



GEOAMBIENTE Studio di Geologia Ambientale
Geologo Alessandro Carlomagno
P.zza Aldo MORO,49 Latina Tel. 0773 488095
e-mail: studiogeoambiente@gmail.com
PEC: carlomagnoalessandro@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI LATINA

**RICHIESTA ALLA REGIONE LAZIO DI
AUTORIZZAZIONE ALLA MOVIMENTAZIONE
DI TERRA IN AMBITO SOTTOPOSTO A
VINCOLO IDROGEOLOGICO
PER IL COMPLETAMENTO DELLA VIABILITA'
DI P.R.G. - VIA G.MASSARO**

(Regio Decreto Legge n°3267/23 e Regio Decreto n°1126/26)

Ubicazione:

Via Massaro
"B.GO SABOTINO"

RELAZIONE GEOLOGICA

Marzo 2021

Il Geologo




Dott. Geol. Alessandro Carlomagno
ORDINE REG. GEOLOGI DEL LAZIO N° 453
Via degli Ausoni n. 26 - 04100 LATINA
Part. IVA 00578020596
Cod. Fisc. CRL LSN 50R02 G865C

PREMESSE

Dovendo lo Studio **Scalzi** di Latina, per conto del **COMUNE DI LATINA**, procedere nell'iter di raccolta della documentazione necessaria all'approvazione finale del progetto per i "*Lavori di completamento della viabilità di P.R.G. di Via G. Massaro*" in prossimità del lungomare di Latina, ha dato incarico al sottoscritto di predisporre la documentazione geologica a corredo dei documenti necessari, in ottemperanza alle normative vigenti, per la richiesta di autorizzazione alla movimentazione di terra da effettuare in ambito sottoposto a vincolo idrogeologico, ex Del. Reg. Lazio n°6215/96, (Capo I punto 06 Tab. A: "*Apertura strade di qualsiasi ordine e grado di carattere permanente - Competenza Regionale*),

Nella relazione vengono riportate, oltre all'ubicazione dell'area interessata dagli interventi, le sue caratteristiche geomorfologiche, geolitologiche.

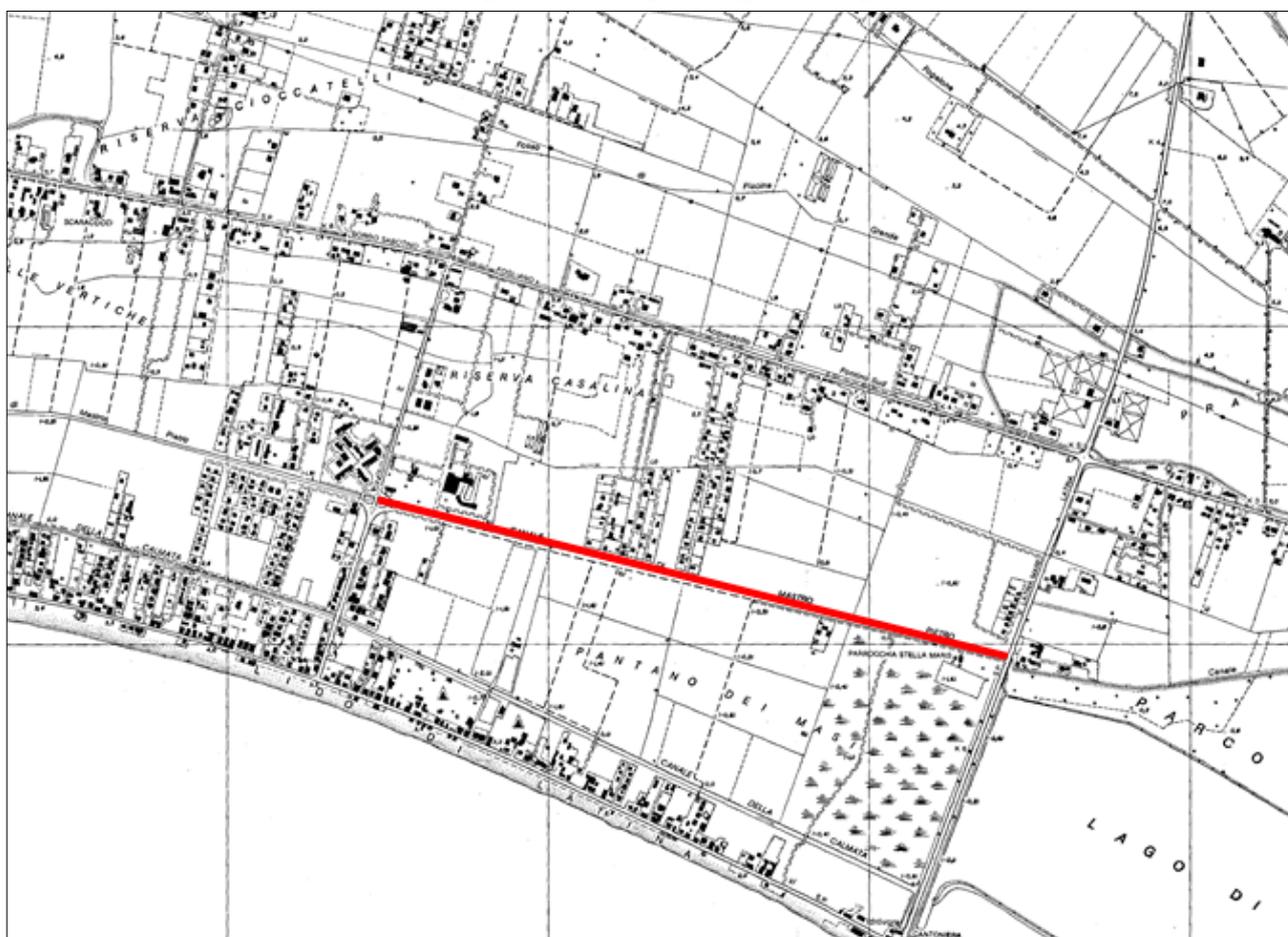


Fig. 1 – Stralcio C.T.R. 1:10.000 400150 "LIDO DI LATINA"

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'interesse, morfologicamente caratterizzata dalle leggere ondulazioni della duna antica ad una quota di circa 1.00 m. s.l.m., è ubicata lungo il Canale Mastro Pietro tra la

Via Casalina Sud, e la strada del mare. L'infrastruttura in oggetto, ha una lunghezza approssimativa di 2.000 m e si sviluppa in rilevato con un ponte per l'attraversamento del canale Mastro Pietro.

Il tracciato si diparte dall'incrocio di Via Massaro e via Casilina Sud e prosegue verso Est costeggiando il lato Sud del Canale Mastro Pietro per approssimativamente 1.300 m per poi scavalcarlo e continuare parallelo allo stesso sulla sua sponda settentrionale, dove con un piccolo attraversamento fino all'innesto, mediante rotatoria, con via del Lido.

