

<i>Elaborato</i>	<i>Livello</i>	<i>Tipo</i>	<i>Sistema / Edificio / Argomento</i>	<i>Rev. 00</i>
LT RV 01115 ETQ-00039440	A	RT - Relazioni	ISG - Indagini e studi geotecnici	Data 03/12/2014
Centrale / Impianto:	Sito di Latina - PROGETTO RIPRISTINI SISTEMAZIONI VARIE			
Titolo Elaborato:	Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica - Impermeabilizzazione del sedime di Centrale e modifica della rete drenaggi			
Prima emissione				
<i>Timbri e firme per responsabilità di legge</i>				
Autorizzato				
.....				
DWMD/ING Morgante A. DWMD/ING Imperi M.	DWMD/ING Cardillo S.	DWMD/ING Morgante A.	DWMD/ING Bunone E.	DWMD/ING Del Lucchese M.
Incaricato	Collaborazioni	Verifica	Approvazione / Benestare	Autorizzazione all'uso

PROPRIETA'

LIVELLO DI CLASSIFICAZIONE

Del Lucchese M.

Aziendale

Livello di Classificazione: Pubblico, Aziendale, Riservato Aziendale – riproduzione vietata, Uso Ristretto – riproduzione vietata
Il presente elaborato è di proprietà di Sogin S.p.A. È fatto divieto a chiunque di procedere, in qualsiasi modo e sotto qualsiasi forma, alla sua riproduzione, anche parziale, ovvero di divulgare a terzi qualsiasi informazione in merito, senza autorizzazione rilasciata per scritto da Sogin S.p.A.

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



I N D I C E

1	PREMESSA	3
2	QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E PROGETTUALE	4
3	MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA	6
3.1	ASSETTO STRATIGRAFICO-STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO	6
3.2	IDROGEOLOGIA	9
3.3	IDROGRAFIA	11
4	DATI UTILIZZATI	14
5	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA	18
5.1	PROFILO STRATIGRAFICO DI RIFERIMENTO	18
5.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI TIPO	18
5.2.1	Terreno 1 – Unità sabbioso-limosa	18
5.2.2	Terreno 2 – Livello limoso-sabbioso-argilloso	19
5.2.3	Terreno 3 – Unità vulcanica	19
5.3	ASSETTO IDROGEOLOGICO E LIVELLO DI FALDA	19
6	MODELLAZIONE SISMICA	21
6.1	GENERALITA'	21
6.2	PERICOLOSITA SISMICA DI BASE	21
6.3	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	24
6.4	SPETTRI DI SITO	25
7	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	27
7.1	PERICOLOSITÀ IDRAULICA	27
7.2	PERICOLOSITÀ DA SUBSIDENZA	32
7.3	PROBLEMATICHE GEOLOGICO-TECNICHE	32

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



1 PREMESSA

La presente relazione geologica, redatta ai sensi del D.M. 14/01/2008 è a supporto del progetto definitivo per la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione ed adeguamento Rete Fognaria all'interno della centrale Nucleare di Borgo Sabotino, sita nel comune di Latina.

Sulla base dei dati acquisiti nel corso di varie campagne di indagine è stato ricostruito il modello stratigrafico-strutturale, l'assetto idrogeologico, la caratterizzazione geotecnica dei terreni e la pericolosità sismica dell'area interessata, al fine della verifica di fattibilità dell'opera relativamente ad eventuali problematiche relative alla stabilità dei terreni d'impasto ed all'assetto idraulico-idrogeologico dell'intorno.

In fig. 1 sono raffigurate l'area di intervento e l'ubicazione delle vasche di prima pioggia.

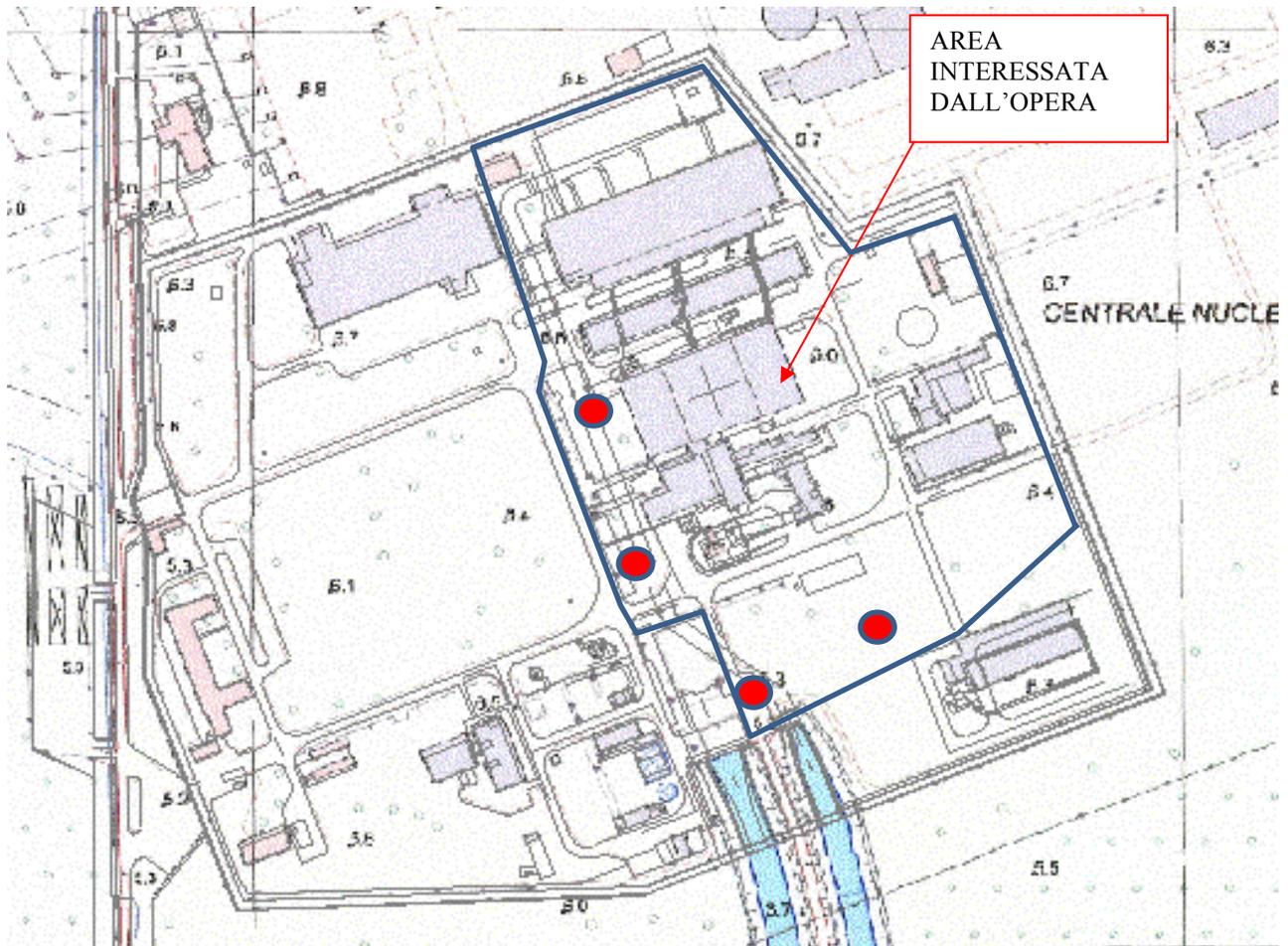


Figura 1 – Planimetria generale della centrale di Latina con l'ubicazione delle opere in progetto.

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



2 QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO E PROGETTUALE

Normative applicabili:

- D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- Legge 2/02/1974, n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Regione Lazio - Delibera di Giunta Regionale n. 387 del 22 Maggio 2009 - Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03.
- Regione Lazio - Delibera di Giunta Regionale n. 10 del 13 Gennaio 2012 – Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico.

Elaborati progettuali rilevanti:

- ENEL (1997): Impianto termoelettrico a ciclo combinato di Latina – Caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione – Relazione conclusiva
- D'APPOLONIA (1974): Final report. Subsurface investigation and foundation evaluation Impianto Prototipo Cirene. Latina, Italy.
- ISMES (1982): Centrale di Latina – Riesame delle caratteristiche sismiche del sito: studio per lo sviluppo di uno spettro di risposta in funzione delle caratteristiche locali del sito. (pratica 2036)
- SOGIN (2010): Centrale di Latina - Nuovo deposito temporaneo per rifiuti di IIa categoria. Relazione geotecnica. (elab. LT NV 0016)
- SOGIN (2012): Centrale di Latina – Ottemperanza Prescrizioni VIA - Valutazione dei rischi connessi ad eventuali eventi catastrofici (Elab. NP VA 0445)
- Tecnostudi Ambiente (2008) Cantiere di Borgo Sabotino – Studio idrogeologico di dettaglio – Relazione conclusiva
- IDROTECNICA COSTRUZIONI GENERALI SRL: Studio geologico tecnico del terreno sito nel comune di Latina in Via Macchiagrande 6 Borgo Sabotino, interessato dal progetto di costruzione di un edificio di servizio.

Letteratura tecnico-scientifica:

- Bigi G., Cosentino D., Parotto M. (1988): Modello litostratigrafico-strutturale della Regione Lazio
- Boni C. (1986) “Schema idrogeologico dell'Italia centrale”; Mem. S.G.I., 35 (2)

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



- Boni C., Bono P., Calderoni G., Lombardi S., Turri B. (1980) “Indagine idrogeologica e geochimica sui rapporti tra il ciclo carsico e circuito idrotermale nella Pianura Pontina (Lazio meridionale); Geol. App. e Idrogeol., 15
- Boni C., Bono P., Capelli G. (1988): Carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio
- Funciello R., Parotto M. (1978): Il substrato sedimentario nell’area dei Colli Albani; Geol. Rom., 17
- Segre. A.G., Motta S. (1963) F. 158 della Carta Geologica d’Italia: Latina; Servizio Geologico

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



3 MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

3.1 ASSETTO STRATIGRAFICO-STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO

La Centrale di Latina è ubicata a circa 1.500 m dalla costa tirrenica, sulla piana costiera degradante verso il mare ad una quota compresa tra 7 e 5 m s.l.m..

L'area, posta nella porzione di Piana Pontina compresa tra i M.ti Lepini, i Colli Albani ed il Mar Tirreno, rientra nella fascia di transizione tra la catena appenninica ed il bacino tirrenico.

Dal punto di vista strutturale, la fascia di transizione è costituita da un graben orientato NO-SE delimitato dall'alto strutturale dei M.ti Lepini (a NE) e da quello sepolto di Fogliano, il cui apice si trova circa 10 km a SO dalla costa. Il sistema a horst e graben è costituito dalle unità carbonatiche delle successioni laziali-abruzzesi mesozoiche.

L'attuale assetto strutturale della zona deriva dalla tettonica distensiva post-miocenica, conseguente l'apertura del bacino tirrenico: i movimenti distensivi provocarono la subsidenza dell'area Pontina e la conseguente ingressione marina, che, a partire da circa 6 milioni di anni fa, iniziò a colmare con i suoi sedimenti l'area depressa. Durante il Pleistocene, l'attività distensiva migrò verso SO, ossia dalla Pianura Pontina verso l'attuale margine di scarpata continentale, come testimoniato dalla variazione della sedimentazione che, da prevalentemente marina, diviene continentale.

A partire da 600.000 anni fa, lungo le fratture generate durante la fase distensiva, iniziò la risalita dei prodotti vulcanici che sono all'origine dell'apparato dei Colli Albani. Intorno a 500.000 anni fa, quando oramai, in seguito al generale sollevamento della catena appenninica il mare si ritraeva, l'Agro Pontino rimase in parte invaso dalle acque, separato dal mare dal cordone dunare che si estendeva tra Capo Astura ed il Circeo.

