

COMMITTENTE



COMUNE DI PALERMO
AREA INFRASTRUTTURE E TERRITORIO

PROGETTISTA

ATI:



(Capogruppo Mandataria)



DOMINIQUE PERRAULT
ARCHITECTE

METROPOLITANA AUTOMATICA LEGGERA DELLA CITTA' DI
PALERMO
PRIMA LINEA
TRATTA FUNZIONALE ORETO/NOTARBARTOLO

PROGETTO PRELIMINARE

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA	FASE	COMPARTO	DOCUMENTO	REV	SCALA	NOME FILE
MPA1	PP	GEO	INRS01	2		

							PROGETTISTA
2	SETTEMBRE 2006	AGGIORNAMENTO DATA DI CONSEGNA E REVISIONE PER INTEGRAZIONE	Piacentini	Pratini	Checchi	Piscitelli	
1	AGOSTO 2006	AGGIORNAMENTO DATA DI CONSEGNA	Piacentini	Pratini	Checchi	Piscitelli	
0	MAGGIO 2006	EMISSIONE ELABORATI GEOLOGIA	Piacentini	Pratini	Checchi	Piscitelli	
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
	Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Geologica

INDICE

1. PREMESSA E OGGETTO	pag. 1
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEL TERRITORIO INTERESSATO	pag. 1
3. SVILUPPO E ARTICOLAZIONI DELLE INDAGINI	pag. 4
3.1 RACCOLTA DATI PRELIMINARI	pag. 4
3.2 ANALISI, VALIDAZIONE E RIELABORAZIONE DEI DATI DISPONIBILI	pag. 4
3.3 ARTICOLAZIONE E SVILUPPO DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	pag. 4
4. GEOLOGIA	pag. 6
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	pag. 6
4.2 SERIE LITOSTRATIGRAFICA	pag. 7
4.3 ASSETTO TETTONICO STRUTTURALE	pag. 10
4.4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI DELL'AREA DI PROGETTO	pag. 11
5. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA DEI TERRENI INTERESSATI DALL'OPERA	pag. 12
5.1 TERRENI DI COPERTURA OLOCENICI	pag. 13
5.2 COMPLESSO CALCARENITICO-SABBIOSO-ARGILLOSO QUATERNARIO DELLA PIANA DI PALERMO	pag. 15
5.3 COMPLESSO ARGILLOSO CALCARENITICO OLIGO-MIOCENICO (FLYSCH NUMIDICO)	pag. 19
6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	pag. 20
6.1 PREMESSA	pag. 20



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione Geologica

6.2 EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO

PALERMITANO pag. 20

6.3 ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO

INTERESSATO DALL'OPERA pag. 22

6.3.1 LA RETE IDROGRAFICA ANTICA ED ATTUALE pag. 22

6.3.2 LE CAVITÀ IPOGEE pag. 24

6.4 PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO

E RELATIVE SITUAZIONI DI RISCHIO IDROGEOLOGICO pag. 25

6.4.1 CAVITÀ IPOGEE pag. 25

6.4.2 FENOMENI IDRAULICI pag. 26

7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO pag. 26

7.1 PREMESSA pag. 26

7.2 ACQUIFERI E COMPLESSI IDROGEOLOGICI pag. 27

7.3 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA pag. 28

7.4 CARATTERISTICHE GENERALI DELLA FALDA IDRICA LUNGO

IL TRACCIATO DI PROGETTO pag. 30

8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI pag. 30

9. ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO DI PROGETTO

pag. 32

10. GEOLOGIA DELLE STAZIONI pag. 40

10.1 STAZIONE SVINCOLO ORETO pag. 41

10.2 STAZIONE ORETO-SUD pag. 41

10.3 STAZIONE ORETO-NORD pag. 42

10.4 STAZIONE GIULIO CESARE pag. 43

10.5 STAZIONE BORSA pag. 44

10.6 STAZIONE MASSIMO pag. 45

10.7 STAZIONE POLITEAMA pag. 45

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

10.8 STAZIONE ARCHIMEDE pag. 46

10.9 STAZIONE NOTARBARTOLO pag. 47

11. CRITICITA' E PROBLEMATICHE CONNESSE
CON LA FATTIBILITA' GEOLOGICA DELL'OPERA pag. 47

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Geologica

1 PREMESSA E OGGETTO

Nell'ambito delle attività affidate dal Comune di Palermo all'Associazione Temporanea SYSTRA S.A. ROMA (mandataria), INGEGNERIA Y ECONOMIA DEL TRASPORTE S.A. (INECO) MADRID, LOMBARDI ITALIA INGEGNERI CONSULENTI S.R.L, DOMINIQUE PERRAULT, TECHNITAL S.P.A per l'esecuzione del progetto preliminare per la "Realizzazione della Metropolitana Automatica Leggera della Città di Palermo-Prima Linea-Tratta Funzionale Oreto/Notarbartolo", l'ATI sopracitata ha affidato allo Studio Associato GEO.I.TER. di Palermo l'incarico per la realizzazione dello studio geologico.

L'incarico comprendeva:

- la raccolta dati preliminare;
- la elaborazione di un programma di indagini geognostiche e geotecniche in sito ed in laboratorio;
- la assistenza e supervisione alla esecuzione delle indagini;
- la elaborazione ed interpretazione dei dati acquisiti con la campagna di indagini e relativa integrazione e correlazione con i risultati della raccolta dati preliminare;
- la stesura della relazione e degli elaborati grafici finali.

Una volta sottoscritto l'incarico, si sono avviate rapidamente le attività relative alla fase di indagini e raccolta dati preliminari di carattere geologico ed alla elaborazione del piano di indagini, suddiviso per fasi, che è stato sottoposto all'approvazione dell'Amministrazione. Ad approvazione ottenuta si è proceduto alla esecuzione della campagna d'indagini e alla elaborazione e interpretazione dei risultati illustrati nella presente relazione

Dopo una sintetica descrizione dei luoghi attraversati e delle opere previste in progetto, si illustrano:

- lo sviluppo delle indagini eseguite;
- l'assetto geologico-stratigrafico e tettonico, geomorfologico e idrogeologico del sottosuolo del territorio interessato dall'opera, inquadrato nel contesto generale della Piana di Palermo in cui essa insiste;
- la caratterizzazione litologica e sismica dei terreni attraversati dall'opera;
- l'assetto geologico-strutturale, geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio del sottosuolo lungo il tracciato di progetto;
- le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche di dettaglio dei siti interessati dalle stazioni.

Infine, si espongono alcune considerazioni riguardo le problematiche e le condizioni di criticità connesse con la fattibilità geologica dell'opera.

I risultati dello studio eseguito sono illustrati, inoltre, negli elaborati grafici allegati (carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica a scala 1/2000, profilo geologico a scala 1/2000-1/200, sezioni geologiche a scala 1/200, carta e sezioni geologiche di dettaglio delle stazioni, profili stratigrafici dei sondaggi acquisiti ed eseguiti).

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEL TERRITORIO INTERESSATO

La prima tratta funzionale della Metropolitana di Palermo, Oreto-Notarbartolo, attraversa in senso all'incirca SSE-NNW i settori meridionale e centrale della Piana di Palermo.

Quest'ultima è costituita da un'ampia area quasi del tutto pianeggiante (pendenza media 10-15%), estesa all'incirca 160 Km², che si apre sul mare a forma di mezzaluna con andamento NW-SE pressochè parallelo alla costa, delimitata ad Est dal Mar Tirreno e ad Ovest, Sud e

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Nord dal complesso geografico, ancorché geologico e strutturale, noto come i Monti di Palermo. Essa rappresenta il risultato sia dell'azione morfologica del mare quaternario, che ha lasciato tracce evidenti nei rilievi, che di quella meccanica dei corsi d'acqua che la incidevano più o meno profondamente ed è caratterizzata da una serie di pianori a diversa quota, con dislivelli di qualche metro, raccordati con delle scarpate ormai piuttosto alterate dalle modificazioni antropiche. I Monti di Palermo sormontano verso l'interno la Piana con versanti molto ripidi incisi da valli profonde, strette ed incassate.

La linea metropolitana in progetto, con una lunghezza di circa Km 6.5, attraversa in direzione all'incirca SSE-NNW i settori meridionale e centrale dell'area urbana di Palermo, attraversando anche parte del centro storico (**Fig 1**). Essa ha inizio in prossimità dell'incrocio tra Via Oreto e Viale Regione Siciliana e termina in corrispondenza della Stazione Notarbartolo (**Fig 2**). Lungo il tracciato la linea sottoattraversa l'alveo del F. Oreto, i paleoalvei ricolmati degli antichi Fiumi Kemonia e Papireto, che in epoca storica solcavano la città, e numerosi edifici di diversa epoca e tipologia edilizia, nonché edifici storici di significativo valore architettonico.

La linea è prevista per la maggior parte con sezione a doppia galleria, ciascuna con binario unico e a sezione circolare di diametro interno compreso tra un massimo di m. 5.30 ed un minimo di m. 4.70. Solo nel primo tratto, tra il deposito e la Stazione Svincolo Oreto, e nell'ultimo, dopo la Stazione Notarbartolo, è prevista una galleria unica con doppio binario, con sezione rettangolare, realizzata in artificiale.

Lungo la linea metropolitana sono previsti i seguenti manufatti:

- nove stazioni ubicate prevalentemente in corrispondenza di piazze e slarghi; esse sono tutte interrate, a pianta rettangolare più o meno allungata o quadrata ed a banchine centrali, laterali o sovrapposte in relazione ai vincoli imposti dalle caratteristiche fisiche ed urbanistiche dei luoghi;
- nove pozzi di ventilazione di forma circolare e raggio interno m. 3.00 nelle intertratte tra le stazioni;
- un manufatto di bivio, strutturalmente direttamente collegato alla Stazione Archimede, previsto con una pianta pressochè trapezia molto allungata, da realizzarsi a cielo aperto; il manufatto, ubicato in corrispondenza di Piazza Mordini, è stato previsto per consentire la biforcazione verso la Stazione Notarbartolo della prima tratta funzionale in progetto e verso la direzione Lazio della tratta di futura progettazione, già prevista nello Studio di Fattibilità;
- un manufatto terminale, posto circa 300 m oltre la Stazione Notarbartolo, da realizzarsi con una struttura scatolare a cielo aperto ed all'interno del quale sono ubicati gli scambi per l'inversione dei treni;
- l'area del deposito è ubicata, con una superficie di 96.464 mq, in località Brasca-Maredolce, in un'area sub-pianeggiante compresa tra Viale Regione Siciliana e le pendici rocciose di San Ciro; in essa sono previsti manufatti da destinare ad officine per la manutenzione dei treni, a magazzini, ad uffici amministrativi, tecnici e di controllo.

Il tracciato inizia nell'area del deposito con una rampa di discesa, per l'immissione dei treni in galleria, portando la livelletta ad una profondità di circa m 14.50 dall'attuale piano stradale di Via Regione Siciliana. Al termine della rampa inizia la galleria che nel primo tratto, fino alla Stazione Svincolo Oreto, è prevista in galleria artificiale a doppio binario. La Stazione Svincolo Oreto è ubicata all'inizio della Via Oreto, subito a ridosso dello svincolo con il Viale Regione Siciliana, e la livelletta in corrispondenza di essa è posizionata all'incirca a 15 m dal