Il sito di indagine ha i seguenti riferimenti cartografici specifici:

- Carta Tecnica Regionale 1:10.000 – sezione 400150 “LIDO DI LATINA
- Carta Tecnica Regionale 1:5.000 – sezione 400153 “LIDO DI LATINA
- Fogli catastale n°249-250



Fig. 2 – Stralcio C.T.R. 1:5.000 400153 “LIDO DI LATINA”

L'area d'interesse, morfologicamente caratterizzata dalle leggere ondulazioni della duna antica ad una quota di circa 1.00 m. s.l.m., è ubicata lungo il Canale Mastro Pietro tra la Via Casalina Sud, e la strada del mare. L'infrastruttura in oggetto, nella sua ipotesi definitiva, ha una lunghezza approssimativa di 2.000 m e si sviluppa in rilevato con un ponte per l'attraversamento del canale Mastro Pietro.

Il tracciato si diparte dall'incrocio di Via Massaro e via Casilina Sud e prosegue verso Est costeggiando il lato Sud del Canale Mastro Pietro per approssimativamente 1.300 m

per poi scavalcarlo e continuare parallelo allo stesso sulla sua sponda settentrionale, dove con un piccolo attraversamento fino all'innesto, mediante rotatoria, con via del Lido.



Fig. 3 - Il Canale Mastro Pietro da Est verso Ovest

L'opera d'arte principale è costituita dal ponte di attraversamento del canale Mastro Pietro, poco dopo l'attraversamento del fosso dei Magi, che verrà risolto per mezzo di un tombino.

Dal punto di vista geografico ci troviamo nella parte Nord-orientale della Pianura Pontina, laddove la stessa, verso Nord, si raccorda e si fonde con le ultime propaggini meridionali dell'edificio vulcanico dei Colli Albani, e verso Est con la dorsale carbonatica dei Monti Lepini.

L'area d'intervento, come già accennato, è adagiata su un antico sistema di cordoni dunari, che corre parallelamente alla linea di costa per circa 50 Km in direzione NW-SE, da Nettuno fin quasi a Terracina, dividendo nettamente la zona depressa pedemontana della Pianura Pontina dalla fascia costiera.

L'attuale assetto morfologico è il risultato delle vicissitudini geologiche dell'ultimo Quaternario: nel Pleistocene, l'emersione della duna isolò la zona interna della Pianura

Pontina, dove si creò una vasta laguna interna che rimase in comunicazione con il mare tra S. Felice e Terracina, e che i corsi d'acqua dei bacini montani contribuirono a rendere paludosa. Le successive oscillazioni del livello marino, connesse con i periodi di glaciazione, portò ad un abbassamento del livello del mare, con conseguente intensificazione dei fenomeni erosivi: in questa fase i corsi d'acqua superficiali incisero profondamente i loro alvei nei sedimenti sabbiosi della duna emersa, dando origine ai numerosi reticoli idrografici.



Fig. 4 - Immagine satellitare da Google Earth con individuazione tracciato

L'ultima trasgressione marina, verificatasi circa 5000 anni fa, portò il livello marino circa un metro più alto dell'attuale, frenando i fenomeni di erosione e creando dei bacini depressi al margine della duna, che vennero isolati dal mare da un più tardo gruppo di cordoni dunari paralleli al litorale (tumuleti), dando origine ai vasti acquitrini costieri ed ai laghi attuali.

L'idrografia superficiale venne in seguito modificata con le opere idrauliche della Bonifica, che diede l'attuale aspetto morfologico a tutta la Pianura Pontina.

GEOLOGIA

L'area in studio presenta in affioramento terreni a prevalente composizione sabbiosa che appartengono alla formazione geologica, nota in letteratura, come "Duna Antica" o "Duna Continentale" (Pleistocene superiore).

È un sistema di deboli cordoni dunari che si estende fra il mare ed il fiume Sisto, per una larghezza di circa 7-8 Km, e corre per circa 50 Km. in direzione NW-SE, dalle falde orientali del Monte Circeo sino ad oltre Nettuno.

Si tratta di sabbie quarzose giallo-rossicce di trasporto eolico, debolmente cementate a granulometria di solito fine, contenenti particelle di limo ed argilla.

