatasi a seguito di movimenti eustatici.

- Sotto il *profilo geologico* l'immediato sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di piroclastiti sciolte a granulometria variabile deposte in situ su una paleomorfologia costituita da silt argilloso che fanno passaggio a sabbie e ghiaie.
- Sotto il *profilo idrogeologico* non esistono particolari problemi d'interazione con la falda idrica.
- Sotto il *profilo geotecnico* sono stati definiti i parametri dei terreni incontrati nei sondaggi che prevedono coesione bassa, peso medio dell'unità di volume γ pari a 18,6 KN/m³ e angolo di attrito interno ϕ pari a 26.60 gradi.
- Sotto il *profilo sismico*, per il quale si rimanda alla "Relazione sulla modellazione sismica del sito", è stato determinato con le prove sismiche down-hole la velocità media delle onde S pari a 420 m/s che hanno consentito di stabilire l'appartenenza del suolo alla categoria **B**.

TANTO DOVEVASI.

BENEVENTO, Settembre 2017

Dott. Geologo

EMILIO D'ALESSIO