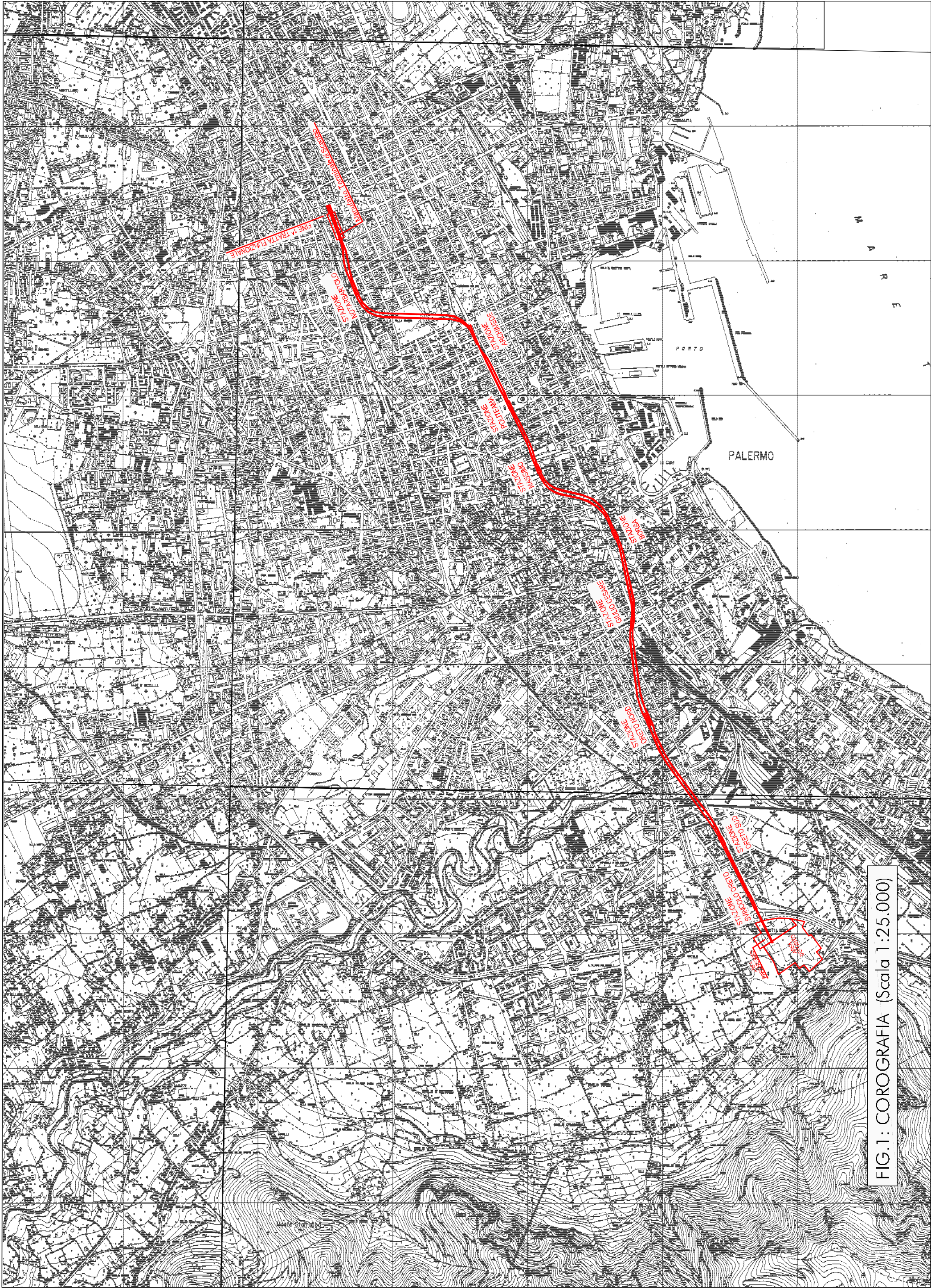


FIG.1: COROGRAFIA (Scala 1:25.000)

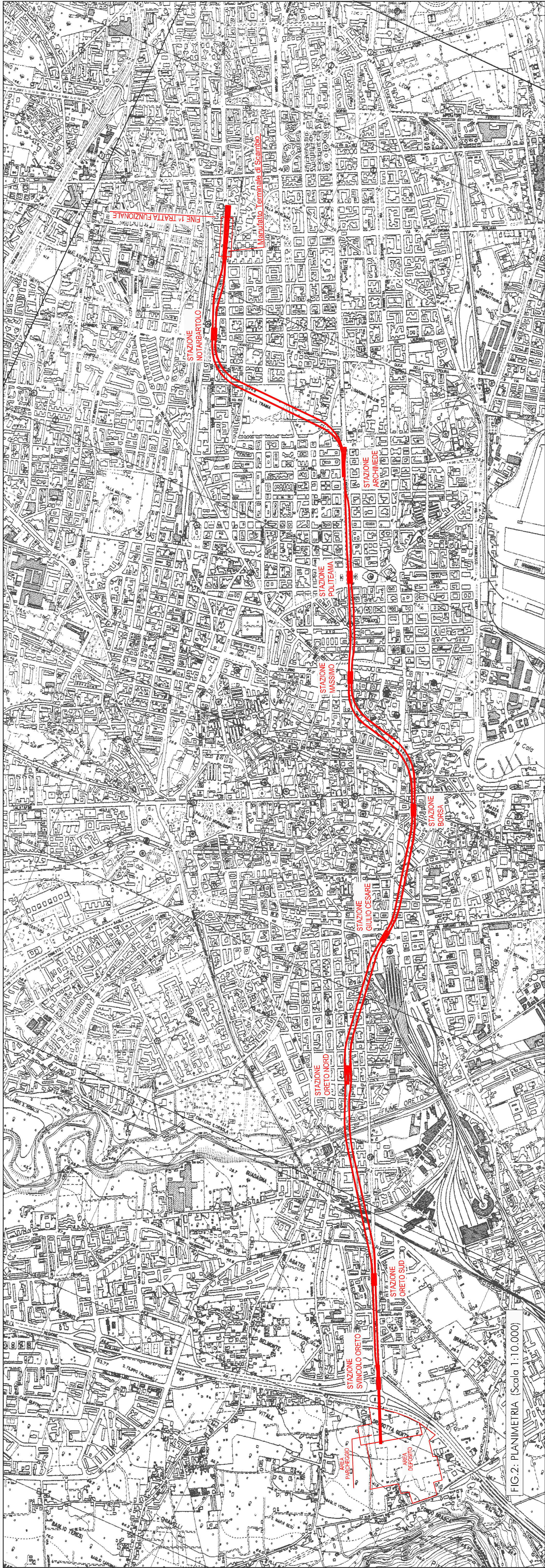


FIG.2: PLANIMETRIA (Scala 1:10.000)

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

piano stradale. Subito dopo la stazione è previsto un manufatto, della stessa tipologia strutturale della stazione, all'interno del quale viene realizzata la separazione delle due vie ed oltre il quale la linea metropolitana prosegue con due gallerie opportunamente distanziate a via unica.

Da quest'ultimo manufatto la tratta successiva si sviluppa in asse a Via Oreto fino alla Stazione Oreto Sud, ubicata all'incrocio con Via V.S. Bianco. In questa tratta la livelletta è compresa tra m.15.00 e 18.50 dal piano stradale in corrispondenza della Stazione Oreto Sud.

Nella tratta successiva le due linee si allontanano dalla Via Oreto compiendo un'ampia curva ad Est per portarsi in asse alla Stazione Oreto Nord ubicata in asse alla Via F.P. Perez, all'incrocio con la Via A. Todaro. In questa tratta la livelletta scende fino ad una profondità di m 33 per potere sottopassare in sicurezza l'alveo del F. Oreto, superato il quale tende a risalire fino a portarsi a circa 22 m di profondità in corrispondenza della Stazione Oreto Nord.

All'uscita della Stazione Oreto Nord, con un'ampia curva ad Est, le due linee tornano ad incrociare l'asse di via Oreto, proseguendo poi in rettilineo fino a raggiungere la Stazione Giulio Cesare, ubicata nella piazza omonima antistante la Stazione Centrale Ferroviaria. In tale tratta la livelletta risale fino a portarsi a m 18.50 di profondità in corrispondenza della citata Stazione Giulio Cesare.

Nella tratta successiva le due linee sottopassano l'area del centro storico posta immediatamente a valle di via Roma fino a raggiungere Piazza Borsa, dove è ubicata la stazione omonima. In questo tratto vengono attraversati i paleoalvei ricolmati dei due corsi d'acqua che un tempo solcavano Palermo, Kemonia e Papireto.

Dopo la Stazione Borsa le due gallerie, compiendo un'ampia curva ad Est, assumono direzione SE-NW per poi, con un'altra curva ad W portarsi in allineamento alla via Maqueda, fino a raggiungere la Stazione Massimo ubicata nella Piazza Verdi, antistante il Teatro Massimo. Anche alle Stazioni Borsa e Massimo la livelletta è posta a m 18.50 di profondità dal piano stradale.

La tratta successiva si sviluppa con andamento pressochè rettilineo in allineamento con la Via Ruggero Settimo ed è compresa tra la Stazione Massimo e la Stazione Politeama ubicata nella Piazza Castelnuevo antistante il Teatro Politeama. La livelletta in quest'ultima stazione è posta a circa 20m dal piano stradale.

Nella tratta successiva, tra la Stazione Politeama ed il manufatto di bivio, le due linee si sviluppano in allineamento con l'asse di Via Libertà ed all'altezza dell'incrocio con Via Archimede si avvicinano planimetricamente per disporsi una sull'altra ed immettersi sovrapposte nella Stazione Archimede e nel manufatto di bivio; la linea superiore ha una livelletta a m 16 e quella inferiore a m 25 di profondità dal piano stradale. I due manufatti, Stazione Archimede e manufatto di bivio, sono previsti uno di seguito all'altro e sono ubicati in asse a Via Libertà, tra la Piazza Mordini e l'incrocio tra Via Libertà e Via Agrigento.

All'uscita del manufatto di bivio le due linee tornano ad allinearsi planimetricamente e, mediante ampie curve di raccordo planimetrico, assumono direzione all'incirca E-W; esse, sottoattraversando le vie XX Settembre e Piersanti Mattarella, nonché l'area di Villa Trabia, vanno a collegarsi alla Stazione Notarbartolo, ubicata, in posizione antistante alla omonima Stazione Ferroviaria, nella Piazza M.M. Boiardo. In quest'ultima Stazione la livelletta è posta a m 18.50 di profondità dal piano stradale.

Dalla Stazione Notarbartolo le due linee proseguono con andamento pressochè parallelo alla linea ferroviaria per ancora 300 m circa, fino a raggiungere il manufatto terminale di

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

scambio, in corrispondenza del quale ha termine la I tratta funzionale del progetto.

3 SVILUPPO E ARTICOLAZIONI DELLE INDAGINI

Lo studio geologico effettuato per la redazione del progetto preliminare della Linea Metropolitana–I Tratta Funzionale Oreto-Notarbartolo, è stato elaborato attraverso diverse fasi di indagine. Esso ha preso avvio dalla analisi degli elaborati relativi al quadro geologico dello Studio di Fattibilità, redatto dalla Provincia Regionale di Palermo, e da una raccolta dati preliminari in base ai quali si è programmata una campagna di indagini apposite.

3.1 RACCOLTA DATI PRELIMINARE

E' stata effettuata una raccolta preliminare di un'ampia mole di dati litostratigrafici relativi ad indagini ubicate nell'area di interesse del progetto eseguite in passato per scopi diversi. In particolare, si dispone dei dati di oltre 120 sondaggi meccanici, ricatalogati nell'ambito del presente studio con la sigla D (**Vedi Tab I**). L'ubicazione di tali indagini è riportata nella planimetria di cui all'elaborato MPA1 PP IND IN PP 01-06 1, i relativi dati stratigrafici sono riportati nell'elaborato MPA1 PP GEO IN SR O2 1.

E' stata effettuata, inoltre, una ricerca bibliografica in letteratura per quanto riguarda le più recenti interpretazioni del sottosuolo di Palermo ed una ricerca storico-bibliografica per quanto riguarda le attuali conoscenze sulla presenza di cavità ipogee ubicate lungo il tracciato della linea o in un suo intorno significativo.

3.2 ANALISI, VALIDAZIONE E RIELABORAZIONE DEI DATI DISPONIBILI

In base alle conoscenze geologiche generali sul sottosuolo di Palermo desumibili dalla letteratura ed in base alle conoscenze preliminari più specifiche in possesso dell'ATI, i dati disponibili sono stati analizzati, validati e rielaborati in modo da inquadrare le varie sequenze litologiche dei sondaggi acquisiti nell'ambito di una recente e scientificamente accreditata classificazione lito-stratigrafica dei terreni che caratterizzano il sottosuolo di Palermo. Sulla base di tali dati è stato elaborato un profilo geologico preliminare a scala 1/5000 il quale ha messo in evidenza le situazioni di criticità geologica in relazione all'opera da progettare ed i tratti più lacunosi nell'interpretazione geologica, per i quali risultavano necessarie ulteriori apposite indagini.

3.3 ARTICOLAZIONE E SVILUPPO DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

In sede di offerta è stato proposto un programma di indagini geognostiche e geotecniche comprendente il programma minimo posto a base di gara, integrato con alcune indagini mirate all'analisi puntuale delle situazioni di criticità già allora note ed in funzione dell'opera da realizzare. Tale programma di indagini prevedeva oltre 200 sondaggi meccanici a carotaggio continuo.