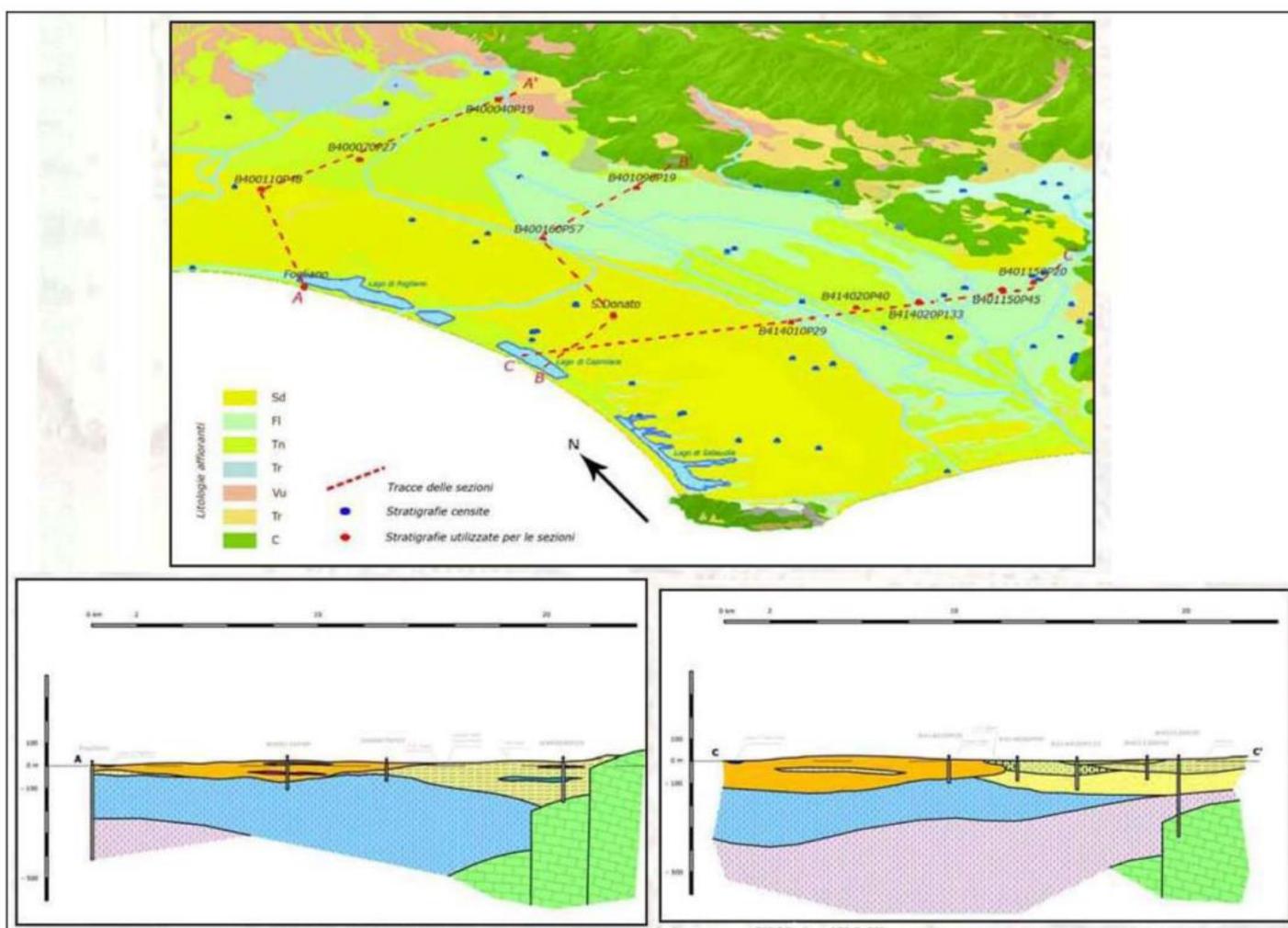


Fig. 5 – Graben Pontino

Questi terreni si sono depositati durante il Quaternario in ambiente continentale. Lo spessore della formazione oscilla fra i 20 e 50 m; l'altezza delle dune aumenta procedendo da NW a SE, raggiungendo la massima quota topografica, 41.0 m s.l.m., a Colle La Guardia (Comune di Sabaudia). Trasversalmente i versanti del ripiano ondulato scendono più rapidamente verso mare che non in direzione del Fiume Sisto che, impostatosi tra la formazione dunare e le formazioni argillose lacustri e lagunari che si estendono sino al margine dei Monti Lepini-Ausoni, rappresenta il limite morfologico e geologico tra le formazioni sopra citate.

Contemporaneamente al sollevamento della Catena calcarea dei Lepini-Ausoni, si determina un'attività subsidente che dà origine ad una fossa orientata in direzione NW che viene colmandosi, con cicli successivi, di depositi terrigeni del Pliocene e del Pleistocene (argille, argille sabbiose, sabbie ecc.).

Dalla fine del Pleistocene, cioè a partire da circa 2 Ma fa, al generale e continuo movimento di subsidenza si sovrappongono ripetute e successive oscillazioni del livello marino dell'ordine di alcune centinaia di metri causate principalmente dalle grandi glaciazioni quaternarie.

I diversi cicli provocano periodi di emersione di vasti settori, con l'instaurarsi di un'azione erosiva esogena e sedimentazione di depositi continentali (litoranei, fluviali, palustri, eolici) e periodi di sommersione con colmamento della precedente morfologia sub-aerea da parte di nuovi sedimenti terrigeni marini.

L'alternanza di fasi erosive e di fasi di sedimentazione si ripete varie volte durante gli ultimi due milioni di anni.

Nell'area dei Colli Albani, sul bordo nord occidentale dell'Agro Pontino, a partire da circa 700.000 anni fa inizia un'intensa attività vulcanica che, con fasi di quiescenza alternate a fasi parossistiche, effusive ed esplosive, prosegue fino a circa 30.000 anni fa eruttando complessivamente quasi 150 Km³ di materiale in un'area di circa 1500 Km².

Nel corso di ogni fase attiva la messa in posto di prodotti vulcanici (colate laviche e coperture piroclastiche) avviene su di una superficie morfologica preesistente con spessori variabili e con modalità molto diverse; ne consegue la formazione di un'alternanza di colate di lava e di colate piroclastiche incanalate lungo depressioni vallive, di coperture piroclastiche eterogenee derivanti da lancio di colate di fango, il tutto secondo una distribuzione areale e volumetrica discontinua in ogni direzione, difficilmente riconducibile ad una interpretazione geometrica lineare.

Lungo la periferia dell'apparato vulcanico le formazioni effusive si alternano con le contemporanee formazioni sedimentarie, regolarizzando e ricoprendo la morfologia derivante dalle fasi erosive, collegate con un abbassamento del livello marino e venendo a loro volta ricoperte dai depositi terrigeni durante il successivo innalzamento del livello marino.

Parallelamente alla costa, dal Circeo fino ad Anzio, si osserva un cordone dunare, dalla morfologia a "schiena d'asino", la cui deposizione è legata alla glaciazione Wurmiana, che raggiunse 100 mt. di escursione e ha portato all'emersione di tutta la pianura costiera.

Nelle aree più depresse (quale la zona di nostro interesse), si formarono acquitrini con conseguente deposizione di torbe inglobanti resti di animali e vegetali.

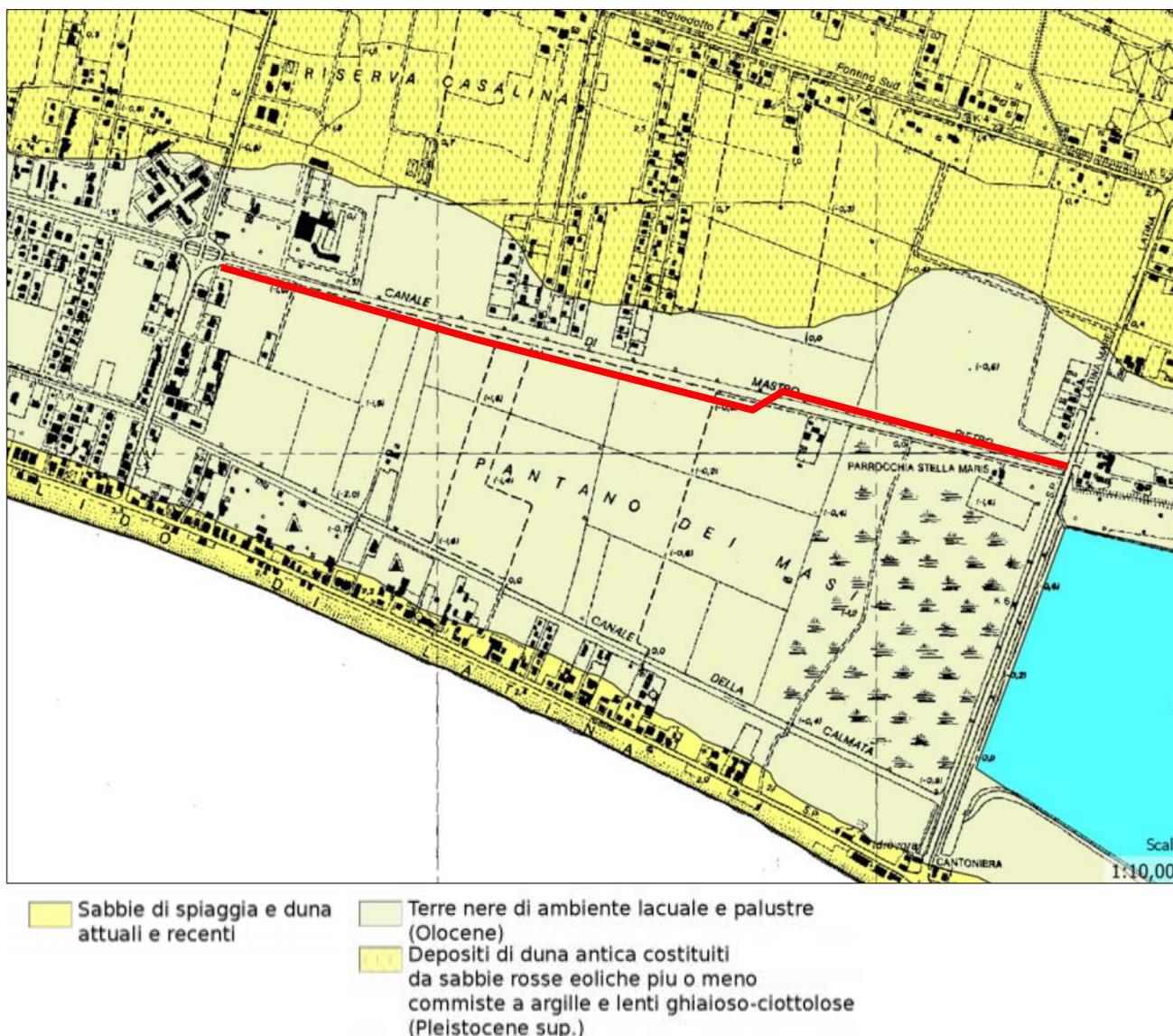


Fig. 6- Stralcio Carta Geologica provincia di Latina (SIT Provinciale)

ASSETTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico la circolazione idrica sotterranea è condizionata dalla presenza di tre macro-domini geologico-strutturali che costituiscono altrettanti sistemi idrogeologici in cui si collocano:

- gli acquiferi del versante meridionale e sud-occidentale del sistema vulcanico dei Colli Albani;
- il grande acquifero carsico della dorsale dei Monti Lepini
- il sistema acquifero multistrato della Pianura Pontina.

La complessità dell'assetto geostrutturale e idrostrutturale determina condizioni di ricarica e di circolazione idrica particolari. In uno stesso settore possono coesistere, su più orizzonti acquiferi sovrapposti, circolazioni idriche con caratteristiche fisico-chimiche e aree di alimentazione talvolta diverse.

La Pianura Pontina costituisce un'unità idrogeologica all'interno della quale si rinvengono falde idriche contenute entro orizzonti a varia permeabilità, spesso susseguentesi in profondità e alternantesi lateralmente.

Questi acquiferi, nella parte Nord e Nord-Est, ricevono apporti lateralmente, sia dalle falde del Vulcano Laziale, che da quelle della struttura carbonatica Lepina, mentre, procedendo verso Sud-Est, l'alimentazione è dovuta al solo acquifero carsico contenuto nella struttura carbonatica.

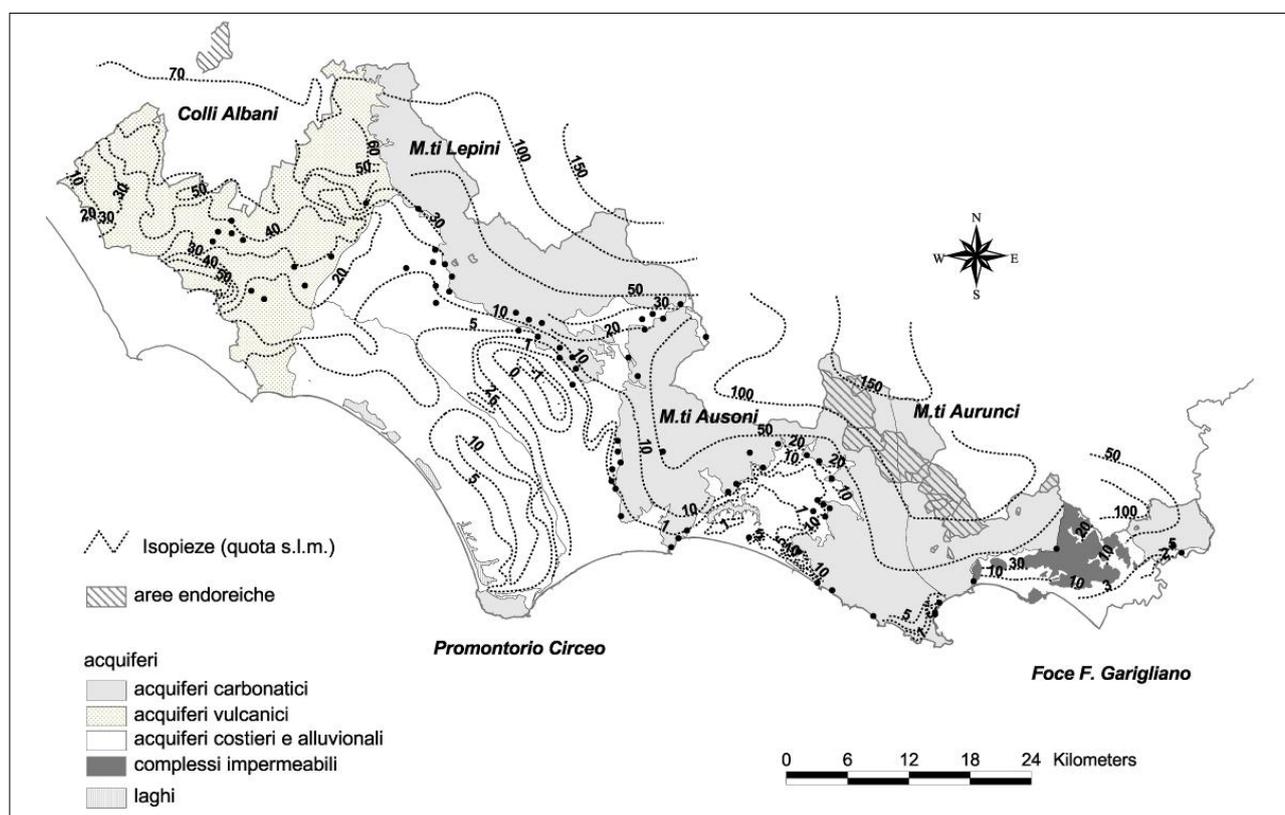


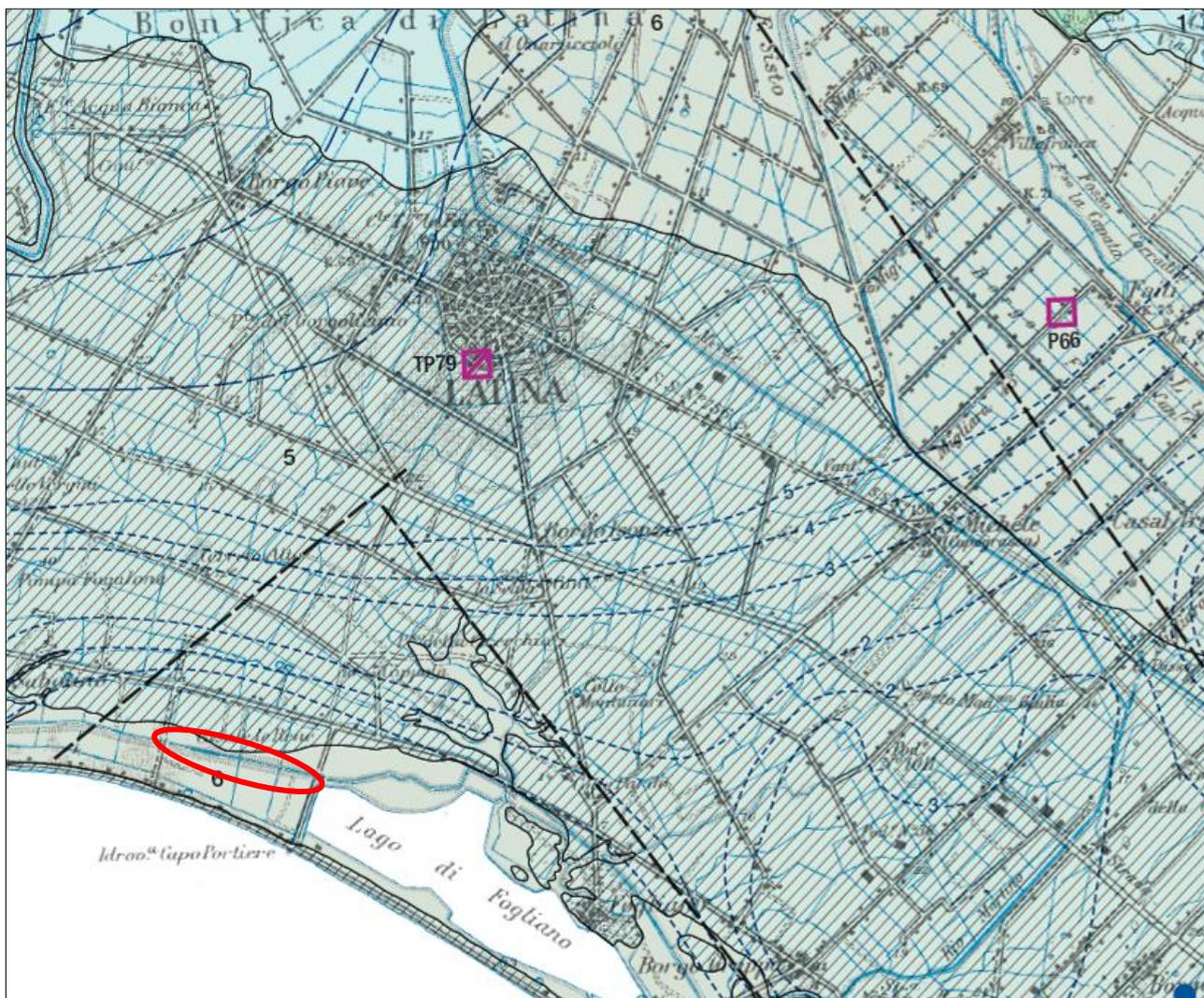
Fig. 7- Schema idrogeologico della Provincia di Latina (C. Alimonti et Alii, 2005)

L'area d'interesse, come già detto, insiste sulle sabbie della Duna Continentale. Dal punto di vista idrogeologico, la Duna Antica presenta una circolazione idrica che può essere considerata completamente autonoma; tuttavia nel caso della fascia prossima all'area Albana esistono rapporti con le unità idrogeologiche adiacenti.

La circolazione sotterranea dell'area di pertinenza risente delle interazioni tra l'unità idrogeologica dell'Agro Pontino ed il versante meridionale di quella Albana.

In particolare, la falda della duna riceve alimentazioni dai depositi vulcanici nella zona Nord-occidentale e distribuisce, a sua volta, un notevole contributo versando acqua in aste drenanti e in mare.

Sul Canale delle Acque Alte e sull'Allacciante Astura, dati bibliografici (misure effettuate tra Maggio e Giugno 1981) segnalano venute d'acqua in alveo per un quantitativo totale di circa 1.6 mc/sec; la stessa campagna di misure indica incrementi di 1.00 mc/sec per il Fiume Astura e di 1.70 mc/sec per i fossi compresi tra L'Astura e Tor Vaianica.



COMPLESSO DELLE SABBIE DUNARI - potenzialità acquifera medio alta

Sabbie dunari, depositi interdunari, depositi di spiaggia recenti e dune deltizie (PLEISTOCENE - OLOCENE). Spessore di alcune decine di metri. Il complesso è sede di una significativa circolazione idrica sotterranea che dà origine a falde continue ed estese la cui produttività è limitata dalla ridotta permeabilità delle sabbie.