Dal punto di vista stratigrafico, le principali unità presenti nella zona sono costituite dal complesso plio-pleistocenico dei depositi sedimentari e vulcanici che hanno colmato la depressione strutturale del graben pontino (Fig. 2).

Più nello specifico la successione pleistocenica è costituita, dal basso verso l'alto, da:

- ✓ argille del Pleistocene inferiore (1,7-0,9 Ma);
- ✓ sedimenti di facies salmastre (0,9-0,7 Ma);
- ✓ sedimenti del Pleistocene medio (0,7-0,25 Ma) sia marini che continentali scarsamente rappresentati in superficie, ma ben riconoscibili nei sondaggi in quanto caratterizzati dalla presenza di abbondanti prodotti piroclastici talora rimaneggiati;
- ✓ sedimenti marini del Pleistocene superiore (0,125 Ma);
- ✓ depositi della "Duna antica" (livelli sabbiosi fortemente arrossati e argillo-sabbiosi, ricchi in minerali vulcanici) formatisi successivamente lungo una fascia molto ampia parallela alla linea attuale di costa. Questi sono probabilmente legati a due cicli sedimentari differenti il più recente dei quali, di età intrawurmiana, è il più prossimo alla costa e raggiunge un'elevazione di circa 6 m s.l.m. (questi sedimenti sono quelli affioranti nell'area della centrale). Coevi a queste formazioni, ma ubicati verso monte ed in facies continentale, sono gli estesi affioramenti di travertino di Cisterna e di Doganella di Ninfa.

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



Larga parte dei terreni al tetto della successione affioranti nella Pianura Pontina compresa tra il margine orientale degli affioramenti dei depositi della “Duna antica” ed i rilievi lepini, sono di età “intraurumiana” ed olocenica e sono costituiti da torbe deposte in clima freddo e da sabbie arrossate contenenti industrie litiche.

I depositi attuali sono costituiti dalle sabbie delle dune mobili litoranee, dai depositi alluvionali, dai sedimenti torbosi delle lagune e dei laghi costieri e dai terreni di riporto derivanti dallo scavo dei canali di bonifica (talora utilizzati per rettificare la pendenza delle aree golenali verso il collettore).

Per quanto attiene al sottosuolo, dai dati stratigrafici forniti dal pozzo Fogliano (Funicello & Parotto, 1978) si rileva, al di sotto delle argille, la presenza di sequenze pleistoceniche marine di sabbie e limi con intercalazioni ghiaiose per uno spessore complessivo di circa 200 m. Seguono quindi formazioni marine e salmastre plioceniche: calcareniti e arenarie con livelli di sabbie ed argille (per circa 170 m). Alla profondità di circa 400 m si incontrano ghiaie per circa 70 m, sabbie e marne mioceniche, al di sotto delle quali si rinvencono le formazioni calcaree paleogeniche-cretaciche che costituiscono anche l'ossatura del complesso dei M.ti Lepini.

Dal punto di vista geomorfologico la zona presa in esame si presenta oggi come una piana dall'andamento uniforme, le cui forme più evidenti sono costituite dalle scarpate recenti di erosione generate dal Fiume Astura e da quelle artificiali che costituiscono gli argini dei canali di bonifica realizzati a partire dagli anni '30.

La prima testimonianza del tentativo da parte dell'uomo di bonificare l'area pontina è il sistema di drenaggio a base di cunicoli, realizzato dai Volsci nel V-VI secolo A.C. Vari tentativi di bonifica furono fatti in seguito, dalla Roma Imperiale e dallo Stato Pontificio, ma è dopo la Prima guerra mondiale, intorno agli anni '30, che questi si conclusero con successo.

Relazione tecnica

C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica

ELABORATO
LT RV 01115

REVISIONE
00

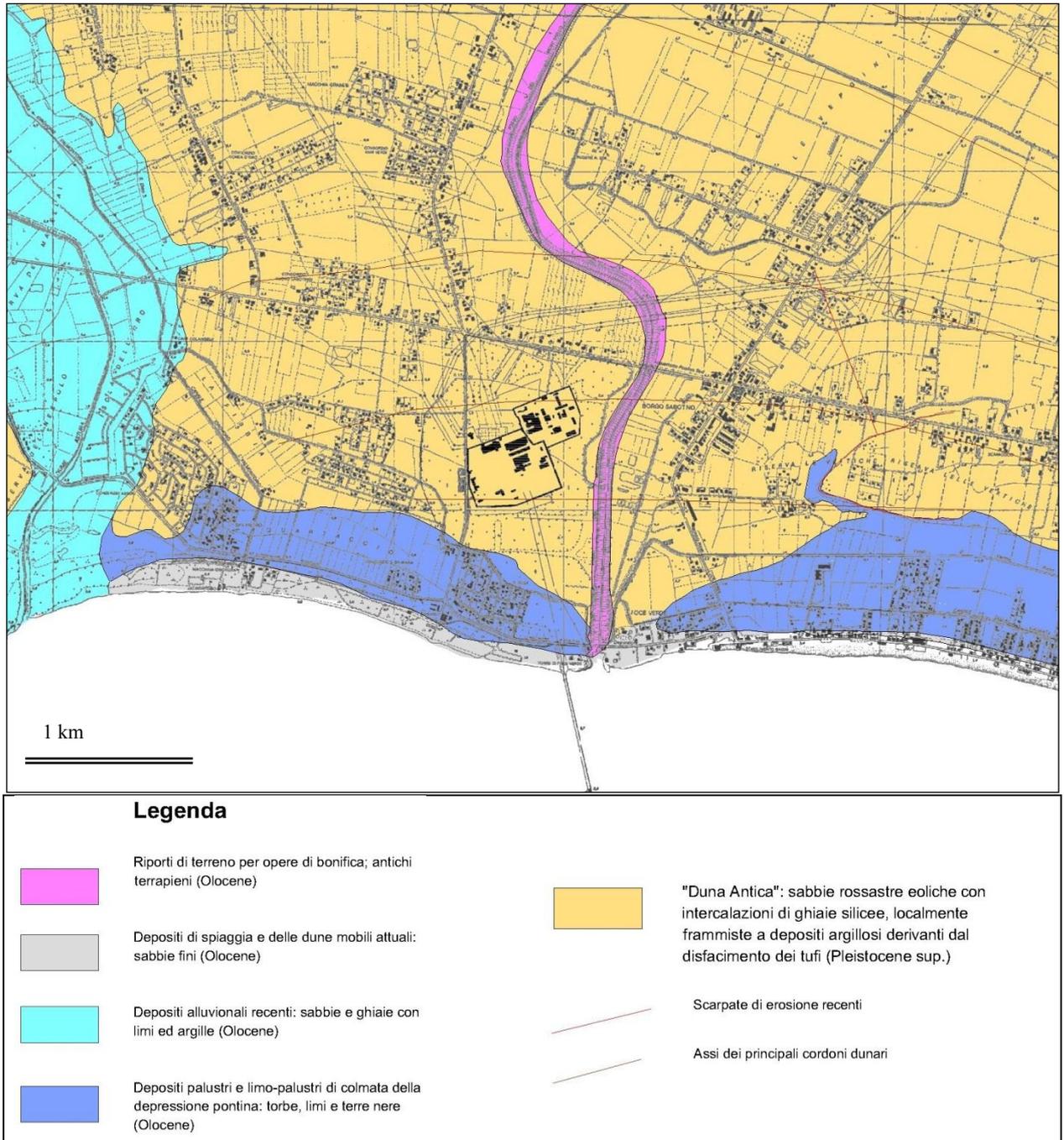


Figura 2 – Carta geologica e geomorfologica

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



3.2 IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico regionale, il complesso dei depositi sedimentari e vulcanici di colmata presenta una permeabilità media non elevata, benché localmente si osservino forti variazioni sia in senso orizzontale che verticale.

Come illustrato nel paragrafo precedente, la stratigrafia dei terreni in cui avviene il flusso idrico è caratterizzata da una sequenza di terreni sabbioso-limosi originati in ambiente continentale e marino costiero, nonché di tufi vulcanici che poggiano sulla potente formazione marina plio-quadernaria.

La presenza di una netta stratificazione di sedimenti sabbiosi a permeabilità generalmente bassa con l'interposizione di diversi metri di spessore di tufi litoidi che, dai sondaggi effettuati (D'Appolonia, 1974; ENEL, 1997) risultano fortemente fratturati e con permeabilità discreta, comporta la partimentazione della circolazione sotterranea in due fasce di profondità (fig. 3). La prima, più superficiale, comprende i terreni dalla superficie fino al tetto dei tufi litoidi. La seconda comprende i tufi litoidi e le sottostanti sabbie argillose fino alle argille di base. Data la relativa maggiore permeabilità dei tufi litoidi si determina in questi materiali il deflusso preferenziale dell'acquifero.

Le due falde sono riportate a due fasce di profondità:

- la prima fino a 10 m dal p.c.(circa -3 / -5 m s.l.m.);
- la seconda tra 10 e 30 m da p.c. (fino a circa -23 / -25 m s.l.m.).

In corrispondenza del margine della piana verso i M.ti Lepini, l'acquifero multistrato è in connessione con il complesso carsico impostato nelle unità carbonatiche che, insieme alle precipitazioni dirette, ne fornisce l'alimentazione.

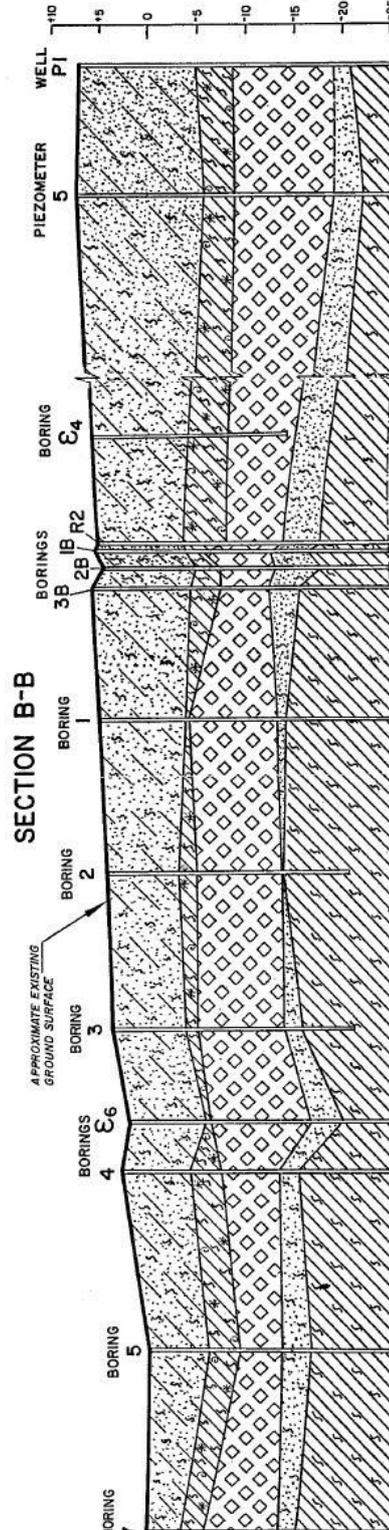
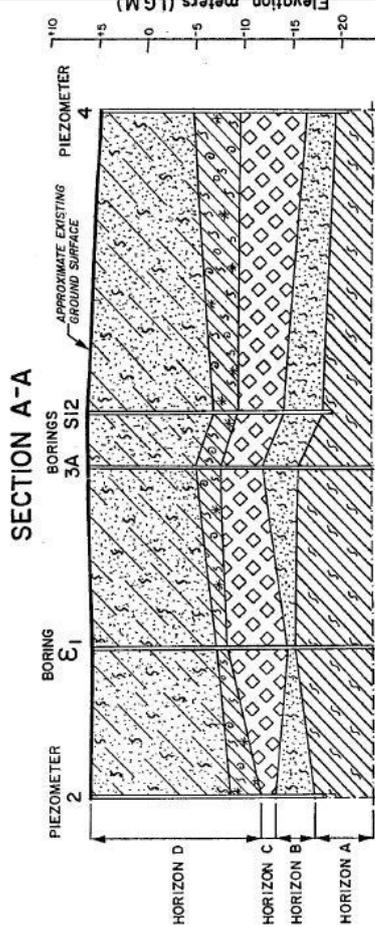
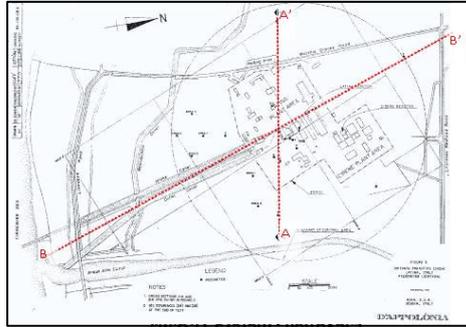