Una volta aggiudicata la progettazione ed avviata la fase di raccolta dati, sulla base di quelli disponibili e della ricostruzione geologica preliminare si è ritenuto opportuno ridimensionare il piano di indagini nelle quantità dei punti di perforazione. Il piano di indagini esecutivo ha previsto, pertanto, l'esecuzione di complessivi n. 90 sondaggi meccanici a carotaggio

Sondaggio	Ubicazione	Profondità m dal p.c.	Livello falda m dal p.c.	Fonte
D1	Svincolo V.Oreto	30	9,4	Realizzazione Circonvallazione di Palermo-1980
D2		47	9,3	
D3		30	8,7	
D4		30	9,4	
D5		30	9	
D6		48	2,5	
D7		30	8,8	
D8		30	13	
D9	V. Tantillo	50,6		Costruzione collettore emissario della fognatura Sud-Orientale di Palermo
D10	V. Don Marva	25		
D11	V. Della Concordia	25		
D12	V. Oreto/Fondo Alfano	24,5		
D13		30		
D14	V. Oreto/Buonriposo	22,5		
D15	V. Oreto/V. La Colla	17,5		
D16	V. Oreto/V. Paternò	25		
D17		10		
D18		11,5		
D19		10,5		
D20	V. Oreto/V. Manfredi	14,5		
D21	Via Paratore	96,1	21	Fonti varie
D22	Via Paternò (Lato F.Oreto)	87	3	
D23	Via Perez	70	15	Fognature Via Stazone, Palermo
D24	Via Stazone/Via Guadagna	20	2,2	
D25		20	6,6	
D26		20	11	
D27		20	4,3	
D28	V.Oreto/Fondo Alfano	20		Italferr-Progetto definitivo nodo di Palermo-Rddoppio P. Centrale/Brancaccio - P. Notarbartolo/Isola delle Femmine
D29	Fondo Alfano	13		
D30	Porta di Vicari/V. Trieste	20	13	Costruzione collettore fognatura S-E di Palermo
D31		20		Completamento Circonvallazione interna di Palermo, 1997
D32		20		Progetto Parcheggio automatizzato P.zza G. Cesare
D33		15		
D34		12,5		Fonti varie
D35	P.zza G. Cesare	30	10,45	
D35bis	P.zza G. Cesare	20	9	Palermo, geologia del centro storico- P. Todaro, 1995
D36	P.zza G. Cesare	30		
D37	V. Roma/V. Divisi	6		
D38	Via S. Cecilia	13		Recepero Ex Convento dello Schiavuzzo in Palermo
D38A	V. Schiavuzzo/P.zza S. Cecilia	15		
D38B		15		
D38C		50		
D38D		15		
D38E		20		
D39	P.zza S. Cecilia	40	6,5	Palermo, geologia del centro storico-P. Todaro, 1995
D40	V. Giudici/V. Roma	5		
D40A	P.zza Bellini	20	11	Fonti varie
D40B		20	11,2	
D40C	P.zza Pretoria	20	11,6	
D40D		20		Palermo, geologia del centro storico-P. Todaro, 1995
D41	P.zza S. Anna	19	6,5	
D42	Cortile del Convento	25	5	Recupero ex Oratorio di S. Anna
D43	Ex Oratorio S. Anna	20	5,5	
D44		20	4,5	
D45		30	5,5	
D46		20	5,5	
D46A	P.zza Cattolica	47	6,5	Palermo, geologia del centro storico-P. Todaro, 1997
D47	Ex Oratorio S. Anna	20	5,5	Recupero ex Oratorio di S. Anna
D48		40	4,8	
D49	Via Malta/Via Roma	12	2,5	Palermo, geologia del centro storico-P. Todaro, 1995
D50	P.zza Cassa Di Risparmio	12	2,5	
D50A	Corso V. Emanuele	12		Fonti varie
D51	V. Argenteria Nuova	20	2,1	
D51bis		20	2,4	
D52		30	2,1	
D53	V. Pannieri	30	2,7	
D54	V. Roma/V. Venezia	26,4		Palermo, geologia del centro storico-P. Todaro, 1995
D55	V. dei Maccheroni	35		
D56	V. Roma/V. Napoli	37		
D57		30	5,5	
D58	P.zza S. Domenico	10		
D59	V. Bandiera/V. A. Borzi	11		
D60		12		
D61		5		
D61bis	V. Maqueda/V. Bari	8	6,5	
D62	V. Principe S. Giuseppe/ V. Amico	12	10	
D63		11	10	Progettazione esecutiva e realizzazione delle opere del complesso di palcoscenico del Teatro Massimo, 1986
D64	Teatro Massimo	15		
D65		20		
D66		16		
D67		14,5		Completamento Circonvallazione interna di Palermo, 1997
D68	V. Pignatelli Aragona	20		
D69	V. Cavour	20		Indagini geognostiche nel museo archeologico regionale di Palermo
D69A	P.zza Olivella	20		
D69B		20		Palermo, geologia del centro storico-P. Todaro, 1995
D70	V. Cavour/V. R. Settimo	10		
D71		12		
D72		10		
D73		16,5		
D74	V. R. Settimo	10		
D75	V. Magliocco	14	13	
D76	V. M. Stabile/V. R. Settimo	17,5	14	
D77		10		
D78		10		
D79		10		
D80		40		Edificio "La Rinascente", 1969
D81	V. Dante/V. XX Settembre	16,5	9,2	Progettazione definitiva della metroferroviaria di Palermo, 2004
D82		20	9	
D83	P.zza R. Settimo	26,8		Fonti varie
D84		20,5		
D85		29	9	Progettazione della metroferroviaria di Palermo, 2004
D86		20,6		Fonti varie
D87		21,2		
D88		20,1		
D89		30,4		
D90		20		
D91		30,2		
D92		11,5		Progettazione della metroferroviaria di Palermo, 2004
D93	V. Roma/P.zza Sturzo	27	5,7	
D94		7		Progetto preliminare parcheggio meccanizzato interrato, 2003
D95		10		
D96		25	8,8	
D97		11		Fonti varie
D98	V. Nicolò Gallo	10		
D99	V. Libertà	20		
D100	V. G. Castriota	24		
D101	V. Notarbartolo	30		
D102	Stazione Notarbartolo	25,55		
D103		30,3		
D104	V. Daidone	28		
D105		41		
D106	V. U. Giordano	20		

Tab. I - Tabella riassuntiva dei sondaggi acquisiti

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

continuo ubicati lungo linea, nei punti in cui persistevano incertezze di ordine litologico-stratigrafico alle profondità interessate dall'opera, nelle zone interessate dai manufatti più significativi (stazioni, manufatto di bivio, etc), nei tratti in cui sono state riscontrate criticità in relazione alle problematiche di scavo (tipi litologici ed interferenze con la falda idrica) ed agli effetti indotti sul territorio dalla realizzazione dell'opera (possibile innalzamento della falda a monte).

Riguardo la sua articolazione il piano di indagini esecutivo, regolarmente approvato ed autorizzato dall'Amministrazione Comunale, è stato suddiviso in due fasi.

La Fase I ha previsto l'esecuzione di complessivi n. 51 sondaggi meccanici. Ai fini di garantire una concreta finalizzazione del piano di indagini all'opera da progettare si è suddiviso il medesimo piano della Fase I in due sottofasi, A e B, eseguite in tempi successivi in relazione agli stadi di avanzamento della progettazione preliminare, affinché le indagini eseguite fossero realmente mirate alle scelte definitive per quanto riguarda l'andamento planimetrico ed altimetrico del tracciato e la ubicazione delle stazioni.

In quest'ottica la Sottofase A ha compreso l'esecuzione di n. 16 sondaggi meccanici a carotaggio continuo indicati con la sigla S1A, ubicati lungo linea in due tratti, e precisamente in zona Oreto, Tratto Stazione Svincolo Oreto-Intersezione Linea F.S. Area Urbana, ed in zona Libertà, Tratto Politeama-Gentile, per i quali si avevano indicazioni progettuali pressoché definitive.

Al termine della Sottofase A, una volta definite le soluzioni progettuali per l'intera linea, si è proceduto al completamento delle indagini della Fase 1 Sottofase B. Quest'ultima ha compreso l'esecuzione di n. 35 sondaggi meccanici a carotaggio continuo indicati con la sigla S1B, di cui n. 18 ubicati nelle zone di stazione e n. 17 lungo la restante parte di linea.

Al termine della campagna di indagini della Sottofase B si è dato corso, senza soluzione di continuità, al completamento della campagna di indagini con la esecuzione di quelle previste nella Fase II. Si sono eseguiti, pertanto, ulteriori n. 39 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, indicati con la sigla S2, di cui n. 18 ubicati in corrispondenza delle stazioni, in modo così da eseguire per ogni stazione n. 4 sondaggi disposti all'incirca ai vertici dell'area di ingombro, e n. 21 sondaggi ubicati lungo linea, laddove si sono ritenuti utili approfondimenti locali per la verifica dei passaggi litologici e delle caratteristiche dei terreni.

Per tutti i sondaggi meccanici eseguiti (**Vedi Tab II**) la lunghezza è stata spinta fino a raggiungere profondità almeno pari a 5 m al di sotto del piano ferro. La lunghezza dei sondaggi, pertanto, è compresa tra m 25 e 45 per un totale di circa 2716 m di perforazione. Per alcuni intervalli di perforazione, laddove ritenuto utile in base ai tipi litologici rinvenuti, è stato adottato l'uso del doppio carotiere.

Durante il corso delle perforazioni sono state eseguite prove geotecniche in sito, quali prove penetrometriche del tipo SPT, prove pessiometriche tipo Menard e prove di assorbimento del tipo Lugeon in avanzamento, i cui risultati sono illustrati nella relazione geotecnica. Molti dei fori inoltre sono stati indagati con ripresa televisiva.

Per il rilievo dei livelli piezometrici n. 52 fori di sondaggio sono stati strumentati con piezometri a tubo aperto e n. 25 fori con piezometri Casagrande. I livelli piezometrici sono stati monitorati durante tutto il periodo della progettazione con letture effettuate con frequenza approssimativamente quindicinale. In n. 13 fori di sondaggio, invece, sono state eseguite prove sismiche tipo down-hole.

Durante il corso delle perforazioni, inoltre, sono stati prelevati, ove possibile, campioni

Sondaggio	Ubicazione	Quota bocca foro	Profondità	Strumentazione		
				Piezometro Casagrande	Piezometro tubo aperto	Indagine Down-Hole
S1A1	ORETO Tratto Stazione Svincolo Oreto - Intersezione Linea F.S. Area Urbana V. Ruggero Settimo Stazione Politeama Via Libertà Stazione Archimede Via XX Settembre	36,6	25	x		
S1A2		35,5	30			x
S1A3		33,2	25	x		
S1A4		31,4	30		x	
S1A5		29,3	35	x		
S1A6		29,4	35		x	
S1A7		28,8	36,5		x	
S1A8		17,7	35		x	
S1A9		16,7	30		x	
S1A10		16,2	35		x	
S1A11		16,2	35	x		
S1A12		15,4	35		x	
S1A13		14,6	35		x	
S1A14		14,7	35		x	
S1A15		13,4	40		x	
S1A16		16,6	35		x	
S1B17	Stazione Svincolo Oreto	37,1	25		x	
S1B18	Deposito Oreto	38,2	21		x	
S1B19	Zona SvincoloOreto	36,7	25		x	
S1B20		33,9	15		x	
S1B21	Stazione Oreto Sud	29,1	30	x		
S1B22	Guadagna-Via Campisi	25,9	40	x		
S1B23		20,8	45		x	
S1B24	Via Sciuti	28,9	31		x	
S1B25	Attraversamento Oreto	9,5	45		x	
S1B26	Via Perez	19,7	30,8		x	
S1B27	Stazione Oreto Nord (Via Perez)	20,1	30	x		
S1B28		19	30	x		
S1B29	Via Perez	19	30			x
S1B30	Via Oreto	18,1	25			x
S1B31	Stazione Giulio Cesare	16	30		x	
S1B32		14,8	30	x		
S1B33	Via Gorizia	12,7	30			x
S1B34	Via Divisi	10,2	28	x		
S1B35	Piazza Sant'Anna	7,4	25			x
S1B36	Stazione Borsa	6,8	25		x	
S1B37		6,4	30		x	
S1B38	Via Vittorio Emanuele	6,9	25		x	
S1B39	Via Roma	9,8	30		x	
S1B40	Via Patania	14,8	25		x	
S1B41	Via Maqueda	16,3	25		x	
S1B42	Stazione Massimo	18,2	30	x		
S1B43		18,1	30		x	
S1B44	Stazione Politeama	16,1	30	x		
S1B45	Stazione Archimede	13,4	35		x	
S1B46		13,4	35	x		
S1B47	Via Piersanti Mattarella	17	35	x		
S1B48	Via G. Di Maria	27,9	30		x	
S1B49	Stazione Notarbartolo	27,5	30	x		
S1B50		27,6	27		x	
S1B51		27,5	30		x	
S252	Stazione Svincolo Oreto	35,4	25	x		
S253	Deposito Oreto	39,8	25		x	
S254	Via A. Pecoraro	36,5	30		x	
S255	Stazione Svincolo Oreto	34,1	27	x		
S256		37,1	25		x	
S257	Stazione Oreto Sud	29,6	30	x		
S258		29,6	30		x	
S259	Guadagna-Via Campisi	32,1	45		x	
S260	Attraversamento Fiume	10,8	40	x		
S261	Oreto	14,8	40	x		
S262	Via Perez	19,7	30	x		
S263	Stazione Oreto Nord (Via Perez)	19,4	30		x	
S264		19,7	30		x	
S265	Via De Borch	18,7	25		x	
S266	Via Fazello	16,6	25		x	
S267	Stazione Giulio Cesare	15,4	30		x	
S268		15,5	30	x		
S269	Piazza Giulio Cesare	15,6	20		x	
S270	Via Roma	15,1	30			x
S271	Via Montesanto	11,6	25		x	
S272	Via Cantavespri	9,1	25	x		
S273	Stazione Borsa	6,8	30		x	
S274		6,6	30			x
S274bis	Piazza Borsa	6,6	20		x	
S275	Piazza S. Domenico	9,9	30	x		
S276	Piazza V. Bottego	10,2	25			x
S277	Via Bandiera	12,5	28		x	
S278	Via Trabia	13,8	25		x	
S279	Via Maqueda	16,6	30		x	
S280	Stazione Massimo	18,5	30			x
S281		18,1	30		x	
S282	Via Ruggero Settimo	18,8	25	x		
S283	Stazione Politeama	15,8	30		x	
S284	Via Libertà	16,3	25			x
S285		14,6	19		x	
S286	Stazione Archimede	13,3	37,5			x
S287		13,6	45,5		x	
S288	Via Damiani	24,9	40			x
S289	Stazione Notarbartolo	28,7	30			x

Tab. II - Tabella riassuntiva dei sondaggi eseguiti

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

indisturbati ed, ove no, campioni rimaneggiati da sottoporre a prove di laboratorio. Per il dettaglio di queste ultime si rimanda alla relazione geotecnica.