COMPLESSO DEI DEPOSITI FLUVIO PALUSTRI E LACUSTRI - potenzialità acquifera bassa

Depositi prevalentemente limo - argillosi in facies palustre, lacustre e salmastra con locali intercalazioni ghiaiose e/o travertinose (PLEISTOCENE - OLOCENE). Spessore variabile da pochi metri ad alcune decine di metri. La prevalente componente argillosa di questo complesso impedisce una circolazione idrica sotterranea significativa; la presenza di ghiaie, sabbie e travertini può dare origine a limitate falde locali. Il complesso può assumere il ruolo di acquiclude confinando la circolazione idrica sotterranea degli acquiferi carbonatici (Piana Pontina e di Cassino).

Fig. 8 - Carta idrogeologica della Regione Lazio (Capelli et Alii 2013)

Tornando al sito in studio, la geometria dell'acquifero, alquanto complessa, è rappresentata da una serie di corpi a diversa litologia tra di loro interstratificati.

Dal punto di vista idrostrutturale la situazione può essere così rappresentata: presenza di più acquiferi sovrapposti (multistrato), separati da livelli, nel complesso, poco o affatto permeabili che rallentano la continuità idraulica fra gli stessi acquiferi e provocano, in quelli più profondi, condizioni di sovraccarico idraulico che producono la risalita, in corrispondenza delle opere di presa, del livello statico.

Poiché gli orizzonti acquiferi, presenti nel sottosuolo, sono tra loro separati da strati pelitici lentiformi (limi argillosi per lo più), poco permeabili, l'acqua che circola nelle formazioni porose più profonde si può trovare sotto carico.

In realtà gli strati impermeabili che localmente suddividono le circolazioni idriche sono confinati e pertanto non determinano un vero isolamento idraulico delle falde. Si può affermare pertanto che in zona le acque sotterranee appartengano nel complesso ad un unico corpo idrico.



Intervento	Sondaggio	Quota bocca pozzo (m s.l.m.)	Prof. falda (m da p.c.)	Quota falda (m s.l.m.)	Data lettura
LATINA	S1	0,70	-1,15	-0,45	19/11/2010

Fig. 9 - prova piezometrica nel foro di sondaggio

Va osservato che negli orizzonti superficiali, il comportamento idraulico risulta sensibilmente influenzato dalla frazione argilloso-limosa, piuttosto abbondante, che ne abbassa notevolmente il grado di permeabilità, impedendo così il drenaggio delle acque meteoriche verso zone più profonde, e nel contempo rendendoli completamente saturi, specialmente nel periodo autunno-inverno.

Nell'area di pertinenza, la falda idrica è stata rinvenuta nei sondaggi effettuati a profondità di -1.20 - 1.60 m p.c. Il suo flusso risulta verso mare.

CAMPAGNA D'INDAGINI GEOGNOSTICHE

- *CAMPAGNA 2010 Indagini geognostiche*

Per definire la litostratigrafia e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dalle opere di progetto è stata predisposta e portata a termine una campagna di indagini geognostiche corredata da prove di laboratorio in corrispondenza del tracciato di progetto.