FIGURE 3
IMPIANTO PROTOTIPO GRENE
LATINA (ITALY)
SECTIONS A-A AND B-B
PREPARED FOR
NIRA S.p.A.
GENOVA, ITALY
D'APPOLONIA

LEGEND
SILTY CLAY
SILTY SAND
VOLCANIC TUFF
SILTY CLAY WITH CORAL AND FOSSILS
SILTY TO CLAYEY SAND



NOTES
1. FOR PLAN AND LOCATION OF BORINGS AND SECTIONS, SEE FIGURE 1
2. THE DEPTH AND THICKNESSES OF THE SUBSURFACE STRATA INDICATED ON THE SECTIONS WERE GENERALIZED FROM AND INTERPOLATED BETWEEN TEST BORINGS. THUS, CONDITIONS BETWEEN BORINGS ARE INFERRRED FROM ACTUAL DATA AND COULD IN REALITY VARY FROM THOSE DEPICTED IN THE CROSS SECTIONS

Figura 3 – Sezioni idrogeologiche (da D'Appolonia, 1974)

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



3.3 IDROGRAFIA

La regione idrografica pontina è delimitata a Nord dal Gruppo dei Colli Albani (ca. 1000 m s.l.m.), a Nord-Est dai rilievi dei Monti Lepini che la dividono dal bacino del Fiume Sacco ed a Sud-Est dai Monti Ausoni (1000 m s.l.m.) che separano la regione dal bacino idrografico pertinente al Lago di Fondi.

Il reticolo idrografico della regione, è il risultato di una complessa opera di regimazione idraulica costituita da un sistema di canali gerarchizzati, con sezione idraulica sempre più grande fino a giungere a mare.

Il sito della Centrale Nucleare è ubicato tra due corsi d'acqua che sfociano direttamente in mare: il Fiume Astura, unico corso d'acqua naturale di una certa entità prossimo al sito, ed il Canale delle Acque Alte (denominato anche Canale Moscarello).

Il Fiume Astura ha un bacino idrografico di circa 78 km². Esso si estende verso nord fino al massiccio vulcanico dell'Artemisio e degrada verso il mare con i suoi affluenti (Fosso dei Prefetti, Fosso di Carano, Fosso Pane e Vino). La portata minima naturale del corso d'acqua in prossimità della foce è stimata pari a 0,2 – 0,3 m³/s.

L'altro corso d'acqua prossimo al Sito, il Canale delle Acque Alte, è quasi del tutto artificiale. Il suo bacino idrografico si estende per circa 62 km² e comprende l'area su cui sorge la Centrale. Esso intercetta tutta la parte alta del bacino del fiume Astura a monte della SS148 (via Pontina), tramite l'Allacciante Astura. Riceve, quindi, tutti i fossi che scendono dalle pendici meridionali dei Colli Albani a Est del lago di Nemi e da quelle sudoccidentali dei Monti Lepini, a Ovest di Norma. In esso si immette il Canale delle Acque Alte, lungo colatore che ha origine in prossimità dell'abitato di Ninfa, realizzato nel corso della bonifica della palude Pontina e progettato per una portata massima di 750 m³/s.

Nella sua parte terminale corre in direzione perpendicolare alla costa, circa 500 m a Est della Centrale.

La figura 4 mostra la perimetrazione dei bacini idrografici principali e lo sviluppo del reticolo idrografico.

Ad est del bacino del Moscarello (il cui corso d'acqua principale è il Canale delle Acque Alte) si trova quello del Rio Martino, esteso circa 401 km². I principali corpi idrici superficiali di questo bacino sono il Canale delle Acque Medie, le sorgenti di Ninfa ed i laghi di Sabaudia, di Fogliano, di Caprolace e dei Monaci. A sud dell'area della Centrale scorre il canale irriguo Mastropietro.

Il fiume Astura sfocia a circa 2,5 km a monte dello sbocco a mare del canale di scarico della Centrale e del Canale Acque Alte e il fondale marino presenta una pendenza media intorno allo 0,8%.

Relazione tecnica

C.le di Latina – Adeguamento Rete
Fognaria e Realizzazione Vasche prima
Pioggia - Relazione geologica e di
caratterizzazione geotecnica

ELABORATO
LT RV 01115

REVISIONE
00

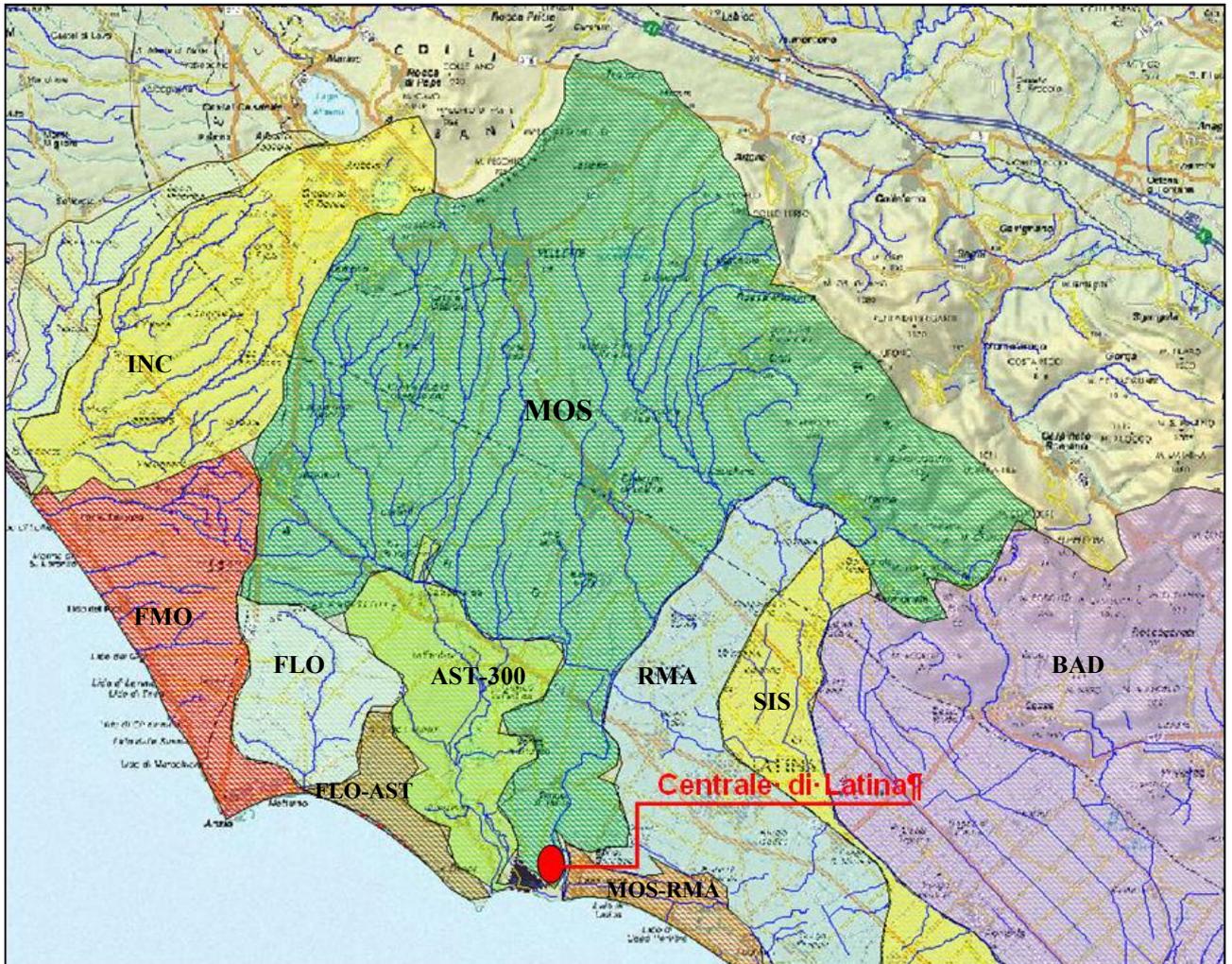


Figura 4: Inquadramento idrografico generale

Nell'area di centrale è presente una rete di canali sia naturali che artificiali tra i quali risultano particolarmente importanti anche i canali di presa e di scarico della centrale stessa collegati direttamente con il mare.

La circolazione idrica sotterranea nell'area della centrale è condizionata, quindi, oltre che dagli elementi geo-morfologici, anche dai regimi dei corpi idrici della pianura costiera (fig. 5).

Tali corpi idrici contribuiscono infatti a costituire il livello di base della falda freatica che, lungo queste linee, drena costantemente.

Relazione tecnica

C.le di Latina – Adeguamento Rete
Fognaria e Realizzazione Vasche prima
Pioggia - Relazione geologica e di
caratterizzazione geotecnica