Sulla base delle indagini di cui sopra si è pervenuti alla elaborazione ed interpretazione di un quadro geologico sufficientemente dettagliato, come rappresentato nella carta geologica e nel profilo geologico di cui agli elaborati MPA1 PP GEO IN GE 01-06 2 e MPA1 PP GEO IN PR 01/06 2. La sua definizione è stata, ovviamente, finalizzata alla caratterizzazione delle situazioni geologico-strutturali che saranno intercettate dallo scavo della galleria, con riferimento, soprattutto, ai diversi tipi litologici ed alle loro caratteristiche di consistenza, nonché ai loro reciproci rapporti di giacitura.

Una volta definito il quadro geologico si è passati allo studio geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio. Lo studio geomorfologico è stato concentrato su approfondimenti puntuali riguardanti l'andamento dei paleovalvei attraversati e la problematica della presenza di cavità antropiche ipogee, per le quali è stata effettuata una ricerca storico-bibliografica specifica. Lo studio idrogeologico è stato finalizzato ad approfondire le conoscenze sulle modalità di circolazione idrica sotterranea e sull'andamento dei livelli piezometrici, in modo da delineare le situazioni di interferenza con lo scavo della galleria e gli eventuali effetti indotti dalla realizzazione dell'opera sulla falda.

4 GEOLOGIA

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il tracciato di progetto della Prima Linea Metropolitana, Tratta Funzionale Oreto-Notarbartolo, attraversa in senso longitudinale il settore centro meridionale della Piana di Palermo. Quest'ultima è delimitata verso l'interno da pendici carbonatiche che rappresentano le estreme propaggini settentrionali del complesso geologico noto come i Monti di Palermo, nel cui contesto si inquadra l'assetto geologico dell'area di progetto.

I Monti di Palermo costituiscono una porzione occidentale dell'elemento "esterno" della Catena Maghrebide Siciliana e sono costituiti, a loro volta, da una serie di unità tettoniche derivanti da una fase deformativa compressionale che ne ha determinato la sovrapposizione reciproca. Tale tettonica, iniziata nel Terziario superiore, è stata intervallata e seguita da episodi estensionali che hanno prodotto deformazioni duttili e fragili, queste ultime espresse da una complicata griglia di sistemi di faglia a diversa orientazione.

Le unità tettoniche (Unità Stratigrafico-Strutturali) che caratterizzano questo settore dell'Orogene sono costituite da successioni carbonatiche e carbonatico-terrigene di età mesozoico-terziaria derivanti dalla deformazione dei paleodominii Panormide e Imerese, che nel Mesozoico, in un regime distensivo di separazione continentale, caratterizzavano in parte, con alti e bassi strutturali, il margine continentale africano. Le Unità Panormidi sono sovrapposte tettonicamente su quelle Imeresi con un contatto di primo ordine, che si imposta generalmente in corrispondenza delle coperture argilloso-marnoso-quarzarenitiche terziarie appartenenti alla Formazione del Flysch Numidico.

A seguito della tettonica recente, poi, gli originari contatti tra i corpi geologici che costituiscono l'ossatura dei Monti di Palermo sono stati ripresi ed ulteriormente dislocati. L'edificio tettonico è, infatti, sezionato da sistemi di faglia ad alto angolo, dispersi lungo direzioni prevalenti N-S, NW-SE, NE-SW a componente trascorrente, inquadrabili in un sistema neotettonico che ha

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

interessato l'orogene già strutturato, dando luogo ad una serie di alti e bassi morfostrutturali.

In corrispondenza della Piana di Palermo, impostata su una depressione morfo-strutturale, questo complicato assetto geologico-strutturale è mascherato dalla presenza di una copertura calcarenitico-sabbiosa quaternaria con spessori variabili. I terreni più antichi sono rappresentati dalle rocce carbonatiche di età mesozoica che, oltre a costituire i monti che la circondano, sono talora rinvenibili nel sottosuolo di essa sotto più o meno spesse coperture calcarenitiche (località Zen e zone pedemontane). Esse lungo il perimetro della Piana sormontano la formazione terziaria argillo-marnoso-quarzarenitica del Flysch Numidico. Quest'ultima nella Piana costituisce il substrato dei depositi quaternari ed è caratterizzata da numerosi alti e bassi morfologici, nonché da gradini di origine tettonica distribuiti irregolarmente, per cui si rinviene a quote assai variabili anche nell'ambito di zone ristrette.

I depositi quaternari, che sono i più diffusi nella Piana di Palermo, comprendono due litofacies principali:

- una superficiale, calcarenitico-sabbiosa, con spessori da pochi metri ad oltre 80 m;
- una più profonda, sottostante la precedente, costituita prevalentemente di argille sabbiose e sabbie grigie di spessore massimo intorno ai 100 m.

Alla base della serie quaternaria è talvolta presente un livello conglomeratico-ghiaioso discontinuo, di esiguo spessore ed estensione areale, deposti sul substrato argilloso-marnoso ed originatosi a seguito dei fenomeni trasgressivi che nel Pleistocene inf. hanno interessato l'area palermitana.

Dai dati di sottosuolo e di superficie noti la Piana risulta separata in due zone da una cresta carbonatica sepolta, che collega M. Pellegrino con M. Castellaccio secondo un allineamento Est-Ovest passante per le borgate Resuttana ai Colli-S. Lorenzo. Essa doveva essere affiorante nel pre-quaternario mentre allo stato attuale se ne rileva l'espressione morfologica in superficie. A Nord la morfologia del tetto del substrato argilloso numidico si presenta alquanto regolare e poco inciso con un alto morfologico in località Trapani-Pescia; il deposito quaternario è caratterizzato da calcareniti biancastre. A Sud della cresta il tetto del substrato argilloso numidico è alquanto irregolare; esso era solcato nel pre-quaternario dai corsi d'acqua che erodevano i rilievi emersi adducendo cospicui apporti solidi a valle. Il deposito quaternario è caratterizzato da calcareniti giallastre e da argille sabbiose che colmavano le valli e le depressioni geologiche esistenti nel prequaternario e con sottili spessori ricoprivano gli alti argillosi del Numidico, da ciò uno spessore dei depositi quaternari molto variabile.

In definitiva, schematizzando al massimo, l'area attraversata dalla linea metropolitana risulta caratterizzata da terreni oligo-miocenici argillo-marnoso-quarzarenitici del Flysch Numidico, sui quali sono sovrapposti stratigraficamente e in discordanza i depositi calcarenitico-sabbiosi ed argilloso-sabbiosi quaternari. I terreni di cui sopra sono, poi, localmente ricoperti da depositi olocenici di origine continentale (**Fig 3**).

4.2 SERIE LITOSTRATIGRAFICA

Sulla base di quanto noto dalla letteratura geologica e dai molteplici studi effettuati nel territorio palermitano, la serie stratigrafica dei terreni presenti nell'area oggetto di indagine, dal basso verso l'alto, è così costituita:

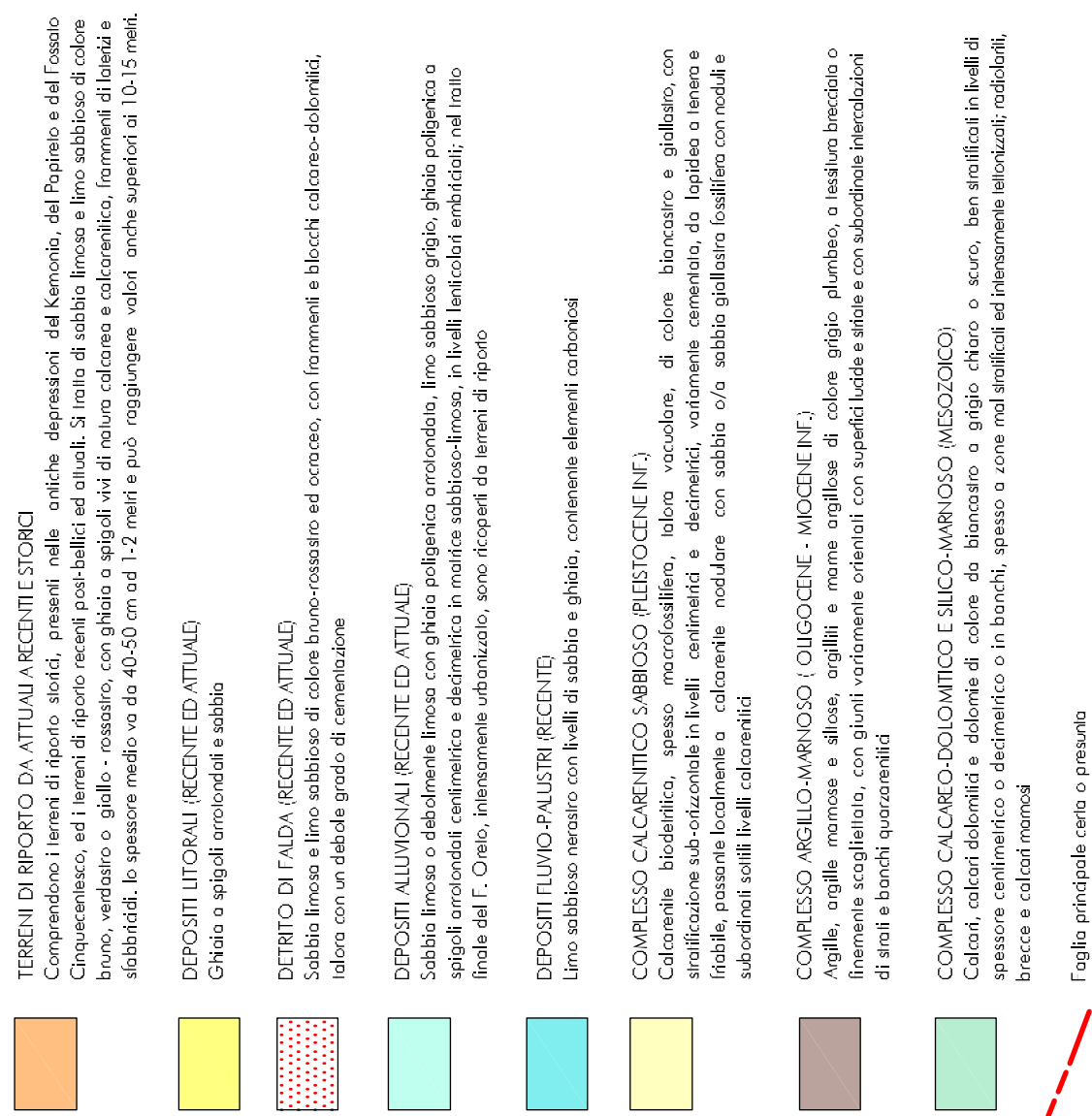
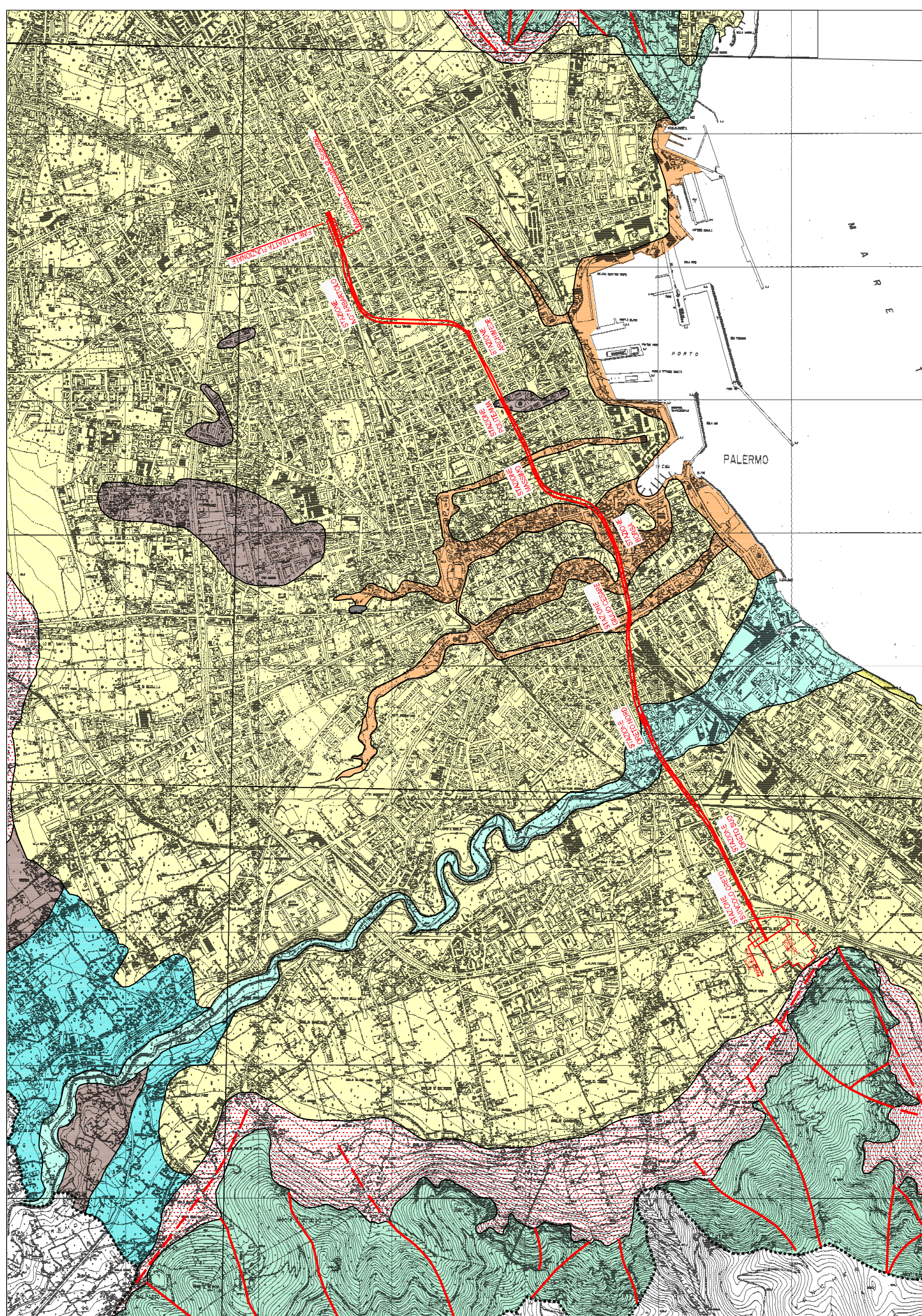