Intervento	PROVA	Quota inizio prova (m s.l.m.)	Profondità' raggiunta
	CPTU1	0,70	20,78
	CPTU2	0,80	22,78
	CPTU3	0,40	19,36
	CPTU4	0,70	5,68
	CPTU5	0,80	5,14
	CPTU6	2,50	10,92



Fig. 10 - Tabella prove penetrometriche e foto del cantiere di sondaggio

In particolare si sono portate a termine le seguenti indagini:

- 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1) spinto fino alla profondità di 30,20 m dal p.c.. Durante l'esecuzione del sondaggio si è prelevato, nei livelli coesivi, 1 campione indisturbato di seguito avviato al laboratorio di prove geotecniche per l'esecuzione di quelle ritenute necessarie; si sono inoltre portate a termine 7 prove penetrometriche dinamiche in foro "SPT" in corrispondenza dei livelli granulari. Il foro di perforazione è stato equipaggiato con tubo piezometrico da 2" con tratto fessurato compreso tra 3 e 21 m di profondità dal p.c..
- 6 prove penetrometriche statiche con piezocono spinte tutte fino a rifiuto, in quanto nessuna, data la presenza di terreni molto addensati oppure alla presenza di livelli ghiaiosi, ha raggiunto la profondità desiderata di 30 m dal p.c.. Di seguito vengono riassunte le profondità raggiunte dalle varie prove:
- 1 prova dilatometrica con dilatometro piatto "Marchetti" (DMT1) che ha raggiunto la profondità di 5,80 m dal piano campagna dove si è arrestata per rifiuto.
- 5 pozzetti esplorativi per determinare la suscettibilità al trattamento a calce e/o cemento dei terreni interessati e relativa classificazione dei terreni secondo la UNI 10006.

Le prove di laboratorio sono riassunte nella tabella di seguito riportata:

SONDAGGIO	CAMPIONE																												
		Campione Rimaneggiato	Campione Indisturbato	Apertura Campione	Umidità Naturale	Peso di Volume	Peso Specifico dei Grani	Granulometria	Aerometria	Limiti di Atterberg	Classificazione UNI 10006	Prova Edometrica	Taglio Diretto TD	Taglio Diretto e Residuo	Compressione ELL	Compressione Triassiale UU	Compressione Triassiale CU	Compressione Triassiale CID	Permeabilità Triassiale	Prova di Permeabilità	Proctor: Standard - Modificato	C.B.R. - C.B.R. Saturi	Consumo Iniziale di Calce	Equivalente in Sabbia	Solfati	Carbonati	Sostanza Organica		
S1	A	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1																	
	SPT1	1	1					1																					
	SPT2	1	1					1																					
	SPT3	1	1		1			1				1																	
	SPT4	1	1					1	1																				
	SPT5	1	1					1	1																				
	SPT6	1	1					1	1																				
	SPT7	1	1					1	1																				
PE1	R1	1	1					1	1	1													1						
PE2	R1	1	1					1	1	1													1						
PE3	R1	1	1					1	1	1													1						
PE4	R1	1	1					1	1	1													1						
PE5	R1	1	1					1	1	1													1						

- **CAMPAGNA 2012**

Viste le modifiche apportate al tracciato originario si è resa necessaria un'integrazione di indagini geognostiche per coprire ed integrare le informazioni sul tratto di infrastruttura che si sviluppa parallelamente al canale Mastro Pietro, sul suo lato Nord.

In particolare sono state portate a termine le seguenti indagini:

- 1 prova penetrometrica statica con piezocono spinta fino alla profondità di 20 m dal p.c..
- 1 prova SPLT (screw plate load test) con 2 prove di carico sulla stessa verticale alle profondità di 0,50 ed 1,00 m dal piano di campagna.
- 1 pozzetto esplorativo per determinare la suscettibilità al trattamento a calce e/o cemento del terreno interessato e relativa classificazione del terreno secondo la UNI 10006.

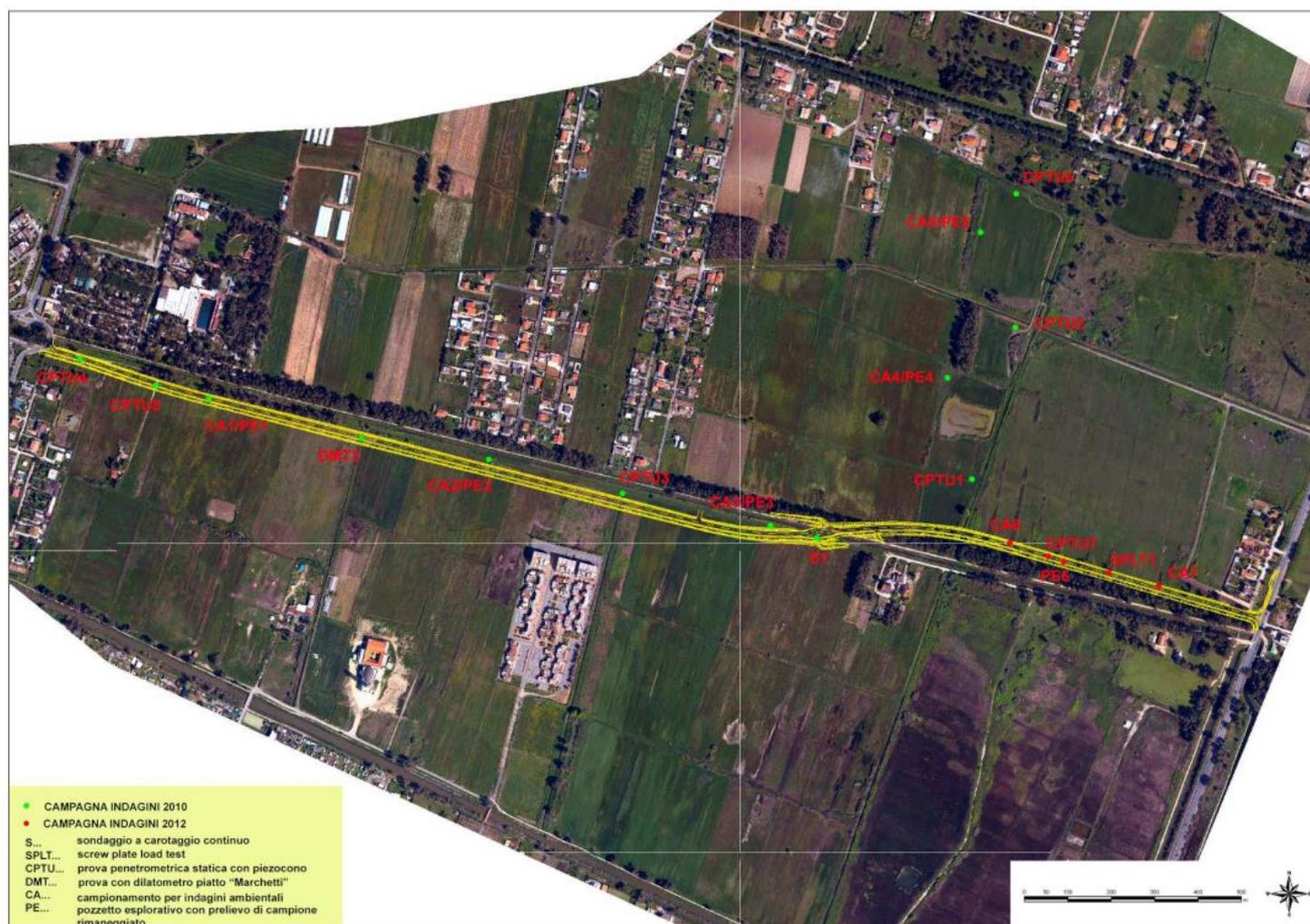


Fig. 11 – Ubicazione prove geotecniche

LITOSTRATIGRAFIA DELL'AREA D'INTERVENTO

La litostratigrafia è abbastanza ben correlabile tra le differenti prove portate a termine anche se si notano delle variazioni litologiche soprattutto in senso orizzontale.