ELABORATO
LT RV 01115

REVISIONE
00

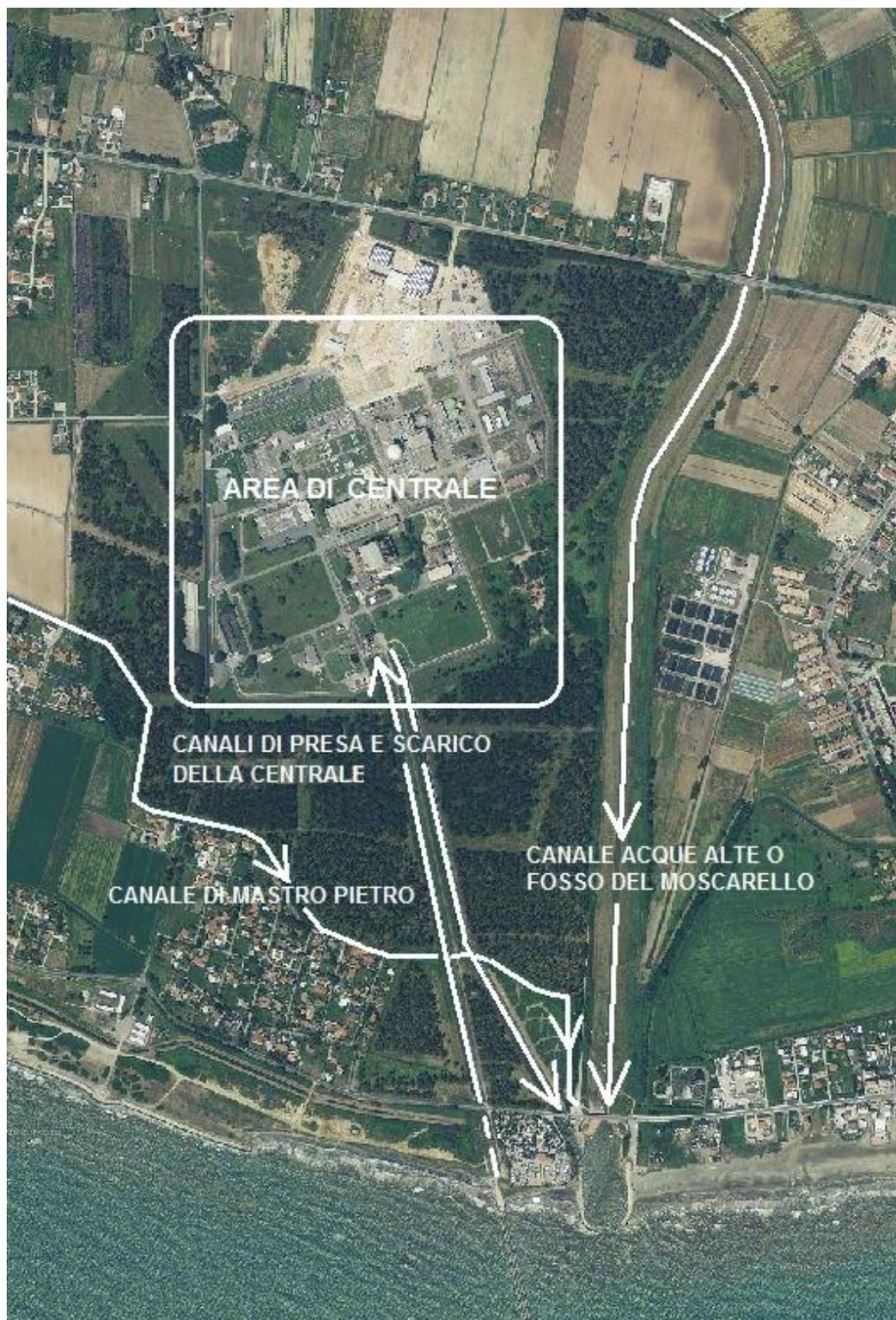


Figura 5 – Schema delle acque superficiali nei dintorni della centrale

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



4 DATI UTILIZZATI

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sito in oggetto, esposta nel capitolo successivo, sono stati utilizzati i risultati di varie campagne di indagini eseguite in tempi diversi, e precisamente (Fig. 6):

- Una campagna di perforazioni per la realizzazione della nuova rete di monitoraggio piezometrico della centrale eseguita nel 2012-2013 (in viola in figura 6).
- Due campagne di indagini in sito e prove di laboratorio eseguite fra il 2003 ed il 2004 per la caratterizzazione di alcune aree interessate dalla realizzazione di nuovi edifici (in giallo/arancio in fig. 6).
- Una campagna di indagini in sito e prove di laboratorio eseguite nel 1970, finalizzate alla caratterizzazione geotecnica dell'impianto Cirene (in verde chiaro in figura 6).
- Una campagna di indagini in sito e prove di laboratorio eseguite nel 1958, all'epoca della costruzione dell'impianto (in verde scuro in figura 6).

Sono evidenziate nella fig. 6:

- I sondaggi LAT6 e LAT16, dei quali viene a titolo di esempio riportata la stratigrafia nelle figure 7 e 8;
- La prova Cross-hole eseguita nell'attiguo impianto Cirene, descritta nel par. 5.3;
- L'area delle prove SPT descritte nel par. 5.3;

Dalla figura si evince chiaramente come tutta l'area oggetto di studio risulti adeguatamente coperta e caratterizzata dalle indagini descritte.

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---

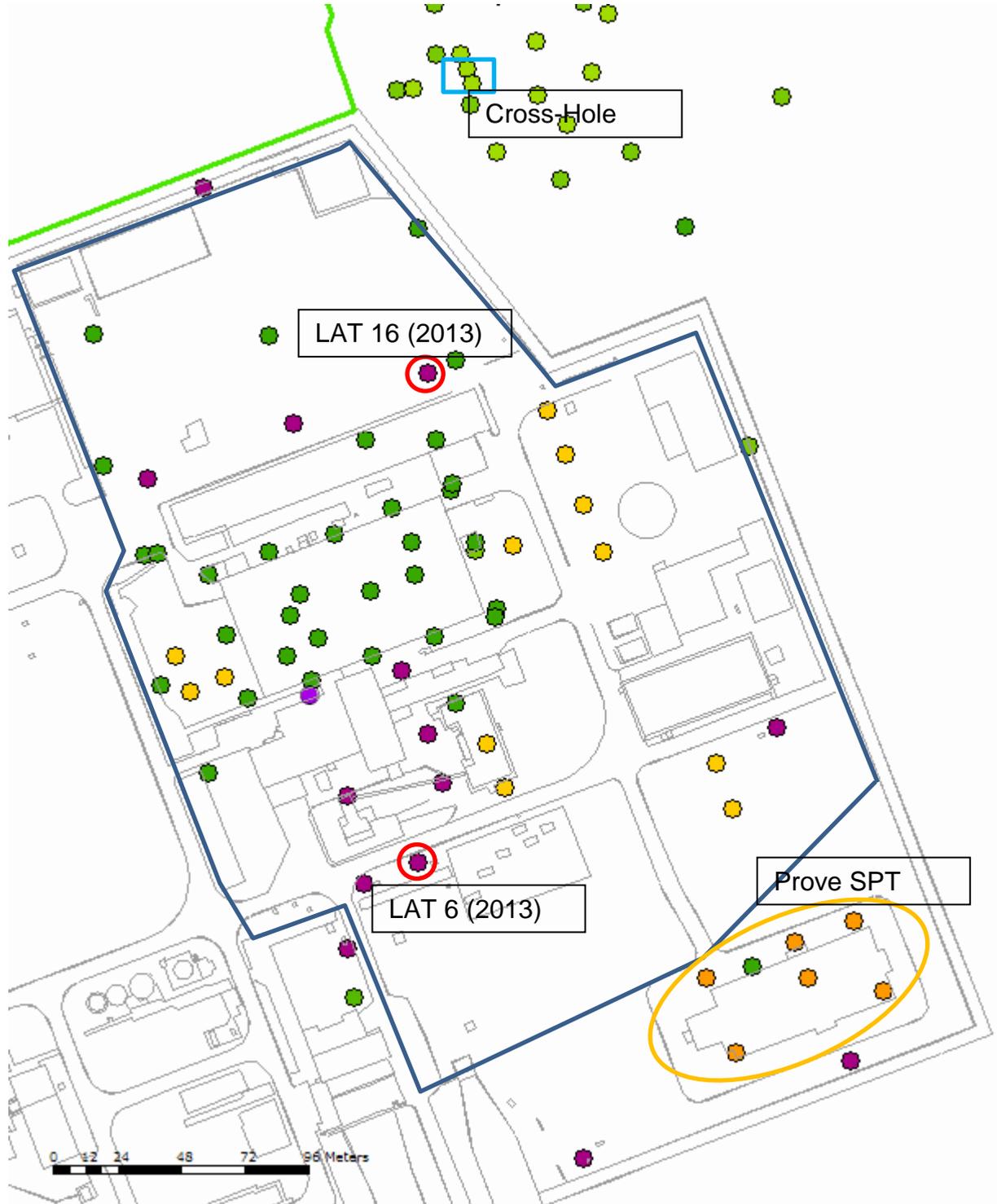


Figura 6: Ubicazione delle verticali di indagine nell'intorno dell'area investigata.

Relazione tecnica

C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica

ELABORATO
LT RV 01115

REVISIONE
00

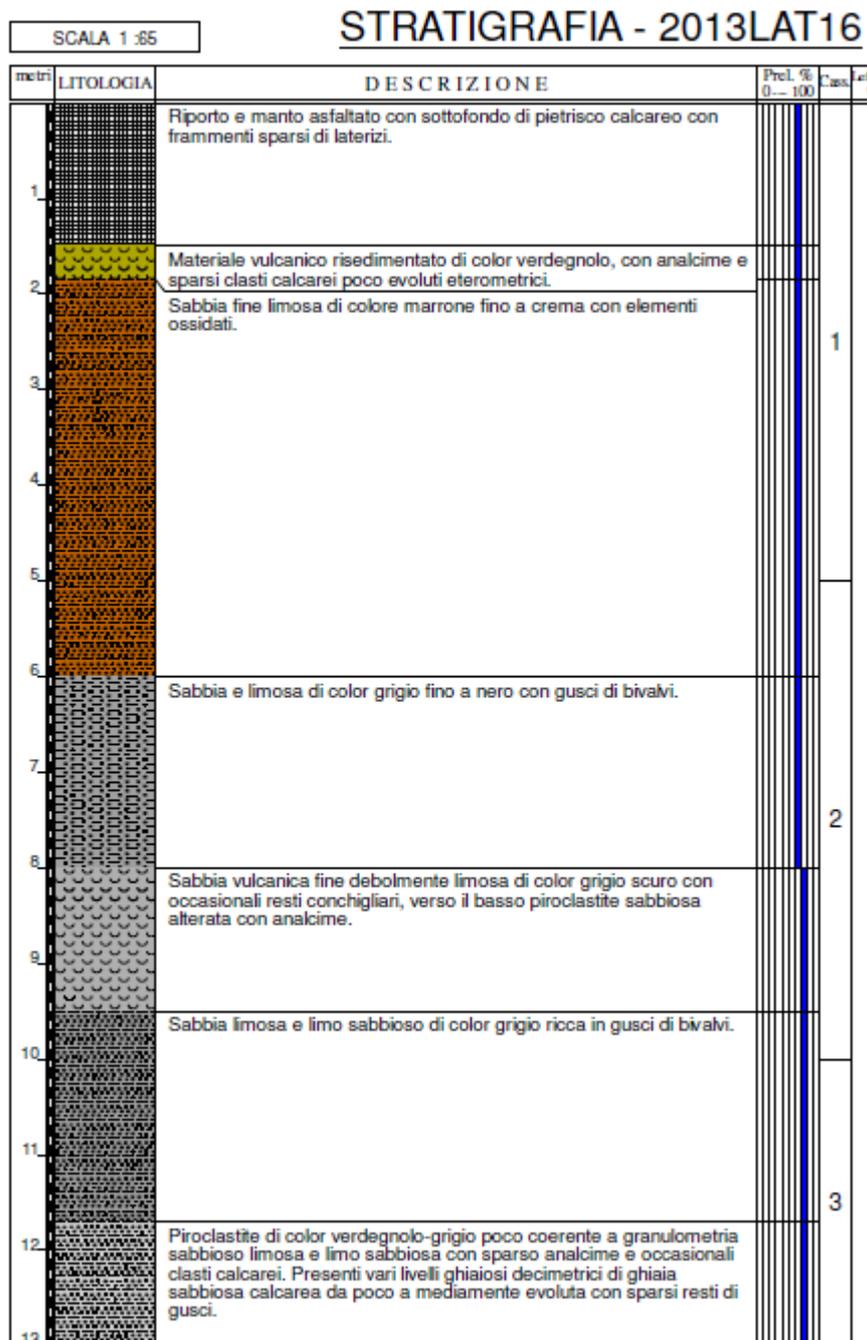


Figura 7: Stratigrafia del sondaggio LAT16

Relazione tecnica

ELABORATO
LT RV 01115



C.le di Latina – Adeguamento Rete
Fognaria e Realizzazione Vasche prima
Pioggia - Relazione geologica e di
caratterizzazione geotecnica