FIG.3: CARTA GEOLOGICA DI SINTESI (Scala 1:25.000)

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Complesso argilloso-quarzarenitico oligo-miocenico

Si tratta della formazione nota in letteratura come Flysch Numidico di età Oligocene sup.-Miocene inf. e localmente come "Ginolfo". Nella Piana di Palermo rappresenta il bedrock dei depositi quaternari.

E' costituito in prevalenza di argille, argille marnose e siltose e marne argillose, di colore grigio-plumbeo, dure e molto resistenti, e di argille a tessitura brecciata o finemente scagliettata, con subordinate intercalazioni quarzarenitiche di colore giallastro e grigio. Presenta giunti subverticali striati e lucidi o con patine ocracee, perfettamente chiusi e di notevole persistenza. In prossimità del tetto si rinviene, con spessore talvolta di alcuni metri, la parte alterata della formazione, che risulta costituita di argille marnose di colore tabacco, plastiche e talora con una parvenza della originaria tessitura brecciata o a scaglie.

Complesso calcarenitico-sabbioso-argilloso quaternario della Piana di Palermo

Giacente in discordanza sui terreni carbonatici o numidici sopradescritti, comprende i terreni più diffusi nella Piana di Palermo, su cui è edificata in prevalenza la Città. Nell'ambito di esso è possibile individuare tre differenti litofacies del Pleistocene inf., così distinte dal basso verso l'alto:

Litofacies conglomeratico-sabbiosa

Si rinviene esclusivamente in profondità, giacente sulla formazione numidica, in lembi discontinui di esiguo spessore ed estensione piuttosto limitata. Si tratta di un conglomerato di trasgressione, in genere di pochi metri di spessore, e di ghiaia con elementi di natura calcarea, quarzarenitica, dolomitica di varie dimensioni, a spigoli arrotondati.

Litofacies argilloso-sabbiosa

È costituita prevalentemente di argille sabbiose, sabbie e sabbie limose, fossilifere, di colore grigio-verdastro o grigio-azzurro. Lo spessore conosciuto, al di sotto della placca delle calcareniti, si aggira intorno a 90 m. Tali terreni sono affioranti in alcuni punti della depressione dei Danisinni ed anche nel settore di Acqua dei Corsari. Nel sottosuolo di Palermo si rinvencono al di sotto di una copertura calcarenitico-sabbiosa in una ampia zona tra il Fiume Oreto ed il centro storico, oltre che in alcuni settori della zona Notarbartolo.

Le argille sabbiose in oggetto presentano un colore che va dal grigio plumbeo all'azzurrognolo, quando ossidate si presentano di colore giallastro. Nel loro spessore si rinvencono parecchi livelli più siltosi e più sabbiosi riccamente fossiliferi e talora sabbie grossolane. Nei livelli delle sabbie grossolane, di natura prevalentemente calcarea, si riscontra un abbondantissimo tritume di gusci rimaneggiati in sottili lenti e ciottoli ben arrotondati di natura calcarea e quarzarenitica, provenienti da un trasporto fluviale.

All'interno del deposito sono distinguibili pertanto: sabbie debolmente limose di colore grigio-verdastro o cinerino, ricchissime di conchiglie o frammenti di conchiglie distribuite nella massa o in sottili lenti, limi sabbiosi presenti entro il più potente deposito di sabbie in forma di lenti sottili di colore grigio o grigio-verdastro e contenenti rare conchiglie, calcareniti grigie molto porose rinvenute in sottili croste o in lenti di piccolo spessore all'interno delle sabbie, argille sabbiose grigio-verdastre o azzurre.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Tale deposito giace al di sotto della litofacies calcarenitica superiore ed è delimitato in basso, a sua volta, dalla formazione argillo-marnosa oligo-miocenica o, alternativamente, da un secondo deposito di sabbie e calcareniti giallastre. In quest'ultimo caso sabbie grigio-verdastre e calcareniti sono intercalate le une alle altre in strati spessi qualche metro.

Litofacies calcarenitico-sabbiosa

Costituisce la litofacies più superficiale di gran lunga più diffusa nella Piana di Palermo, sia in affioramento che nel sottosuolo. Nell'ambito di essa è possibile riconoscere due tipi principali relativi a due ben distinte aree di affioramento:

- zona delle calcareniti bianche, presente nella parte nord della Piana;
- zona delle calcareniti gialle, che occupa la rimanente parte sud e sud-est.

Calcareniti bianche

Trattasi di una roccia di natura detritica biancastra, tenera, a luoghi con apparente stratificazione orizzontale, costituita per buona parte da minuto tritume fossilifero e matrice calcarea. Sono riconoscibili noduli ben cementati con una distribuzione irregolare e densità variabile da punto a punto. A volte, in corrispondenza dei piani di stratificazione, si hanno sottili livelli più cementati che con molta probabilità sono dovuti alle acque circolanti che solubilizzano i gusci calcarei ridepositandoli in forma cristallina. Lo spessore massimo delle calcareniti bianche è stato riscontrato in località Resuttana (70 m). In generale il substrato su cui poggiano tali calcareniti è costituito di argille e marne attribuibili al Flysch Numidico, mentre in prossimità delle fasce pedemontane dei rilievi dei Monti Castellaccio, Gallo e Pellegrino è rappresentato dai blocchi mesozoici ribassati.

Calcareniti gialle

Sono costituite generalmente di clasti detritici di natura carbonatica, di frammenti di fossili e, subordinatamente, di un modesto contenuto di quarzo detritico variabile da luogo a luogo. Abbondanti risultano i macrofossili diffusi o addensati in lenti che, se ben cementate, danno luogo a livelli di breccie conchigliari. La stratificazione è poco evidente; nei casi in cui è visibile, gli strati presentano una giacitura suborizzontale o pendenze massime di 10-15° verso Est.

Le calcareniti gialle possono essere grossolane, cavernose, ben cementate, talora sono a grana fina, ricche di sabbia quarzosa. Spesso si presentano in grosse bancate, talora in strati molto sottili, con interposizione di straterelli siltitici oppure di sabbie a granulometria variabile da quella delle sabbie grossolane a quella delle siltiti argillose. Frequentemente si presentano nodulari o brecciformi con nuclei dalle forme estremamente irregolari, di grandezza variabile, e con gli spazi internodulari occupati da sabbie fini. La granulometria non è uniforme, per cui si possono rinvenire livelli di calciruditi, calcisiltiti e livelli di sabbie grossolane miste a ghiaia, sabbie, sabbie argillose, argille sabbiose o siltose.

Per quanto riguarda la cementazione, le calcareniti gialle si presentano disomogenee sia in senso verticale, che in quello orizzontale, per cui si rinvencono:

- blocchi e livelli a fortissima cementazione nei quali è possibile notare calcareniti e calciruditi con clasti di varia natura litologica; tali livelli assumono, per il loro grado di cementazione, la denominazione locale di "scurciuni";

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

- noduli decimetrici saldati tra loro e immersi in sabbie giallastre, a luoghi debolmente cementate;
- strati calcarenitici di spessore centimetrico alternati a livelli sabbiosi giallastri e strati calcarenitici con vacuoli centimetrici a volte riempiti da sabbia giallastra;
- sabbie calcarenitiche giallastre, fini, sciolte o debolmente addensate, a volte limose.

Nelle calcareniti gialle sono talvolta presenti cavità della cui formazione sono responsabili le acque circolanti.

I rapporti giacitureali delle calcareniti gialle con i sottostanti terreni di substrato sono alquanto variabili. In generale il substrato è rappresentato dal Flysch Numidico, che nel settore S e SE della Piana presenta alti e bassi morfostrutturali che lo portano in alcuni settori ad affiorare. Nei settori prossimi alle fasce pedemontane le calcareniti poggiano trasgressive sui blocchi dolomitici mesozoici. Nel settore della Guadagna, S.Ciro, Brancaccio, Romagnolo e per buona parte del centro storico, tali calcareniti poggiano sulla litofacies argillo-sabbiosa del Pleistocene inferiore.

Terreni di copertura olocenici

Comprendono depositi detritici accumulati ai piedi delle pendici rocciose, depositi alluvionali antichi e recenti del Fiume Oreto, alluvioni antiche dei corsi d'acqua Kemonia e Papireto (ricolmati e canalizzati in tempi storici), terreni di riporto storici, recenti ed attuali, presenti con estensioni e spessori di un certo rilievo in più punti dell'area urbana.

4.3 ASSETTO TETTONICO-STRUTTURALE

L'area in esame si inquadra nella tettonica complessiva che ha interessato i Monti di Palermo. Essa è stata soggetta a più fasi tettoniche che hanno avuto luogo durante diverse epoche geologiche e che sono attualmente responsabili dell'assetto morfostrutturale della zona. Più in particolare, è stata sottoposta ad:

- una fase tettonica a prevalente carattere traslativo e plicativo, che durante il Langhiano (Miocene medio) ha portato alla individuazione e messa in posto delle Unità tettoniche e, successivamente, nel Pliocene a tutta una serie di pieghe a largo raggio di curvatura di difficile ricostruzione in quanto dislocate dalla successiva tettonica disgiuntiva;
- una fase neotettonica a prevalente carattere disgiuntivo di epoca plio-quadernaria, conseguente al sollevamento dell'edificio strutturale dei Monti di Palermo, che ha comportato il generarsi di faglie dirette ad alto angolo o a geometrie listriche, a forte rigetto, talvolta impostate su preesistenti faglie inverse. Tali faglie hanno variamente smembrato gli originari rapporti geometrici creati dalla precedente tettonica traslativa, dislocando variamente, quindi, sia gli originari piani di sovrascorrimento che gli ammassi rocciosi nel loro complesso.

La Piana di Palermo rappresenta un' ampia piana costiera con andamento parallelo alla linea di costa, impostatasi in corrispondenza di una depressione strutturale bordata da strutture neotettoniche distensive che la collegano con i rilievi carbonatici circostanti lungo versanti ripidi. I più vistosi fenomeni neotettonici sono legati, pertanto, alle grandi faglie di distensione che suddividono la serie mesozoica in blocchi distinti e ne sollevano alcuni a parecchie centinaia di metri sopra il livello del mare. Si individuano diversi sistemi di faglie principali ad andamento prevalente N-S, NW-SE e NE-SW.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Il regime tettonico distensivo, che si protrae fino a tutto il Pliocene superiore, lascia il posto, a partire dal Pleistocene inferiore, a fenomeni di lento e graduale sollevamento, protrattisi sino all'attuale, cui sono conseguenti, per probabili sollevamenti a scatti, la formazione di spianate suborizzontali e terrazzi marini nelle fasi di stasi, sviluppati in vari ordini, e lo sviluppo di profonde incisioni fluvio-carsiche nonché la esumazione di preesistenti superfici di faglia per effetto di processi erosivi innescati.