Prendendo in considerazione la prima parte del tracciato che corre in rilevato costeggiando a Sud il Canale Mastro Pietro; nella prima parte, dalla CPTU4 fino a dopo la DMT2, al di sotto di un primo livello di terreni dalle scarse caratteristiche geomeccaniche, costituiti da limi argillosi ed argille limose, di potenza compresa tra i 2,50 e 3,00 m, si trovano dei terreni con caratteristiche nettamente migliori che sono costituiti da sabbie più o meno limose e più sotto da ghiaie in matrice sabbio – limosa.

Le prove CPTU4 e 5 e la DMT2 si sono arrestate in corrispondenza di uno strato ghiaioso posto alla profondità approssimativa di 5÷6 m dal p.c.. Questo livello è continuo praticamente su tutto il profilo, ma a partire dalla prova CPTU3, risulta meno compatto o con ghiaie di dimensioni minori o più rade che hanno permesso l'avanzamento delle prove penetrometriche a profondità maggiori fino a raggiungere un ulteriore livello ghiaioso più addensato che ha arrestato le prove a profondità di approssimativamente 20 m dal piano di campagna.

La situazione litostratigrafica rimane costante anche sul lato Nord del Canale Mastro Pietro con una stratigrafia ben correlabile tra i dati ricavati dal sondaggio ed i dati ricavati dalla prova penetrometrica di nuova esecuzione (CPTU7) che ha raggiunto senza problemi la profondità di 20 m dal piano di campagna.

In corrispondenza del sondaggio, a profondità superiori ai 20 m, si sono raggiunte formazioni di argille compatte, a tratti marnose, e di sabbie limose cementate attribuibili alla formazione della "Duna Antica" databile al Pleistocene Superiore.

Le prove CPTU4 e 5 e la DMT2 si sono arrestate in corrispondenza di uno strato ghiaioso posto alla profondità approssimativa di 5÷6 m dal p.c. Questo livello è continuo praticamente su tutto il profilo, ma a partire dalla prova CPTU3, risulta meno compatto o con ghiaie di dimensioni minori o più rade che hanno permesso l'avanzamento delle prove penetrometriche a profondità maggiori fino a raggiungere un ulteriore livello ghiaioso più addensato che ha arrestato le prove a profondità di approssimativamente 20 m dal piano di campagna.

IDONEITÀ GEOLOGICA DELL'AREA

Per valutare l'idoneità del sito in studio, si sono prese in esame tutte le caratteristiche morfologiche, geotecniche ed idrogeologiche che concorrono, in senso positivo o negativo, a determinare le condizioni di stabilità e sicurezza dell'opera in progetto, quali:

- a)- pendenza del terreno e condizioni di stabilità al contorno;
- b)- presenza di falda acquifera superficiale;
- c)- rischio di inondazioni;
- d)- disturbi tettonici;
- e)- capacità portante ammissibile dei terreni di fondazione e cedimenti;
- f)- liquefacibilità dei terreni;

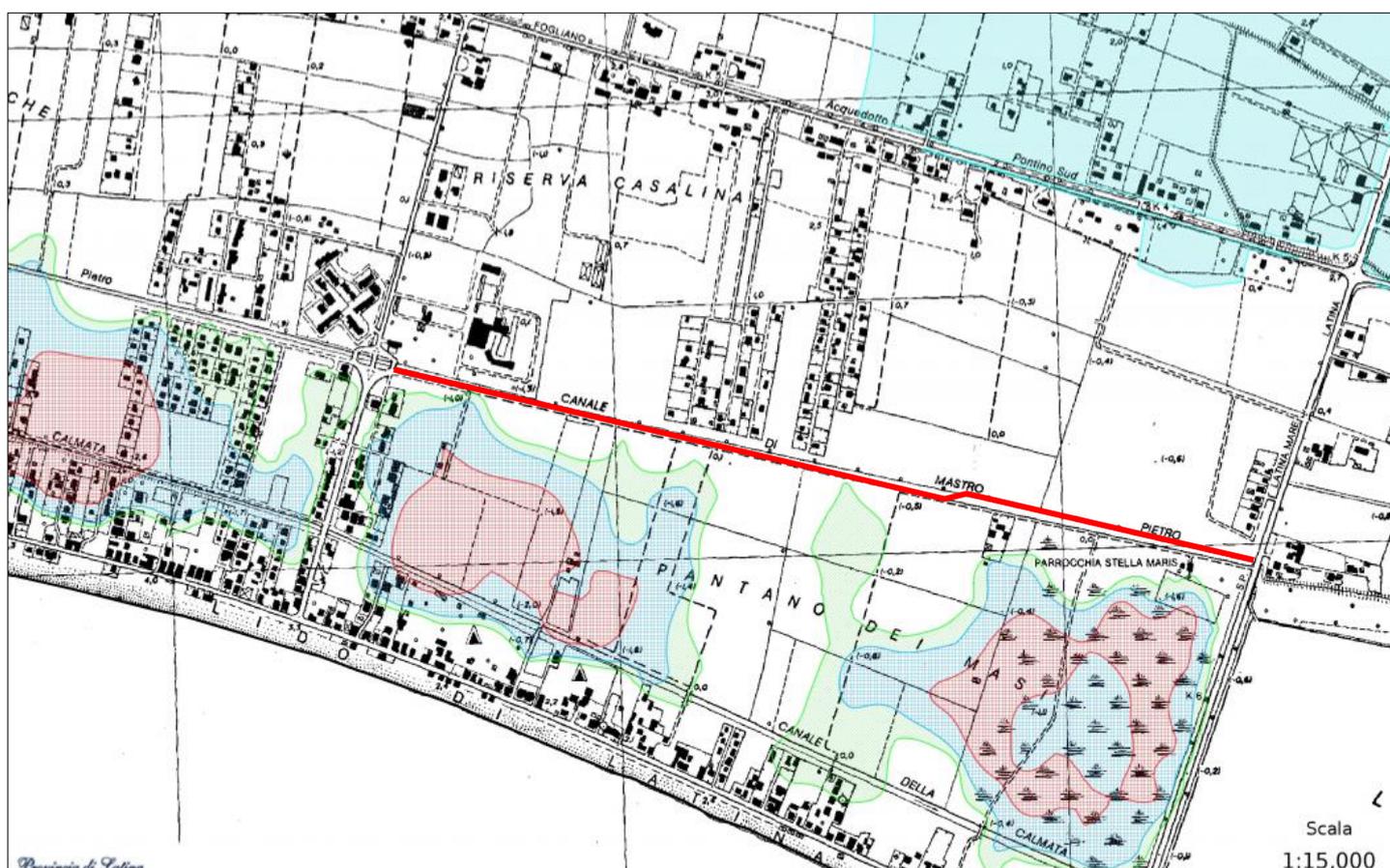


Fig. 12 - Stralcio P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) – ABR Tav. 2.07 Sud

Nell'area di che trattasi, non si evidenziano problemi legati ai fattori sopra elencati.