REVISIONE
00

STRATIGRAFIA - 2012LAT6

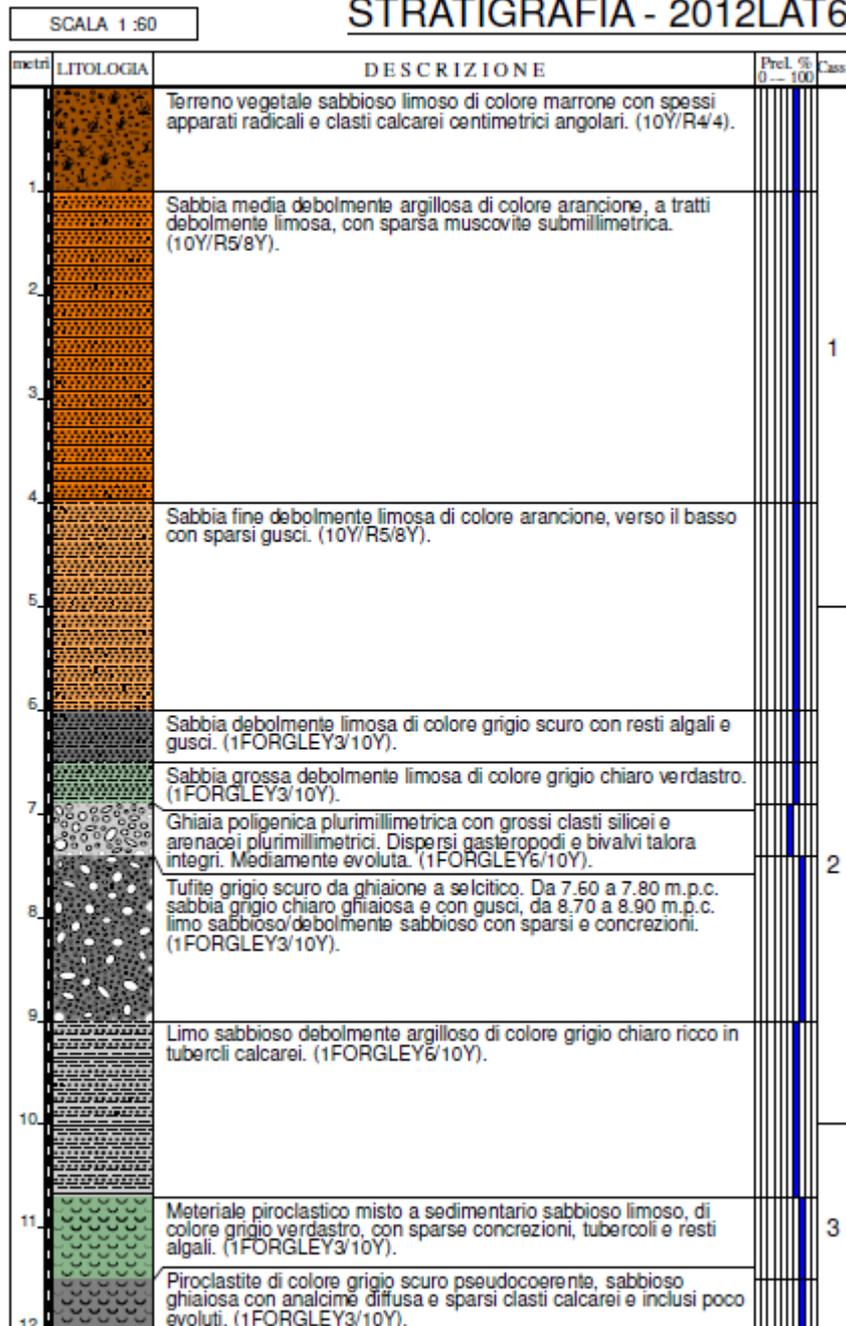


Figura 8: Stratigrafia del sondaggio LAT6

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



5 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA

5.1 PROFILO STRATIGRAFICO DI RIFERIMENTO

La successione stratigrafica presente nell'area in esame, come ricostruita dalle indagini eseguite, è la seguente:

Unità sabbioso-limosa - Tale unità è stata rinvenuta fino ad una profondità di 7-10 m dal piano campagna. Nella parte alta è costituita da sabbie fini, rossastre, da poco a molto limose e subordinatamente argillose, poco coerenti, con intercalati orizzonti discontinui marcatamente argilloso-siltosi talora con tracce di materiale torboso. Nella parte inferiore è costituita da sabbie fini/medie limose, moderatamente addensate, con intercalate lenti ciottolose o orizzonti discontinui di sabbie grossolane talora derivanti dal disfacimento e rimaneggiamento di materiale vulcanico; negli orizzonti possono essere presenti residui conchigliari ed orizzonti arenacei. Al tetto di questa unità, ed assimilabile ad essa per caratteristiche granulometriche, è presente una copertura costituita da terreno vegetale e/o di riporto di spessore variabile generalmente tra 0.5 e 1.5 m.

Livello limoso-argilloso-sabbioso fossilifero – Tale terreno è stato rinvenuto al di sotto dell'unità precedente fino alla massima profondità di 14 m dal piano campagna). E' costituito da argille più o meno limoso-sabbiose, spesso con residui conchigliari e resti carboniosi.

Unità vulcanica – L'unità vulcanica + presente nell'intera area a partire da 10 /14 metri dal piano campagna. E' costituita da tufi litoidi neri con leuciti, con frequenti inclusi litici calcarei, intensamente fratturati. La parte alta dell'unità può presentarsi più o meno alterata e talora costituita da orizzonti e livelli sabbioso-argillosi prodotti dalla elaborazione e risedimentazione in ambiente fluvio-lacustre o costiero del materiale vulcanico proveniente da monte. Sempre nella parte alta possono essere intercalati o alternati agli orizzonti più litoidi, livelli calcarenitici o costituiti da sabbie vulcaniche sciolte.

Alla base dell'unità vulcanica si rinviene nell'intera area un livello di sabbie medio-fini, siltose, talora alternate a sottili livelli più marcatamente siltosi e/o argillosi, spesso fra i 3 ed i 5 metri, seguito da limi argillosi ed argille limose grigie di ambiente marino, dello spessore di almeno 40 m, presenti a partire da profondità tra 22 / 24 m da p.c..

5.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI TIPO

Il Terreno 1 è quello interessato dagli scavi previsti per la posa in opera delle tubazioni e delle vasche in progetto, ed è pertanto il più importante ai fini della verifica di fattibilità delle opere, mentre i sottostanti rivestono solo marginale interesse anche in relazione alla scarsa entità delle sollecitazioni trasmesse al terreno dai manufatti.

5.2.1 Terreno 1 – Unità sabbioso-limosa

Lo strato in questione è costituito prevalentemente da sabbie con una percentuale fine (< 0,075 mm) mediamente del 40%; i dati ricavati dalle prove in foro SPT, rilevano complessivamente un medio stato di addensamento.

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



Il contenuto d'acqua naturale medio è pari al 21%. Il peso di volume naturale del terreno è valutabile in 18.5 kN/m³. I limiti di Atterberg determinati sui campioni esaminati mostrano valori del limite liquido di circa 29%, limite plastico tra 5.5 e 9% e conseguenti valori dell'indice plastico tra 20 e 23.5%.

Una prova triassiale C.I.U., condotta su un campione prelevato in area attigua a profondità di 6 m, rileva un angolo di attrito ϕ' , in termini di pressioni efficaci, di 28,6°; la coesione c' ha valori di 30 kPa. La coesione c_u , misurata su campioni prelevati a partire da 2,50 fino a 5,50 m di profondità, presenta valori medi pari a 220 kPa. L'analisi dei dati penetrometrici porta comunque a determinare che l'unità nel suo complesso sia caratterizzata da un angolo di attrito ϕ' non inferiore a 30°.

Sulla base delle prove SPT eseguite, il modulo elastico di Young è stimato fra i 15 ed i 25 MPa.

5.2.2 Terreno 2 – Livello limoso-sabbioso-argilloso

I dati ricavati dalle prove in foro SPT, rilevano complessivamente un medio stato di addensamento e caratteristiche di resistenza e compressibilità analoghe allo strato sovrastante. Una prova triassiale C.I.U., condotta su un campione prelevato in area attigua a profondità di 11 m, rileva un angolo di attrito ϕ' , in termini di pressioni efficaci, di 26,6°; la coesione c' ha valori di 39 kPa.

5.2.3 Terreno 3 – Unità vulcanica

I dati ricavati attraverso le prove in foro SPT, individuano complessivamente un ottimo stato di addensamento della formazione; solo poche prove non hanno ottenuto il rifiuto strumentale, mentre quelle non a rifiuto mostrano comunque che l'angolo di attrito medio dell'intero pacco di strati è sicuramente superiore ai 35°.

I campioni prelevati nei livelli sabbiosi e sabbioso-limosi presentano percentuali di frazione fine (< 0,075 mm) variabili fra 30 e 80 %; il contenuto d'acqua naturale varia fra 30 e 50%; il peso di volume naturale dell'intera formazione è stimato in 19 kN/m³.

5.3 ASSETTO IDROGEOLOGICO E LIVELLO DI FALDA

Nella zona della Centrale, la falda freatica impostata sui depositi recenti ha il pelo libero che oscilla stagionalmente e arealmente tra circa 3,5 e 6 m dal piano campagna (0.5-3 m s.l.m.) e ha una direzione principale di deflusso NNO-SSE, ossia verso il mare e verso il Canale delle Acque Alte, che normalmente ha funzione drenante (fig. 9).

In prossimità del Canale delle Acque Alte, il livello di falda segue l'andamento del regime fluviale che può oscillare tra circa 0.30 e 5.30 m s.l.m. (piena massima).

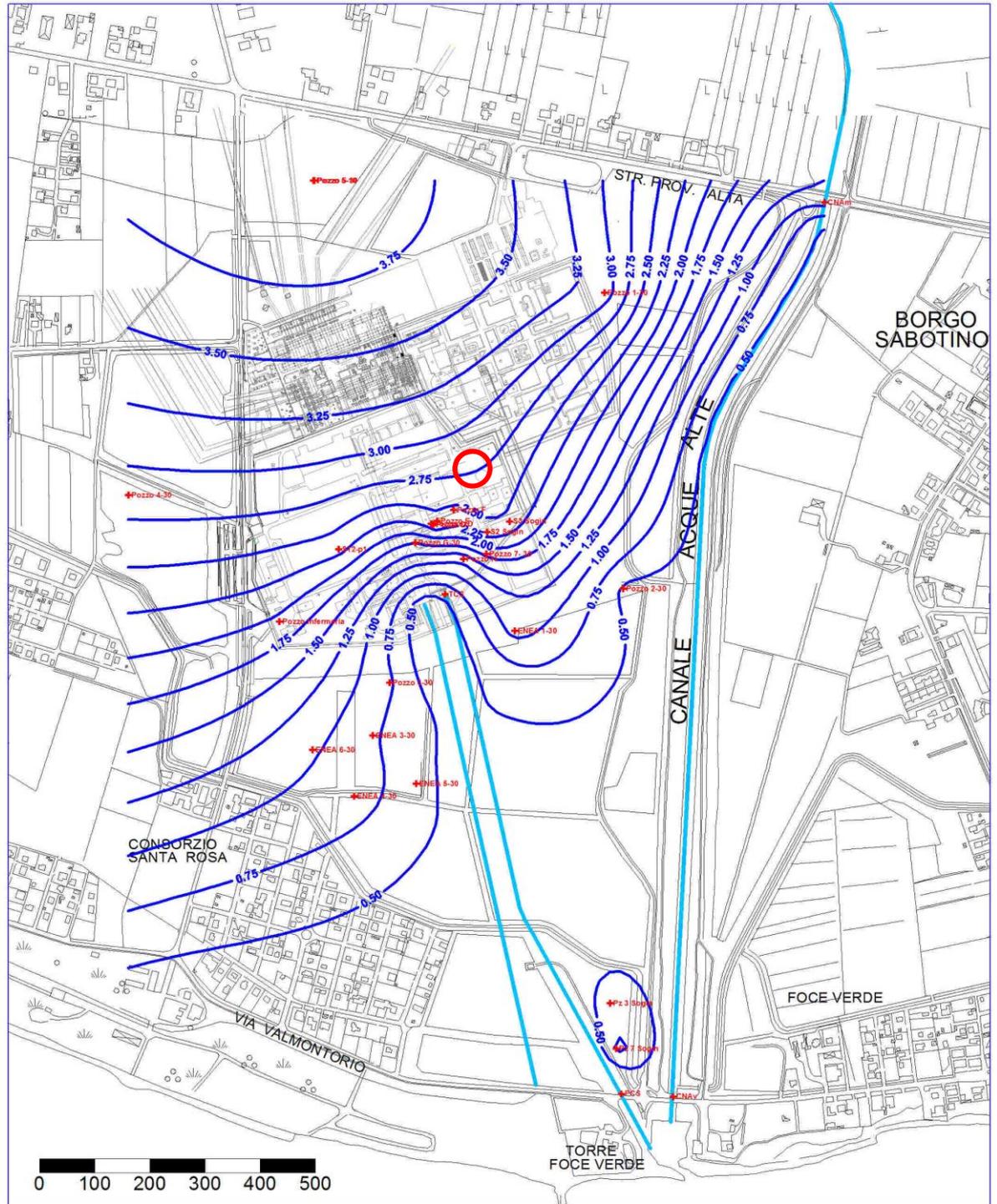


Figura 9 – Carta delle isofreatiche dell'area (m s.l.m.); con il cerchio rosso è indicata l'area oggetto della presente relazione.