Alla fine dei Pleistocene medio, infine, una importante fase distensiva neotettonica avrebbe portato a termine l'emersione dei rilievi che circondano la Piana attraverso la riattivazione delle faglie che la delimitano ed il mare avrebbe modellato la piana costiera facendo assumere all'area palermitana l'attuale assetto morfologico.

4.4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI DELL'AREA DI PROGETTO

Nella carta geologica a scala 1/2000, riportata nell'elaborato MPA1 PP GEO IN GE 01-06 2, viene rappresentato l'assetto geologico di superficie dei terreni presenti lungo il tracciato di progetto ed in un suo intorno significativo comprendente una fascia di territorio a cavallo del tracciato ampia almeno 400-500 m. In tale carta vengono rappresentate le formazioni geologiche affioranti ed i loro rapporti intercorrenti, se di natura stratigrafica o tettonica; viene rappresentata, altresì, con apposita simbologia, la natura geologica e litologica del substrato, nonché la profondità cui esso si localizza.

Come rappresentato nella carta geologica, nell'area studiata sono presenti terreni che coprono un arco temporale che va dall'Oligocene all'Attuale. I terreni più antichi sono dati dal complesso argilloso-quarzarenitico oligo-miocenico pertinente alla Formazione del Flysch Numidico. Essi rappresentano nella Piana di Palermo i terreni di substrato e sono ricoperti stratigraficamente e in discordanza dai terreni quaternari calcarenitico-sabbiosi o argillo-sabbiosi.

I terreni della litofacies calcarenitico-sabbiosa pleistocenica sono costituiti da sequenze in cui si alternano intervalli di calcarenite variamente cementata, sabbia calcarenitica e più rari livelli di calcarenite nodulare e vacuolare o di sabbia e ghiaie. Tali terreni mostrano una distribuzione alquanto irregolare in senso laterale e verticale e rappresentano i terreni più alti nella serie litostratigrafica e più diffusi lungo tutto il tracciato studiato.

Seguono verso il basso i terreni della litofacies argilloso-sabbiosa, anch'essa pleistocenica, costituita prevalentemente di sabbie limose fossilifere e limi sabbiosi, presenti prevalentemente nel tratto Via Oreto-Via Roma e in zona Via Sciuti, oppure in sottili lembi discontinui interposti tra la litofacies calcarenitico-sabbiosa ed il sottostante Flysch Numidico nel tratto tra Piazza S. Domenico e la Zona Notarbartolo. La profondità cui si localizzano, al di sotto dei terreni sabbioso-calcarenitici, è in genere variabile tra i 10 ed oltre 20 m dal piano stradale. Il passaggio tra le due litofacies argilloso-sabbiosa e calcarenitico-sabbiosa in genere è netto o avviene per successive alternanze.

Il substrato argilloso quarzarenitico, giacente al di sotto delle due litofacies quaternarie, si localizza a profondità variabili a seguito di un assetto tettonico-strutturale complesso. Esso è caratterizzato da una più o meno densa griglia di faglie ad alto angolo che generano una serie di alti e bassi morfostrutturali che lo portano in alcune zone molto profondo e in altre più superficiale, fino ad affiorare. Nell'area studiata si localizza a profondità molto elevate, oltre i 40-50 m nel tratto Oreto-Via Roma, mentre si rinviene a profondità comprese tra pochi metri ed oltre 10 m nel tratto compreso tra la Piazza S. Domenico e la Stazione Notarbartolo. In corrispondenza di Piazza Verdi e Via R. Settimo esso presenta degli alti strutturali ubicati a

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

profondità di 9-4 m dal piano stradale ed in zona Politeama è addirittura subaffiorante, ricoperto da una sottile coltre di terreni di riporto. Sotto il profilo litologico è costituito da una sequenza in cui si alternano irregolarmente argille a scaglie, argilliti e siltiti tettonizzate, quarzareniti più o meno fratturate.

Spesso tra il substrato argilloso-quarzarenitico e le soprastanti litofacies quaternarie calcarenitico-sabbiosa o argilloso-sabbiosa si intercala una terza litofacies quaternaria di spessore pari a qualche metro al massimo e natura conglomeratici-ghiaiosa, depostasi a seguito della trasgressione del mare quaternario sulla formazione numidica.

Il quadro geologico sinteticamente sopra illustrato viene completato dalla sequenza di terreni di copertura di origine continentale diffusi ampiamente lungo il tracciato. Tra questi si riscontrano:

- depositi alluvionali antichi e recenti nell'area del F. Oreto: si tratta di alluvioni a grana grossa ghiaioso-sabbiose e a grana fina sabbioso-limose con ghiaia in livelli e lenti di spessore da pochi ad oltre 10 m; esse colmano i paleoalvei dell'Oreto riscontrati fino a profondità di oltre 40 m e costituiscono, inoltre, il terrazzo fluviale riscontrato nell'area di Via Perez-Bergamo, a quote più elevate rispetto all'alveo attuale;
- depositi alluvionali antichi pertinenti alle paleovalli ricolmate dei Fiumi Kemonia e Papireto presenti lungo il tratto di Via Roma compreso tra Via Divisi e Piazza S. Domenico; si tratta di limi organici nerastri, plastici e scarsamente consistenti, passanti a sabbie limose e torbose con elementi lapidei di varia natura e talora a lenti di sabbia e ghiaia. Lo spessore è variabile in relazione alla morfologia dei paleoalvei e si riscontrano fino a profondità comprese tra i 10-13 m ed oltre 20 dal piano stradale.

Seguono poi:

- i limi rossi residuali distribuiti in lembi discontinui di spessore dell'ordine del metro o poco più al tetto dei terreni calcarenitici, generatisi a seguito dei fenomeni di weathering superficiale delle calcareniti;
- i terreni di riporto antichi e recenti, di spessore variabile, dovuti alle modificazioni antropiche che nel tempo hanno interessato l'area urbanizzata; gli spessori più elevati, dell'ordine dei 5-10 m, si hanno nella valle del Fiume Oreto, a seguito dei lavori di canalizzazione del corso d'acqua e di urbanizzazione delle sponde, e nelle paleovalli ricolmate dei Fiumi Kemonia e Papireto.

5. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA DEI TERRENI INTERESSATI DALL'OPERA

Sulla base delle conoscenze acquisite attraverso le indagini geognostiche eseguite vengono di seguito descritte le caratteristiche litologiche dei terreni attraversati dal tracciato di progetto. Essi sono stati classificati in modo da venire inquadrati nell'ambito di una classificazione dei terreni del sottosuolo di Palermo scientificamente accreditata (V. Liguori, U. Piacentini, P. Pratini, C. Valore, M. Zicarelli 2002), opportunamente modificata in base alle più recenti conoscenze acquisite (**Tab III**).

Complessivamente sono individuabili i seguenti tipi litologici, per i quali nel profilo geologico allegato (elaborato MPA1 PP GE0 IN PR 01-06 2) sono rappresentati i rapporti reciproci e l'assetto giaciturale e strutturale.

COMPLESSI LITOLOGICI		TIPI LITOLOGICI
TERRENI DI COPERTURA	TERRENI DI RIPORTO R	R <i>Terreni di riporto storici, recenti ed attuali:</i> sabbia, talora limosa o debolmente limosa, e limo sabbioso di colore da brunastro e rossastro a giallo-biancastro, con elementi lapidei centimetrici e decimetrici di natura eterogenea, frammenti di laterizi e sfabbricidi
	TERRENI DI RECENTE DEPOSIZIONE RD	LR <i>Limi rossi residuali:</i> limo sabbioso e sabbia limosa di colore bruno-rossastro, con sostanza organica ed elementi calcarenitici e calcarei di forma irregolare e dimensioni da millimetriche a centimetriche e, talora, con minuti elementi di ghiaia poligenica arrotondati ALLUVIONI ANTICHE E RECENTI DEL FIUME ORETO ALf <i>Alluvioni a grana fina:</i> sabbia da fina a media, limosa e debolmente limosa, e limo da argilloso a sabbioso di colore bruno-grigiastro e giallastro, variamente addensati, con più o meno frequenti elementi di ghiaia poligenica a spigoli arrotondati ALg <i>Alluvioni a grana grossa:</i> ghiaia poligenica centimetrica e decimetrica a spigoli arrotondati frammista ad una matrice sabbiosa più o meno grossolana, talora debolmente limosa, di colore bruno-giallastro e grigiastro e sabbia da media a grossa con ghiaia ALLUVIONI ANTICHE DEI PALEOALVEI KEMONIA E PAPIRETO SL <i>Sabbia limosa:</i> sabbia limosa o debolmente limosa di colore grigio e grigio-nerastro, da scarsamente a mediamente addensata, torbosa, a zone maleodorante, con frustoli carboniosi e sostanza organica, più o meno rari elementi di ghiaia poligenica arrotondata, frammenti fossili rimaneggiati, ossa di animali, frammenti legnosi carbonizzati e frammenti di laterizi LO <i>Limo organico:</i> limo e limo-sabbioso o debolmente sabbioso di colore bruno e grigio scuro, plastico e scarsamente consistente, a zone torboso, talora maleodorante, con sostanza organica e frammenti fossili rimaneggiati Sgg <i>Sabbia e ghiaia:</i> sabbia a grana media e grossa, talora debolmente limosa, di colore giallo-biancastro, con ghiaia poligenica da millimetrica a decimetrica a spigoli arrotondati e subarrotondati, talora anche appiattiti, passante a ghiaia poligenica in matrice sabbiosa
COMPLESSO CALCARENITICO SABBIOSO ARGILLOSO	LITOFACIES CALCARENITICO-SABBIOSA LCS	CLa <i>Calcarenite alterata:</i> calcarenite di colore bruno-biancastro e giallastro o rossastro, alterata e sfaticcia, in frammenti misti a sabbia bruno-rossastra spesso con spalmature o impregnazioni di limo bruno-rossastro residuale CL <i>Calcarenite bioclastica:</i> calcarenite bioclastica a grana media, di colore giallastro e biancastro, con grado di cementazione variabile, da ben cementata e lapidea a debolmente cementata, tenera e talora friabile, in strati di spessore centimetrico e decimetrico alternati a subordinati e sottili livelli sabbiosi; laddove la calcarenite si presenta fratturata e/o scarsamente cementata viene campionata in CV <i>Calcarenite vacuolare:</i> calcarenite e calcirudite vacuolare e breccia conchigliare, anch'essa vacuolare, con vuoti di dimensioni centimetriche, in genere ben cementata con distribuzione irregolare del cemento calcareo CN <i>Calcarenite nodulare:</i> calcarenite a grana medio-fina di colore giallastro e biancastro, caratterizzata da una struttura a noduli ben cementati di forma irregolare e dimensioni centimetriche e decimetriche, fra loro interconnessi e associati a sabbia presente negli spazi internodulari SC <i>Sabbia calcarenitica:</i> sabbia a grana medio fina, talora limosa o debolmente limosa, di colore da biancastro a giallo ocrea, talora debolmente cementata o addensata, contenente più o meno rari noduli calcarenitici e/o sottili livelli di calcarenite ben cementata spesso campionata in frammenti centimetrici SG <i>Sabbia con ghiaia:</i> sabbia a grana grossa e media, talora debolmente limosa, di colore giallastro e biancastro, in genere scarsamente addensata, con ghiaia poligenica millimetrica e centimetrica a spigoli arrotondati e, in qualche caso, con più o meno rari livelli calcarenitici di spessore centimetrico
	LITOFACIES ARGILLO-SABBIOSA LAS	Lsa <i>Limo sabbioso giallastro:</i> limo sabbioso e argilloso di colore bruno-giallastro e grigio giallastro, talora rossastro, a zone plastico e poco consistente, con venature grigiastre, frustoli carboniosi e talora rari frammenti o noduli calcarenitici, sottili lamine o noduli di sabbia giallo-ocracea e frammenti fossiliferi Sa <i>Sabbia giallastra:</i> sabbia e sabbia fina da limosa a debolmente limosa di colore bruno giallastro, a zone più o meno plastica, contenente veli di sabbia ocracea ossidata e spalmature di limo grigio, frustoli carboniosi nerastri e spesso tritume fossilifero LS <i>Limo sabbioso grigio:</i> limo sabbioso o debolmente sabbioso di colore grigio o grigio-verdastro, fossilifero, da mediamente a ben addensato, talora con ghiaia S <i>Sabbia grigia:</i> sabbia fina, spesso limosa o debolmente limosa e/o argillosa, di colore grigiastro e grigio-verdastro, fossilifera, passante talora a livelli di argilla sabbiosa grigia
	LITOFACIES CONGLOMERATICO-GHIAIOSA LCG	GH <i>Ghiaia con sabbia:</i> ghiaia poligenica, prevalentemente quarzarenitica, a spigoli arrotondati e subarrotondati, spesso anche appiattiti, frammista ad una matrice argillosa e limosa di colore grigiastro Sg <i>Sabbia e ghiaia:</i> sabbia e sabbia grossa, a zone debolmente limosa, di colore giallastro e grigiastro con elementi di ghiaia poligenica a spigoli arrotondati e appiattiti di dimensioni millimetriche e centimetriche e con tritume fossilifero, frammenti calcarenitici e passaggi a livelli e zone di argilla grigiastra rimaneggiata Ar <i>Argilla rimaneggiata con ghiaia:</i> argilla di colore bruno e grigio con venature ocracee per ossidazione, alterata e rimaneggiata, plastica o con tessitura brecciata e con elementi di ghiaia a spigoli arrotondati e appiattiti; nella sequenza presenta passaggi ad intervalli di argilla grigia più o meno compatta con tessitura a scaglie
COMPLESSO ARGILLOSO-QUARZARENITICO CAQ		AMG <i>Argilla alterata:</i> argilla marnosa e siltosa alterata, di colore bruno-tabacco, con patine di ossidazione ocracee e talora con una parvenza dell'originaria tessitura a scaglie o brecciata AB <i>Argille a scaglie:</i> argilla, argilla marnosa e siltosa e marna argillosa di colore grigio plumbeo, dure e molto resistenti, a tessitura brecciata o finemente scagliettata, con giunti sub-verticali con superfici lucide e striate, generalmente chiusi e di notevole persistenza, con subordinate intercalazioni di argilliti e siltiti e strati quarzarenitici giallastri e grigiastri intensamente fratturati ARL <i>Argilliti e siltiti:</i> argilliti di colore grigio plumbeo, con tessitura a scaglie prismatiche minute, passanti a siltiti grigie, da dure e compatte, a consistenza marnosa e frattura concoide, a fragili e fissili con rottura in scaglie prismatiche centimetriche; sono presenti superfici di discontinuità variamente orientate subverticali o inclinate tra 45-80° con superfici lucide e striate o talora incrostate di calcite secondaria QZ <i>Quarzarenite:</i> quarzarenite di colore giallastro e grigiastro, leggermente micacea, in genere ben cementata, in banchi e strati intensamente fratturati e talora con una struttura a blocchi, spesso anche debolmente cementata e friabile