La morfologia dei luoghi è sub-pianeggiante e la velocità dei modesti processi erosivi in atto è lenta, tanto da non favorire nel tempo una incisiva e pericolosa evoluzione di tali fenomeni.

Non vi è presenza di falde acquifere superficiali né sono prevedibili pericoli di inondazioni o alluvionamento. A tale riguardo, va precisato che l'area d'interesse non ricade in nessuna zona perimetrata da vincoli di pericolosità, così come si evince dall'esame del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) gestito dell'Autorità per i Bacini del Lazio Tav. 2.07 Sud (Fig. 12) e quindi, in virtù delle quote topografiche, risulta esente da qualsivoglia previsione di rischi di natura idraulica.

La rete idrografica impostata in loco, unitamente alle opere di drenaggio delle aree pertinenziali e della rete stradale, assicura anche durante i periodi di più intenso apporto meteorico l'evacuazione delle acque, per cui non si evidenziano pericoli di allagamento o alluvionamento.

Per quanto alla suscettibilità alla liquefazione delle sabbie, va evidenziato che nel territorio pontino sono state eseguite specifiche ricerche per valutare la suscettibilità alla liquefazione delle sabbie della "Duna Antica".

Le valutazioni circa la probabilità di liquefazione di depositi sabbiosi, finalizzate alla pianificazione urbanistica, vengono solitamente basate sui criteri empirici di previsione che utilizzano in prevalenza le caratteristiche granulometriche, lo stato di addensamento della sabbia e la pressione di confinamento.

La densità molto elevata delle sabbie della "Duna Antica", stimata attraverso l'esecuzione di numerose prove S.P.T., costituisce di fatto un parametro assolutamente prevalente al fine di un giudizio nel merito. In proposito si fa osservare che, ove si facesse riferimento ai criteri di Kishida (1969), Ohsaki (1970), dalle analisi granulometriche, eseguite su campioni prelevati, all'interno della formazione della "Duna Antica" in diversi sondaggi, risulta che, per gran parte dei campioni utilizzati, i valori D_{50} e D_{60} restano compresi, sia pure di poco, entro gli intervalli che individuano una certa propensione alla liquefazione delle sabbie.

Tuttavia gli alti valori del coefficiente di uniformità U_c riscontrati e, soprattutto, la elevata densità relativa dei suoli granulari presenti nel sottosuolo della zona inducono a considerare, sulla base di detti criteri empirici, estremamente bassa la suscettibilità di liquefazione di tali depositi.

Non vi è dubbio che lo stato di addensamento delle sabbie, valutato attraverso le prove S.P.T., sia da considerarsi del tutto prevalente sugli altri elementi di valutazione

(composizione granulometrica, pressione verticale efficace del suolo, profondità della falda, presenza e spessori di strati non liquefacibili, ecc....), come è dimostrato dal fatto che alcune normative di prevenzione sismica, per esempio quella cinese, si basano principalmente sui valori di N_{SPT} .

Ulteriori indicazioni si possono ottenere facendo riferimento ai criteri basati su altre caratteristiche geologiche, quali l'età del deposito oppure la natura della formazione geologica e l'età della stessa. Da osservazioni compiute, da Youd et alii, in occasione di terremoti, risulta che le dune, o le formazioni lacustri, di età pleistocenica, sede di falda idrica, sono generalmente esposte a basso rischio di liquefazione. In realtà, come si è fatto rilevare in precedenza (al fine di spiegare gli alti valori di N nelle prove S.P.T.), i depositi sabbiosi della zona con il tempo hanno acquisito una cementazione decisamente elevata che ha reso sempre più stabile la struttura di tali terreni.

Le considerazioni sopra riportate fanno ritenere che le sabbie della "Duna Antica" siano scarsamente suscettibili di liquefazione anche quando sono sotto falda.

L'uniformità litostratigrafica della zona, il cui sottosuolo è caratterizzato quasi esclusivamente da sedimenti sabbiosi più o meno limoso-argillosi, assicura la più completa omogeneità di comportamento geomeccanico di tali terreni nell'interazione con la struttura in programma di realizzazione. Va osservato, infine, che i terreni di fondazione presentano proprietà meccaniche, valutate in termini di capacità portante e di deformabilità, affidabili.

L'analisi della pericolosità sismica storica locale nelle UAS del Lazio è stata eseguita utilizzando le informazioni macrosismiche messe a disposizione dall'INGV ed in particolare il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI04 [Gruppo di lavoro CPTI, 2004] ed il Database Macrosismico BDMI04 [Stucchi et Alii 2007]. Dallo studio richiamato si evince che le più elevate intensità sismiche risentite nel territorio comunale di Latina sono connesse con i seguenti centri sismici (contrassegnati dai rispettivi numeri):

- 4) Avezzano e 5) Aquilano, caratterizzati da eventi con magnitudo 6.5–7.0 ed intensità epicentrali tra il IX-X e l'XI grado MCS. La distribuzione dei risentimenti degli eventi collegati a questi centri sismici presenta un andamento a carattere regionale.
- 7) - Colli Albani. I terremoti di questo Centro sismico presentano magnitudo moderate (tra 5.0 e 5.5) ed intensità epicentrali tra il VI-VII ed il VII-VIII MCS. Si evidenzia in questa area vulcanica la tendenza ad una limitata estensione areale dei danni più significativi probabilmente legata ad una bassa profondità ipocentrale.

9) Litorale romano. Anche questo Centro sismico risulta caratterizzato da eventi con una magnitudo tra 5.0 e 5.5, mentre le intensità sono comprese tra il VI ed il VII MCS.

Gli eventi collegati a questo Centro sismico hanno una influenza locale sul livello di sismicità dei Comuni interessati. In generale si tratta di una attività tellurica con carattere di "breve sciame sismico" (successione di eventi caratterizzata da assenza di scossa principale), che può avvertirsi nel sito di pertinenza con effetti di media intensità.

In riferimento alla pericolosità geologica art. 4 comma 2 del DGR 10/2012 si può affermare che:

- 1) *La fascia di terreno sulla quale verrà realizzata l'opera ha una pendenza minore di 15°;*
- 2) *il terreno è geologicamente stabile;*
- 3) *non sono presenti zone suscettibili a liquefazione;*
- 4) *vista la presenza, nella parte superficiale, di materiali dalle scarse caratteristiche geotecniche ed altamente compressibili, particolare attenzione dovrà essere posta all'effetto derivante dal carico dei rilevati;*
- 5) *non sono presenti zone in frana e/o dissesto;*
- 6) *non sono presenti zone a rischio R3 o R4 per i Piani dell'Autorità d'Ambito dell'Appennino Centrale.*

Per quanto precede, si ritiene che l'area in studio sia geologicamente e territorialmente idonea per la realizzazione del tracciato stradale e dei relativi manufatti.