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



6 MODELLAZIONE SISMICA

6.1 GENERALITA'

L'area della centrale ricade nel Comune di Latina, che in base alla Delibera di Giunta Regionale n. 387 del 22 Maggio 2009 è classificata in categoria sismica 3A.

In conformità con quanto prescritto dal DM 14/01/2008 ed in linea con l'Allegato C del Regolamento Antisismico Regione Lazio n. 2 del 7 Febbraio 2012, in considerazione che l'area di intervento è caratterizzata dal punto di vista sismico come segue:

- Classificazione: *Zona Sismica 3A*,
- Pericolosità Geologica di *Tipo A: Bassa Pericolosità Geologica*,
- Rischio Geologico: *Rischio Basso* (essendo l'opera realizzata nella Classe d'Uso II – punto 2.4.2 DM 14/08/2008).

è stata condotta la classificazione dei terreni sulla base del valore della Vs30 (il valore della Vs nei primi 30 m di profondità), utilizzando i risultati delle indagini condotte presso il sito di studio nel corso degli anni. Infatti la disponibilità di un congruo numero di indagini e dei dati significativi ad esse associate, hanno permesso di ricostruire in modo dettagliato, preciso ed univoco il modello geologico-sismico e geotecnico del sottosuolo dell'area di Centrale ai sensi del D.M 14 gennaio 2008.

6.2 PERICOLOSITA SISMICA DI BASE

Il DM 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche) decreta che le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

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

Con l'entrata in vigore del Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio di "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica

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

Nella tabella sottostante vengono riportati i dati di base per il calcolo della pericolosità.

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



Longitudine	12,80692
Latitudine	41,42552

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini delle Nuove NTC, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale: a_g accelerazione orizzontale massima al sito; F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori sono stati calcolati per interpolazione a partire dai nodi del reticolo più prossimi al sito (figura 10).

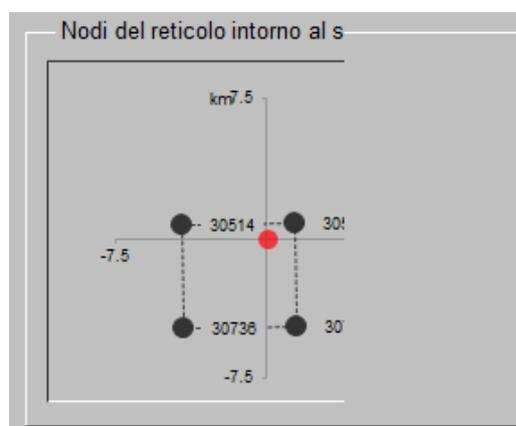


Figura 10 – Schema di interpolazione dei valori di pericolosità

Dai valori di probabilità correlati agli stati limite sono stati calcolati i tempi di ritorno T_R relativi alla vita di riferimento V_R utilizzando la relazione $T_R = -V_R/\ln(1-P_{VR})$; i relativi valori di pericolosità sono stati ricavati per interpolazione dai valori tabellati utilizzando il programma SPETTRI-NTC ver. 1.0.2. Nella tabella sottostante ed in fig. 11 sono riportati i valori per la costruzione delle forme spettrali relative ai 4 stati limite.

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c [s] [*]
30	0.032	2.529	0.224
50	0.038	2.572	0.266
72	0.043	2.577	0.282
101	0.048	2.612	0.293
140	0.052	2.665	0.306
201	0.058	2.739	0.320
475	0.071	2.854	0.347
975	0.084	2.939	0.373
2475	0.102	3.025	0.416

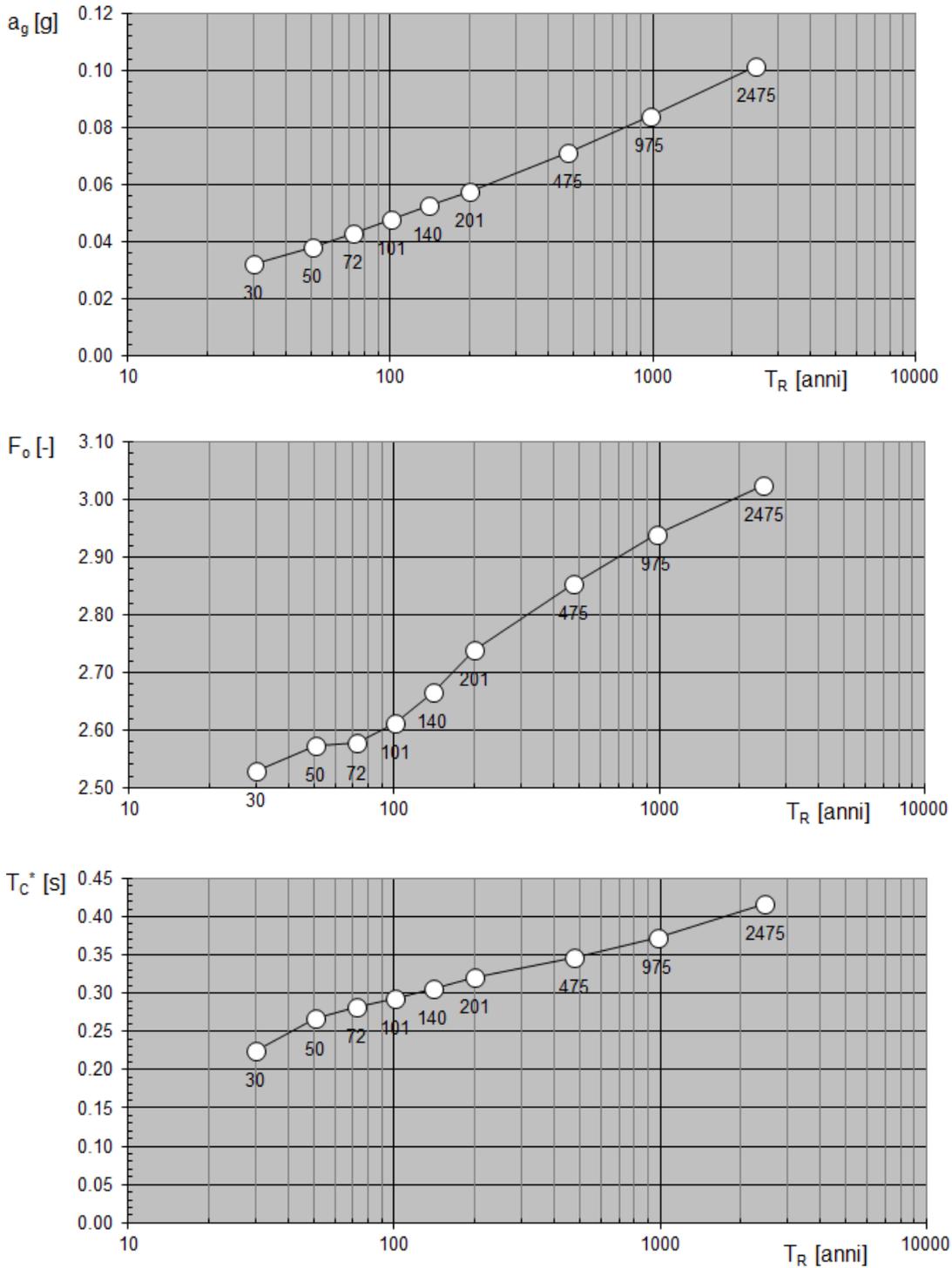


Figura 11. Variazione dei parametri a_g , F_0 e T_c^* in funzione del tempo di ritorno T_R

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



6.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSL) (C7.11.3.1 NTC 2008) determinando la categoria di sottosuolo specifica del sito.

Nel sito di Latina tale parametro può essere stimato dai risultati di una prova Cross-hole (vedi fig. 6) eseguita nell'area dell'impianto Cirene all'epoca della progettazione (ISMES 1982).

I risultati, riportati in figura 12, permettono di stimare un valore di Vs30 pari a circa 350 m/s; risulta evidente dall'esame della figura la forte differenza fra le alte velocità registrate nei livelli vulcanici compatti (700-1000 m/s) e quelle nei livelli sedimentari a letto e al tetto (200 – 400 m/s)

A conferma di tali risultati, le stime del valore di Vs a partire dal numero di colpi N, risultante da prove penetrometriche SPT effettuate nei pressi dell'area (SOGIN 2010, vedi fig. 6) utilizzando la correlazione empirica:

$$V_s = 97 \times N^{0.314}$$

Stimano un valore di Vs30 pari a circa 290 m/s, leggermente inferiore a quello misurato con il cross-hole.

Il terreno interessato dalle opere in progetto, dal punto di vista della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri (Vs30), è classificabile ai sensi della normativa vigente in categoria C:

“Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s.”

La morfologia totalmente pianeggiante dell'area conduce all'adozione per il calcolo dell'azione sismica di progetto della categoria T1 (Pendenze < 15°).