Tab. III - Classificazione geologica dei terreni presenti lungo il tracciato di progetto

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

5.1 TERRENI DI COPERTURA OLOCENICI

Presenti lungo tutto il tracciato, sono stati rinvenuti con tutti i sondaggi meccanici eseguiti con spessori variabili. Sono costituiti da terreni olocenici continentali di diversa origine. Vi si distinguono:

Terreni di riporto R

Terreni di riporto storici, recenti ed attuali R

Poiché il tracciato della metropolitana attraversa aree densamente e diffusamente urbanizzate i terreni di riporto sono presenti lungo tutto il tracciato con spessori variabili in relazione alle modificazioni antropiche dei siti. Essi comprendono, pertanto, i terreni di riporto storici presenti nelle antiche depressioni del Kemonia, del Papireto e del fossato cinquecentesco e quelli più recenti, postbellici ed attuali, diffusi nell'area urbanizzata e sulle sponde del F. Oreto dopo la canalizzazione. Si tratta di materiali molto eterogenei, costituiti di sabbia, talora limosa o debolmente limosa, e limo sabbioso, di colore da brunastro e rossastro a giallo-biancastro, contenenti in maniera varia e disordinata elementi lapidei informi centimetrici e decimetrici di natura eterogenea, frammenti di laterizi e sfabbricidi. Sono distribuiti in superficie con più o meno continuità e sono stati rinvenuti in quasi tutti i sondaggi meccanici eseguiti con spessori variabili da pochi decimetri ad oltre 7 m. Lungo la linea mediamente si rinvencono con spessori di 1-2 m, mentre in corrispondenza delle depressioni ricolmate del Papireto e del Kemonia e nella valle del F. Oreto si rinvencono con spessori più elevati, che talvolta superano anche i 10 m.

Terreni di recente deposizione RD

Limi rossi residuali LR

Tale tipo di terreno, rinvenuto a copertura dei terreni pleistocenici calcarenitico-sabbiosi, rappresenta l'accumulo dei prodotti residuali originatisi a seguito dell'alterazione superficiale e del disfacimento chimico del substrato ricoperto. Lo spessore è funzione della morfologia del substrato litologico su cui poggia e spesso va ad occupare i vuoti e le fratture presenti nella porzione alterata della formazione sottostante. È costituito di limo sabbioso e sabbia limosa di colore bruno-rossastro con sostanza organica ed elementi calcarenitici e calcarei di forma irregolare e dimensioni da millimetriche a centimetriche; talora, contiene minuti elementi di ghiaia poligenica arrotondati. E' in genere poco consistente, con un contenuto naturale d'acqua maggiore del limite di plasticità. I terreni LR in oggetto sono stati rinvenuti con buona parte dei sondaggi eseguiti al di sotto dei terreni di riporto R, e presentano spessori mediamente pari ad 1-2 m.

Detrito di falda Dt

Comprende le coperture detritiche deposte ai piedi delle pendici rocciose di San Ciro presenti in prossimità dell'area del deposito. Originatosi dall'accumulo a valle, in zona pedemontana, dei prodotti della degradazione meccanica e del disfacimento degli ammassi carbonatici affioranti lungo le pendici rocciose a monte, è costituito da un deposito caotico e privo di

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

struttura, in cui sono presenti limo sabbioso di colore bruno-rossastro con frammenti e blocchi calcarei, sabbia biancastra con frammenti calcarei, blocchi e frammenti calcarei prevalenti con spalmature di limo rossastro. Lo spessore è mediamente dell'ordine di 5-6 m.

Alluvioni antiche e recenti del F. Oreto

Comprendono i depositi alluvionali a grana fina e grossa presenti nel fondovalle attuale del F. Oreto e nel paleoalveo e le alluvioni terrazzate poste a quota più elevata dell'alveo attuale in zona Perez-Bergamo. Sono costituite di:

Alluvioni a grana fina **ALf**

Si tratta di sabbia a grana da fina a media, limosa e debolmente limosa, e limo, da argilloso a sabbioso, di colore bruno-grigiastro e giallastro, variamente addensati, a tratti con presenza di torba e con più o meno frequenti elementi di ghiaia poligenica a spigoli arrotondati di dimensioni pari a qualche centimetro al massimo.

Alluvioni a grana grossa **ALg**

Si tratta di ghiaia poligenica centimetrica e decimetrica a spigoli arrotondati frammista ad una matrice sabbiosa più o meno grossolana, talora debolmente limosa, di colore bruno-giallastro e grigiastro, passante a sabbia da media a grossa con ghiaia.

Le indagini eseguite evidenziano nella valle del F. Oreto e nel paleoalveo la netta prevalenza di depositi alluvionali sabbioso-limosi ALf fino a profondità di oltre 40 m dal p.c., mentre ghiaie e sabbie ALg vi si intercalano subordinatamente con lenti e livelli di spessore metrico in relazione alle variazioni temporali del regime idraulico del corso d'acqua.

Alluvioni antiche dei paleoalvei Kemonia e Papireto

Comprendono i depositi alluvionali antichi prevalentemente sabbiosi e limosi presenti nelle paleovalle ricolmate dei F. Kemonia e Papireto, con talora lenti sabbioso-ghiaiose. Più in particolare, vi sono compresi:

Sabbie limose **SL**

Si tratta di sabbia limosa o debolmente limosa SL di colore grigio e grigio-nerastro, da scarsamente a mediamente addensata, torbosa, a zone maleodorante, con frustoli carboniosi e sostanza organica, più o meno rari elementi di ghiaia poligenica a spigoli arrotondati, frammenti di fossili rimaneggiati, ossa di animali, frammenti legnosi carbonizzati e frammenti di laterizi.

Limi organici **LO**

Le sabbie limose SL passano lateralmente a spesse sequenze di limo e limo sabbioso LO o debolmente sabbioso di colore bruno e grigio scuro, plastico e scarsamente consistente, a

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

zone torboso, talora maleodorante, con sostanza organica e frammenti fossili rimaneggiati.

Sabbie e ghiaie Sgg

Comprendono delle sporadiche lenti di alluvioni grossolane antiche intercalate nella sequenza di sabbie SL e limo LO. Lo spessore è dell'ordine di qualche metro al massimo e sono costituite di sabbia a grana media e grossa, talora debolmente limosa, di colore giallo-biancastro con ghiaia poligenica da millimetrica a decimetrica a spigoli arrotondati e subarrotondati, talora anche appiattiti, passante a ghiaia poligenica in matrice sabbiosa.

I terreni in oggetto si riscontrano nel tratto di Via Roma compreso tra Via Divisi e P.zza San Domenico fino a profondità che talvolta superano i 20 m dal piano stradale.

5.2 COMPLESSO CALCARENITICO-SABBIOSO-ARGILLOSO QUATERNARIO DELLA PIANA DI PALERMO

I depositi quaternari della Piana di Palermo sono presenti diffusamente lungo l'intero tracciato di progetto. Essi sono presenti nelle tre litofacies calcarenitico-sabbiosa, argilloso-sabbiosa e conglomeratico-ghiaiosa.

Litofacies calcarenitico-sabbiosa LCS

La litofacies calcarenitico-sabbiosa, riscontrata immediatamente al di sotto dei terreni di copertura, comprende una grande varietà di tipi litologici, ciascuno con differenti caratteristiche fisiche e macrostrutturali e con caratteristiche meccaniche che variano da quelle tipiche dei materiali incoerenti a quelle delle rocce lapidee. Il riconoscimento delle sequenze verticali dei vari tipi di materiale è spesso difficile ed incerto per la difficoltà di estrarre con le perforazioni carote integre in un terreno spiccatamente eterogeneo. Pertanto, ciò che guida nell'identificazione dei vari tipi di materiale lungo le carote di sondaggio estratte è l'esperienza dell'operatore ed il continuo raffronto con le caratteristiche osservabili nell'ammasso roccioso in posto lungo i fronti di scavo.

Nell'ambito della litofacies in oggetto sono identificabili i seguenti tipi litologici:

Calcarenite alterata CLa

Presente per ampi tratti più o meno discontinui nell'area studiata, comprende i terreni di alterazione superficiale della formazione calcarenitica, giacenti al tetto di quest'ultima con spessori di qualche metro al massimo. Si tratta di calcarenite di colore bruno-biancastro e giallastro o rossastro, alterata e sfaticcia, in frammenti misti a sabbia bruno-rossastra con spesso spalmature o impregnazioni di limo bruno-rossastro residuale.

Calcarenite bioclastica CL

Trattasi di calcarenite organogena a grana da media a fina di colore biancastro e giallastro, a zone vacuolare. E' costituita di clasti carbonatici e bioclasti legati da cemento calcitico che occupa i vuoti intergranulari, riveste i granuli o riempie le cavità interne dei fossili. Il grado di

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

cementazione è variabile, per cui si presenta da ben cementata e a consistenza lapidea, ma sempre alquanto porosa, a debolmente cementata, tenera e talora friabile. Si presenta spesso stratificata, con giacitura suborizzontale, in strati di spessore centimetrico e decimetrico, con intercalati subordinati sottili livelli sabbiosi. A seguito del debole grado di cementazione e dello stato di intensa fessurazione la calcarenite CL spesso viene campionata in frammenti centimetrici misti a sabbia.

Calcarenite vacuolare CV

Si tratta di calcarenite e calcirudite vacuolare e breccia conchigliare, anch'essa vacuolare, con vuoti di dimensioni centimetriche. È in genere ben cementata, con distribuzione irregolare del cemento calcareo. La giacitura è in lenti o in sottili strati di spessore massimo pari a qualche metro.

Calcarenite nodulare CN

Si tratta di calcarenite a grana medio-fina di colore giallastro e biancastro, caratterizzata da una struttura a noduli ben cementati di forma irregolare e dimensioni centimetriche e decimetriche. I noduli sono in contatto lungo superfici poco estese e fra loro strettamente interconnessi o concatenati ed i contatti non sono cementati; gli spazi internodulari sono occupati da sabbia giallastra e l'associazione sabbia-noduli risulta variabile in dipendenza della frequenza relativa di noduli rispetto alla sabbia.

Sabbia calcarenitica SC

Presente diffusamente lungo il tracciato di progetto, si rinviene in genere sottostante alle calcareniti CL o CN o intercalata in livelli decimetrici o metrici nelle loro sequenze. Si tratta di sabbia a grana medio-fina, talora limosa o debolmente limosa, di colore da biancastro a giallo ocra, a volte debolmente cementata o mediamente addensata, più frequentemente sciolta, con più o meno rari noduli calcarenitici ben cementati di forma irregolare e/o sottili livelli calcarenitici ben cementati, spesso campionati in frammenti centimetrici.