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---

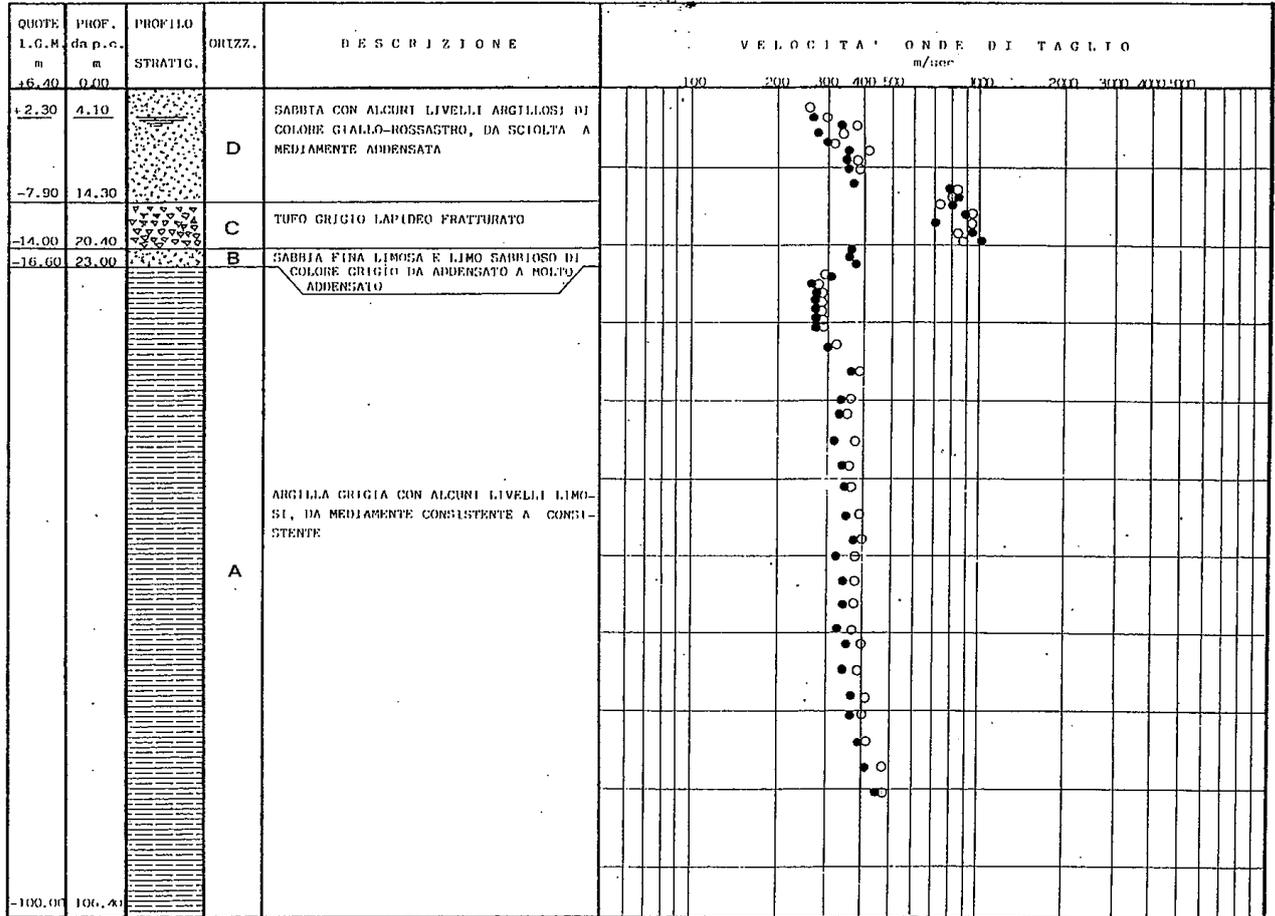


Figura 12 – Profilo della velocità onde di taglio ricavato da prova cross – hole (da ISMES 1982)

6.4 SPETTRI DI SITO

Per definire l'azione sismica di progetto, si individuano due fattori di incremento S_S e C_C in funzione della categoria di suolo di fondazione calcolata nel sito di realizzazione, mentre per quanto riguarda l'amplificazione topografica si individua un valore del coefficiente topografico T_S . Per un valore di smorzamento pari al 5% ($\eta = 1$) si ricavano i valori T_B , T_C e T_D relativi ai periodi di taglio della forma spettrale.

Il valore di accelerazione spettrale S_e ai diversi periodi T è quindi calcolato nel modo seguente:

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Per la definizione dei parametri S , η , T_A , T_B , T_C e T_D a partire dai parametri di forma spettrale e dalle condizioni stratigrafiche e topografiche, si fa riferimento alle Norme Tecniche 2008.

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



7 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

7.1 PERICOLOSITÀ IDRAULICA

La figura 13 mostra il particolare dello sviluppo dei fossi e canali irrigui presenti nei dintorni della Centrale con l'indicazione dei relativi sottobacini individuati nel paragrafo precedente e dei manufatti che regolano il regime idraulico. Da esso si evince la complessità e artificialità della regimazione idraulica di questa porzione di territorio pontino. È possibile notare lo sviluppo delle arginature e del reticolo irriguo del Canale Moscarello e degli altri canali principali e secondari che determinano la perimetrazione dei sottobacini presenti.

L'area oggetto della Relazione ricade nel sottobacino del Moscarello MOS-800; il sottobacino del Moscarello è di competenza dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio e del Consorzio di Bonifica dell' Agro Pontino.

Dall'analisi della tavola 2_07 SUD del "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio" (Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.5 del 13/12/05), risulta che l'area del sito non rientra in nessuna area perimetrata per pericolo d'inondazione (Fig. 14 estratto dal servizio di cartografia online dell'Autorità di Bacino Regione Lazio e Fig. 15 estratto della Tavola 2_07 del PAI). L'area in sinistra idrografica invece risulta compresa in "aree di attenzione per pericolo d'inondazione" per cui sono validi gli artt. 9-27 delle norme tecniche di attuazione (NTA) del PAI.

Inoltre, immediatamente a NE della Centrale, in sinistra idrografica, è perimetrata un'area B1 (artt. 7- 24 NTA del PAI), e una Fascia A (artt. 7- 23 NTA del PAI). Analoghe perimetrazioni sono anche presenti a valle dell'area di pertinenza della Centrale, tra il canale irriguo Mastropietro e il mare.

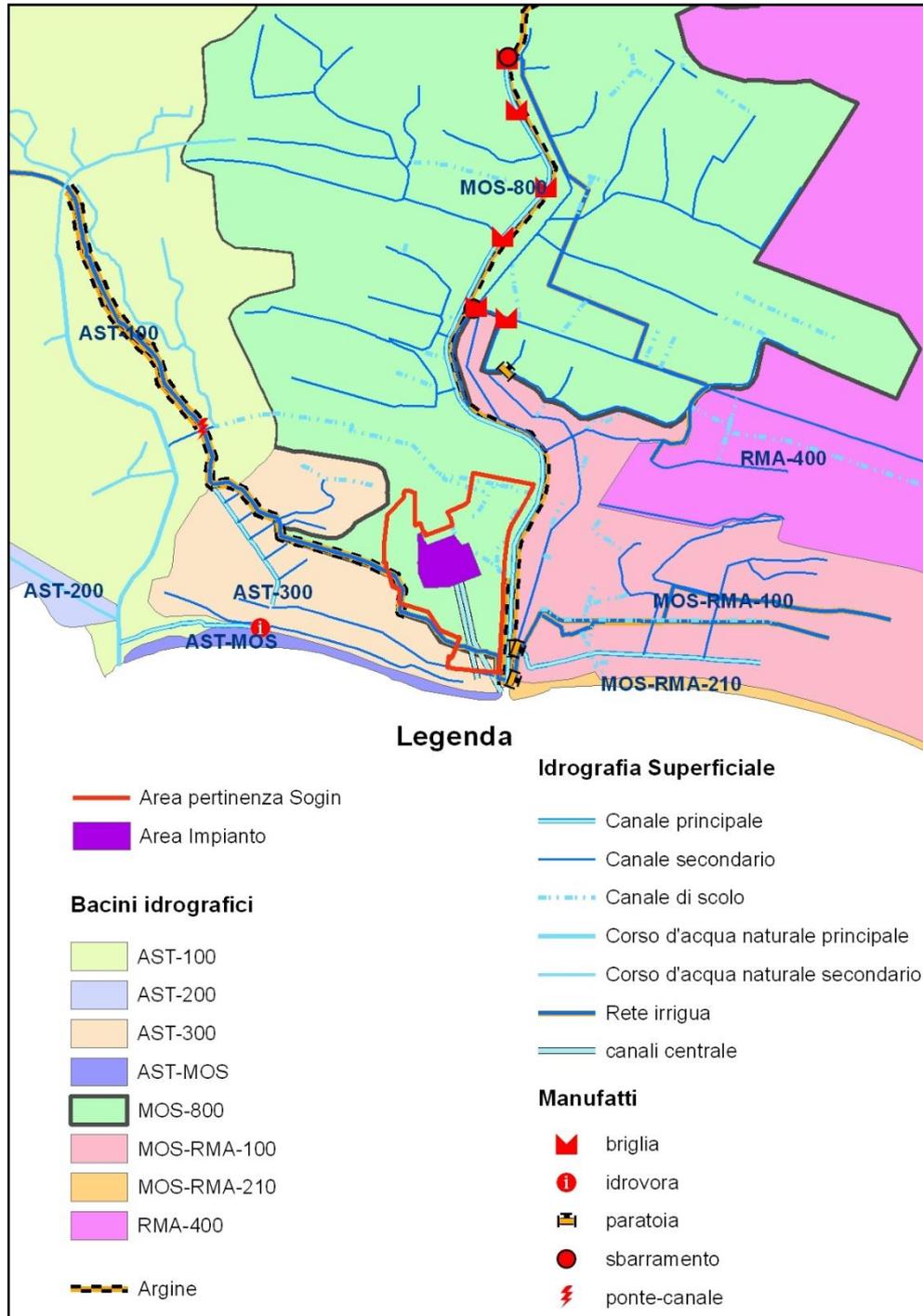


Figura 13: Particolare del reticolo idrografico e delle opere di regimazione idraulica

Relazione tecnica

C.le di Latina – Adeguamento Rete
Fognaria e Realizzazione Vasche prima
Pioggia - Relazione geologica e di
caratterizzazione geotecnica

ELABORATO
LT RV 01115

REVISIONE
00



Figura 14: Stralcio del Piano Assetto Idrogeologico del Sottobacino MOS800

Relazione tecnica

C.le di Latina – Adeguamento Rete
Fognaria e Realizzazione Vasche prima
Pioggia - Relazione geologica e di
caratterizzazione geotecnica

ELABORATO
LT RV 01115

REVISIONE
00

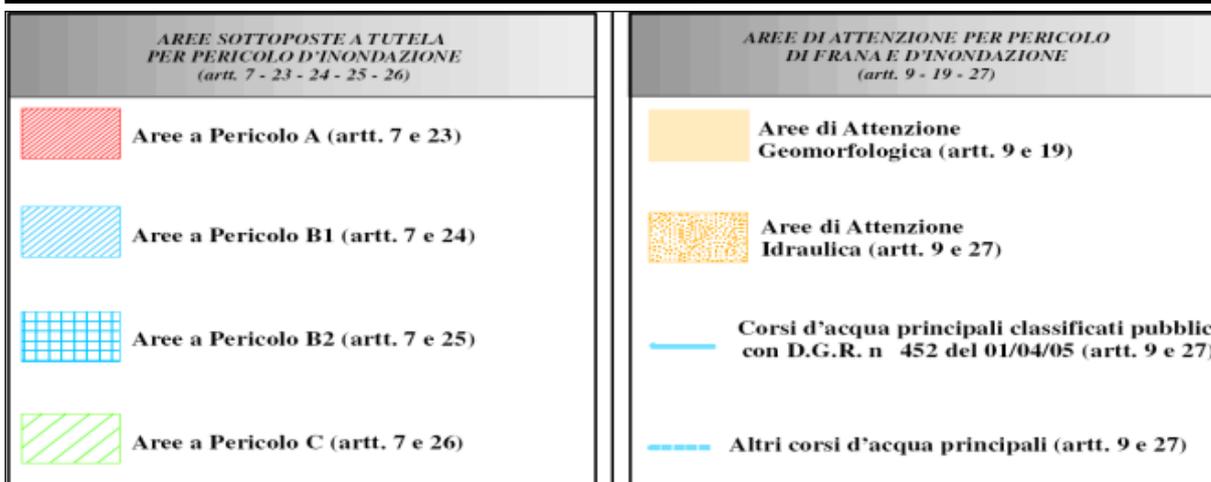
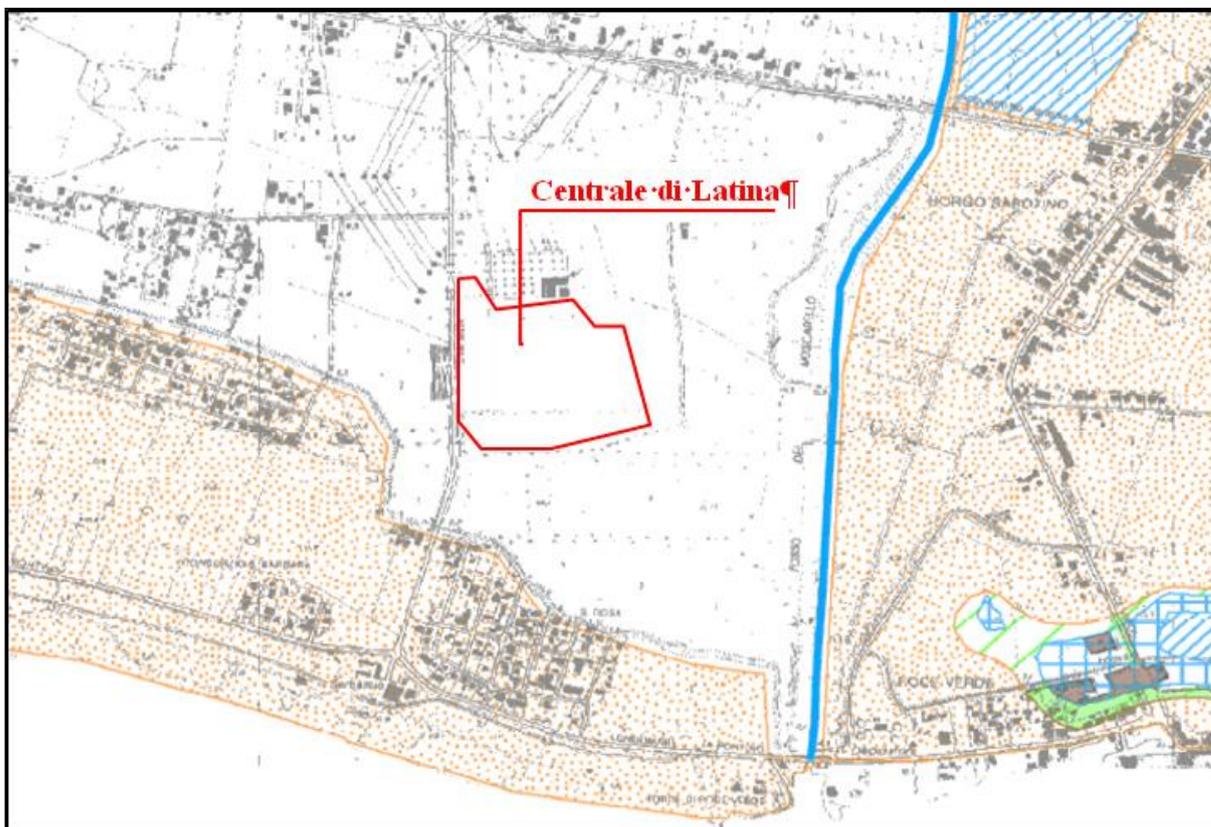


Figura 15: Particolare della Tavola 2_07 SUD del PAI.

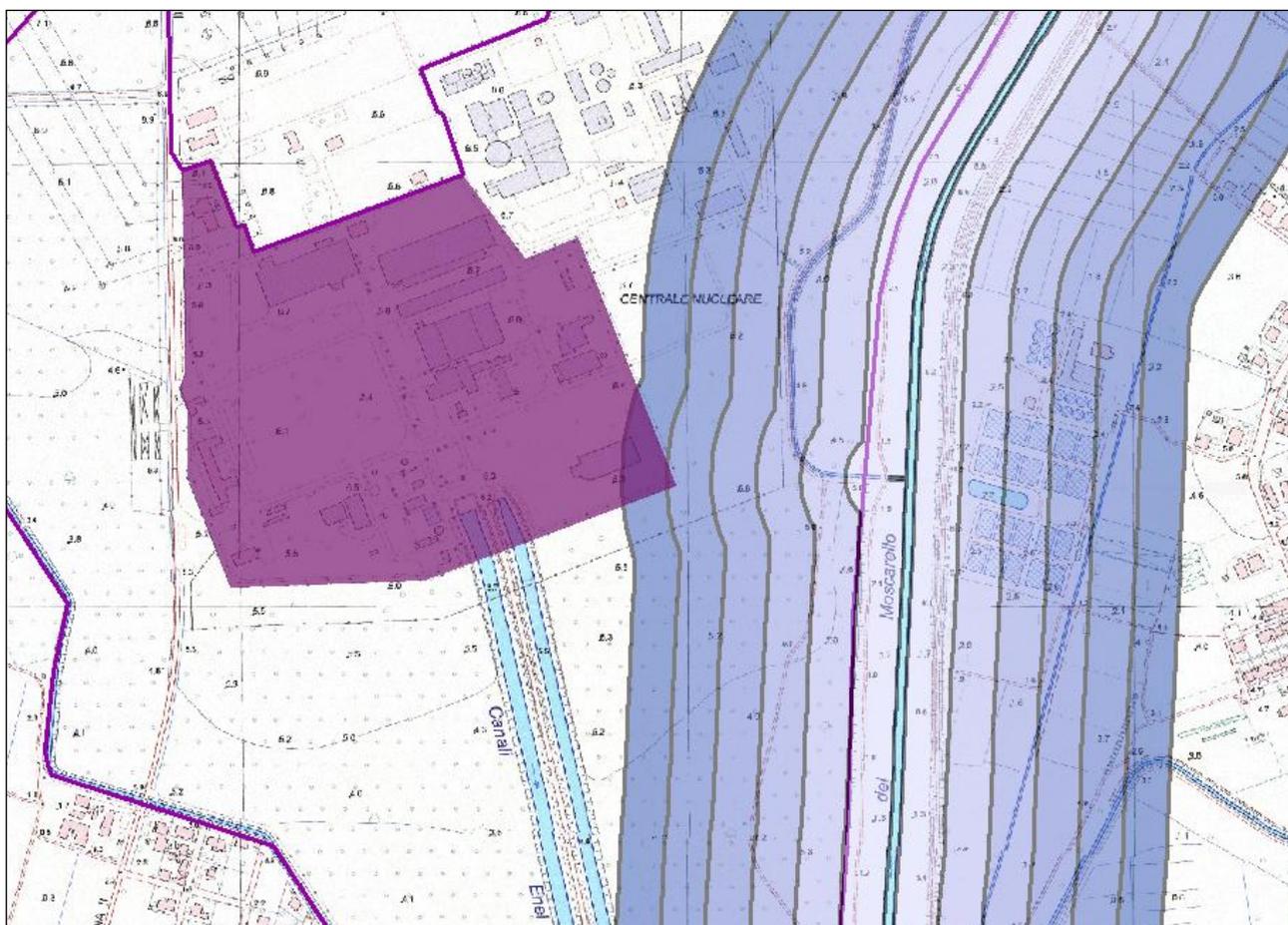


Figura 16: Distanza dell'area dell'impianto dal canale Moscarello (equidistanza 50 metri)

Si sottolinea che, ai sensi dell'art. 9 comma 1b delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, anche l'area in destra idrografica, se si ritenesse non perimetrata per mancanza di studi specifici, dovrebbe essere considerata come rientrante tra le aree di attenzione per pericolo d'inondazione soltanto in una sua porzione di territorio delimitata *"dall'intersezione tra il terreno e una retta orizzontale tracciata normalmente all'asse dell'alveo ordinario a una quota superiore di 10 metri dal livello di magra, a una distanza comunque non superiore a 150 metri dalle sponde dell'alveo ordinario"*.

La figura 16 mostra che solamente una minima porzione dell'area interessata dalle opere di impermeabilizzazione ricade in tale distanza; peraltro, si evidenzia che nelle aree di attenzione, nelle more di eventuali studi ed indagini conoscitive, sono comunque possibili (art.27 comma 9):

....

e) *interventi finalizzati alla manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture, delle reti idriche e tecnologiche, delle opere idrauliche esistenti e delle reti viarie;*

f) *interventi di sistemazione idraulica volti alla messa in sicurezza delle aree e/o degli edifici e/o delle infrastrutture a rischio, previa approvazione dell'Autorità, a condizione che*

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



non pregiudichino le attuali condizioni di sicurezza a monte e a valle dell'area oggetto dell'intervento;

7.2 PERICOLOSITÀ DA SUBSIDENZA

Nella piana Pontina sono noti da lungo tempo fenomeni di abbassamento del suolo; la causa principale di tali fenomeni è da ricercarsi nel costipamento di strati ad elevata componente organica sotto l'azione della pressione esercitata dal terreno sovrastante; tale costipamento, normale in tutte le aree umide, a causa dei processi di bonifica avviati nell'area a partire dalla fine del XVIII secolo e conclusi prima della seconda guerra mondiale, non è più compensato dalla deposizione di nuovi sedimenti; per di più, l'abbassamento della falda provoca un ulteriore aumento delle pressioni effettive.

Spessori significativi di materiale organico sono localizzati in corrispondenza della fascia di laghi costieri, nonché nella porzione di pianura immediatamente a ridosso della dorsale carbonatica Lepina; dove l'accumulo organico raggiunge i massimi spessori, sono stati misurati abbassamenti del suolo di quasi 6 metri nell'arco di 180 anni.

Tali fenomeni non sono stati osservati nell'area del sito, dove i terreni più recenti sono rappresentati da depositi eolici post-tirreniani privi di una significativa frazione organica.

7.3 PROBLEMATICHE GEOLOGICO-TECNICHE

I lavori per la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione ed adeguamento Rete Fognaria comporteranno essenzialmente l'esecuzione di scavi per la posa in opera della rete di condutture e delle vasche di prima pioggia, scavi che interesseranno esclusivamente il terreno 1 descritto nel par. 5.2.

Le problematiche geologico-tecniche in fase di realizzazione delle opere sono riconducibili sostanzialmente ai seguenti aspetti:

1. presenza di acqua di falda nello scavo;
2. stabilità dei fronti di scavo;

Relativamente al punto 1, la presenza di acqua nel fondo dello scavo fondazionale potrebbe determinarsi a seguito in occasioni di periodi caratterizzati da intense precipitazioni, anche in ragione dell'aumentato livello nel Canale Acque Alte e nel canale di scarico della centrale, aventi funzione drenante nei confronti della falda (fig. 9).

L'oscillazione stagionale del livello piezometrico della falda stessa è normalmente compresa, come descritto al par. 5.3, fra i 0.5 ed i 3 metri di quota s.l.m., ma non si possono escludere quote maggiori in occasione di precipitazioni particolarmente intense.

Pertanto, con riferimento all'esecuzione degli scavi a maggiore profondità, si ritiene opportuno prevedere durante le fasi costruttive di cui sopra l'utilizzo di sistemi di aggettamento funzionali alla depressione locale delle falda freatica e conseguente regimazione delle acque emunte.

Relativamente al punto 2, stabilità dei fronti di scavo, in considerazione delle caratteristiche geotecniche del terreno 1, andrà valutata l'effettiva profondità raggiungibile

Relazione tecnica C.le di Latina – Adeguamento Rete Fognaria e Realizzazione Vasche prima Pioggia - Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica	ELABORATO LT RV 01115 REVISIONE 00
--	---



con scavi a parete verticale e/o inclinata in funzione delle caratteristiche di resistenza al taglio del terreno stesso; qualora non compatibile, si potrebbe procedere con la realizzazione di strutture provvisorie necessarie a contenere i fronti di scavo.

Particolare attenzione dovrà essere posta all'esecuzione di tratti di scavo in aree precedentemente scavate e poi riempite di materiale di riporto, in quanto la non prevedibilità delle caratteristiche meccaniche del materiale utilizzato per il riporto rende inutilizzabili le valutazioni della massima altezza permessa per scavi a parete verticale.

Pertanto, al fine di pervenire alla risoluzione delle problematiche emerse, si rimanda alla fase di progetto esecutivo l'individuazione delle migliori tecnologie disponibili, nonché il dimensionamento delle eventuali opere di attenuazione del rischio geologico che dovessero necessitare.

Elaborato: LT RV 01115

Rev: 00

Stato: Autorizzato



Il sistema informatico prevede la firma elettronica pertanto l'indicazione delle strutture e dei nominativi delle persone associate certifica l'avvenuto controllo.

<i>N</i>	<i>File name</i>	<i>Data</i>
1	LT_RV_01115_00 Relazione geologica Impermeabilizzazione.docx	02/12/2014 15:33
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		