Sabbia con ghiaia SG

Si tratta di sabbia con ghiaia rinvenuta in livelli lenticolari di spessore dell'ordine di qualche metro. E' costituita di sabbia a grana grossa e media, talora debolmente limosa, di colore giallastro e biancastro, in genere scarsamente addensata, con ghiaia poligenica millimetrica e centimetrica a spigoli arrotondati e in qualche caso con più o meno rari livelli calcarenitici di spessore centimetrico.

Il complesso dei depositi calcarenitico-sabbiosi, costituito dai litotipi CL, CV, CN, SC, SG è stato riscontrato lungo tutto il tracciato di progetto. Lo spessore è variabile dai 5-6 m ad oltre 30. I singoli intervalli di terreni CL, CV, CN, SC, SG presentano spessori da pochi decimetri ad oltre 10 m circa. Si osserva in generale una prevalenza delle sequenze CL al tetto della formazione con spessori di 8-15 m circa. Le sabbie SC sono, invece, prevalenti nella parte bassa della sequenza calcarenitico-sabbiosa, in genere sottostanti alle calcareniti CL e CN, e presentano spessori variabili da qualche metro fino ad 8-10 m, mentre in alcuni tratti lo

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

spessore può diventare molto più elevato, visto che sono state rinvenute sino a profondità di oltre 20 m dal p.c. Le sequenze CL e CN presentano, inoltre, frequenti intercalazioni sabbiose SC di spessore che raramente supera il metro, mentre le sabbie SC presentano sottili intercalazioni di calcareniti CL o CN. Per le sequenze CL, CV, CN, SC, SG si tratta in generale di intercalazioni lenticolari in alternanza, che si susseguono casualmente e vicendevolmente in senso verticale, senza apparente ordine logico, mentre lateralmente fanno passaggio l'uno all'altro con rapporti di interdigitazione.

Litofacies argilloso-sabbiosa LAS

La litofacies argilloso-sabbiosa, sottostante alla precedente calcarenitico-sabbiosa, risulta costituita dai seguenti litotipi:

Limo sabbioso giallastro LSa

Si rinviene nella parte più alta del deposito e rappresenta la porzione alterata e ossidata dei limi grigi sottostanti. Si tratta di limo sabbioso e argilloso di colore bruno giallastro e grigio-giallastro, talora rossastro, a zone plastico e poco consistente, con venature grigiastre, frustoli carboniosi e talora rari frammenti o noduli calcarenitici, sottili lamine o noduli di sabbia giallo-ocracea e frammenti fossiliferi.

Sabbia giallastra Sa

Si rinviene anch'essa nella parte più alta del deposito e rappresenta la porzione alterata e ossidata delle sabbie grigie sottostanti. Si tratta di sabbia e sabbia fina da limosa a debolmente limosa di colore bruno-giallastro, a zone più o meno plastica, contenente nuclei di sabbia ocracea ossidata, spalmature di limo grigio, frustoli carboniosi nerastri e tritume fossilifero.

Sabbia grigia S

Si tratta di sabbia fina, spesso limosa o debolmente limosa e/o argillosa, di colore grigio e grigio verdastro, fossilifera, passante talora a livelli di argilla sabbiosa grigia. La sequenza sabbiosa può presentare talvolta sostanza organica e frustoli carboniosi, mentre il contenuto fossilifero è dato prevalentemente da frammenti di conchiglie distribuiti in maniera uniforme nella massa sabbiosa o addensati in sottili lenti. Nella massa sabbiosa, inoltre, possono rinvenirsi sottili livelli centimetrici di ghiaia o rari livelli di calcarenite.

Limo sabbioso grigio LS

Si tratta di limo sabbioso o debolmente sabbioso, di colore grigio e grigio-verdastro, contenente tritume fossile e rare conchiglie. Giace in genere in lenti di spessore variabile intercalato nel deposito delle sabbie S o al tetto delle medesime o, ancora, lateralmente alle sabbie in eteropia di facies.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Calcarenite grigia **SCE**

Si riscontra in rare lenti di spessore metrico intercalata nelle sabbie grigie S ed è costituita di calcarenite fossilifera e breccia conchigliare di colore grigio più o meno cementata.

I terreni della litofacies in oggetto, Sa, S, LSa, LS si rinvencono in prevalenza nel tratto Svincolo Oreto-P.zza S. Domenico ed in zona Notarbartolo. Essi si riscontrano a profondità variabili da pochi metri al oltre 30 dal pc. Gli spessori più elevati, di diverse decine di metri, si hanno laddove il substrato argilloso-quarzarenitico numidico è più profondo, mentre sono assenti laddove si hanno zone di alto strutturale di quest'ultimo. Giacciono stratigraficamente sottostanti alle sabbie calcarenitiche SC, alle quali passano in senso verticale con rapporti di alternanza o con le quali possono essere nella parte alta in rapporti di eteropia di facies con passaggi laterali interdigitati. All'interno del deposito, inoltre, la distribuzione dei livelli S ed LS in senso verticale e laterale è del tutto casuale ed i passaggi nei due sensi possono essere gradualmente, ma spesso anche interdigitati lateralmente. Nelle sequenze sabbiose S possono rinvenirsi, inoltre, livelli e lenti, di spessore da decimetrico a metrico, di argille sabbiose grigio-verdastre o azzurre fossilifere e lenti sottili di calcarenite grigia fossilifera ben cementata SCE.

Litofacies conglomeratico-ghiaiosa **LCG**

E' stata riscontrata con le indagini acquisite o eseguite intercalata tra i terreni calcarenitico-sabbiosi o argilloso-sabbiosi ed il substrato argilloso-quarzarenitico numidico. Essa costituisce il deposito basale della trasgressione marina che diede origine a tutto il complesso detritico quaternario della Piana di Palermo e si rinvia poggiante in discordanza sul tetto del substrato argilloso-quarzarenitico numidico, in forma di sottili lenti discontinue e di esigua estensione areale. E' costituita di sabbie e ghiaie, talvolta associate ad argille rimaneggiate provenienti dalle argille numidiche presenti lungo la linea di costa, erose dal mare quaternario in fase di ingressione, e delle quali alcuni lembi potevano franare nella zona di spiaggia ed intercalarsi alle sabbie e ghiaie. Più in particolare vi si possono riscontrare i seguenti tipi litologici:

Ghiaia con sabbia **GH**

Si tratta di ghiaia poligenica, prevalentemente quarzarenitica, a spigoli arrotondati e subarrotondati, spesso anche appiattiti, frammisti ad una matrice argillosa e limosa di colore grigiastro.

Sabbia e ghiaia **Sg**

Si tratta di sabbia e sabbia grossa, a zone debolmente limosa, di colore giallastro e grigiastro con elementi di ghiaia poligenica a spigoli arrotondati e appiattiti di dimensioni millimetriche e centimetriche e talora con tritume fossilifero, frammenti calcarenitici e passaggi a zone di argilla rimaneggiata grigiastra.

Argilla rimaneggiata con ghiaia **AR**

Si tratta di argilla di colore bruno e grigio con venature ocracee per ossidazione, alterata e

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

rimaneggiata, plastica o con tessitura brecciata e con elementi di ghiaia a spigoli arrotondati e appiattiti; nella sequenza presenta passaggi ad intervalli di argilla grigia più o meno compatta con tessitura a scaglie.

5.3 COMPLESSO ARGILLOSO-QUARZARENITICO OLIGO-MIOCENICO (FLYSCH NUMIDICO) CAQ

I terreni del complesso in oggetto fanno da substrato ai depositi pleistocenici calcarenitico-sabbiosi o argilloso-sabbiosi e sono caratterizzati dai seguenti tipi litologici:

Argilla alterata AMG

Costituisce la fascia di alterazione superficiale delle argille numidiche ed è costituita di argilla marnosa e siltosa alterata, di colore bruno tabacco, contenente patine di ossidazione ocracee e caratterizzata da un contenuto naturale d'acqua in genere elevato, tuttavia non superiore al limite di plasticità. Spesso è presente una parvenza della originaria tessitura a scaglie o brecciata. Lo spessore è pari a qualche metro al massimo.

Argilla a scaglie AB

Si tratta di argilla e argilla marnosa, talora debolmente siltosa, di colore grigio plumbeo, contenente subordinati livelli quarzarenitici e quarzosiltitici campionati in frammenti. Si tratta di terreni strutturalmente complessi con tessitura a scaglie o talvolta brecciata. Spesso le scaglie sono minute, variamente orientate, da debolmente a ben serrate, con superfici a tratti lucide, talora sono più grosse a consistenza marnosa o siltitica e di forma prismatica. Nell'ammasso argilloso si rinvengono spesso giunti variamente orientati, subverticali ed inclinati, con superfici lucide e striate, perfettamente chiusi e di notevole persistenza.

Argilliti e siltiti ARL

Nell'ammasso di argille a scaglie AB sono frequenti passaggi ad argilliti di colore grigio-plumbeo con tessitura a scaglie prismatiche minute, passanti a siltiti argillose grigie, da dure e compatte, a consistenza marnosa e frattura concoide, a fragili e fissili con rottura in scaglie prismatiche centimetriche; presentano superfici di discontinuità variamente orientate, subverticali o inclinate tra 45 e 80°, con superfici lucide e striate o talora incrostate di calcite secondaria.

Quarzarenite QZ

Si tratta di quarzarenite e quarzosiltite giallastra e grigiasta, leggermente micacea, talora con strutture gradate, giacente in strati e banchi, di spessore da decimetrico a metrico, intensamente fratturati intercalati nelle argille AB. La quarzarenite è in genere ben cementata e di aspetto francamente lapideo, dura e compatta; talvolta in qualche livello di spessore variabile si può presentare scarsamente cementata e di aspetto friabile o sottoforma di una sabbia quarzosa sciolta a granulometria uniforme.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

I terreni del complesso argilloso-quarzarenitico in oggetto sono stati raggiunti con le indagini geognostiche eseguite nel tratto compreso tra P.zza San Domenico e la Stazione Notarbartolo, in corrispondenza del quale si hanno zone di alto morfostrutturale del substrato numidico. Quest'ultimo risulta dislocato da una serie di faglie subverticali, per cui viene riscontrato a profondità variabili, dagli oltre 30 a pochi metri dal piano stradale e fino a subaffiorare al di sotto dei terreni di riporto in zona Politeama. Le sequenze riscontrate con i sondaggi evidenziano tratti in cui prevalgono le argille a scaglie AB con sporadiche intercalazioni di strati quarzarenitici, tratti in cui prevalgono argilliti e siltiti ARL con subordinate intercalazioni di argille AB e quarzareniti QZ e tratti in cui si hanno sequenze ritmiche dei tre termini AB, ARL, QZ in livelli con spessori e percentuali variabili. Tali terreni, inoltre, spesso presentano al tetto una fascia di alterazione AMG di spessore pari a qualche metro al massimo.

6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

6.1 PREMESSA

Nella carta geomorfologica a scala 1/2000, di cui all'elaborato MPA1 PP GEO IN GM 01-06 2, è rappresentato l'assetto geomorfologico dei terreni presenti lungo il tracciato di progetto ed un suo intorno significativo ampio almeno 400-500 m a cavallo della linea. In tale carta il territorio è stato suddiviso in aree omogenee per quanto riguarda i caratteri litologici e morfologici, i quali, insieme, costituiscono due fattori di base che condizionano l'evolversi della dinamica geomorfologica. Per esse si fornisce una valutazione sulle condizioni generali di stabilità e sul comportamento dei terreni per quanto riguarda la stabilità dei fronti di scavo. A questa zonizzazione areale del territorio nella carta si aggiunge, con una simbologia areale o puntuale, tutta una serie di informazioni circa gli aspetti geomorfologici locali connessi con il modellamento naturale e con il modellamento antropico, che nel tempo ha modificato la morfologia di superficie (ad es. colmata dei paleoalvei) ed ha creato, altresì, modificazioni nella continuità spaziale del sottosuolo attraverso la realizzazione di cavità ipogee destinate ad usi diversi. Infine, vengono riportate le aree classificate a rischio idrogeologico nell'ambito dell'Aggiornamento del Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico di cui al Decr. A.R.T.A. n. 721 del 30.06.2004.

Il tracciato della metropolitana in progetto, della lunghezza di circa 6.5 Km, attraversa in senso longitudinale la Piana di Palermo, nel settore compreso tra la località San Ciro-Oreto e la zona centrale della città, in corrispondenza della Stazione Ferroviaria Notarbartolo. Di tale area vengono di seguito illustrate le caratteristiche geomorfologiche più significative con riguardo alla evoluzione geomorfologica generale dell'area palermitana, alle caratteristiche geomorfologiche peculiari del territorio, ai processi in atto e loro tendenze evolutive, alle caratteristiche di pericolosità e rischio idrogeologico.

6.2 EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO PALERMITANO

L'inizio dell'evoluzione geomorfologica del territorio palermitano può farsi risalire alla fine del Pliocene Inferiore, quando inizia l'emersione dell'edificio a falde impilate dalla precedente tettonica compressiva mio-pliocenica.

Alla fine della fase compressiva si instaura un regime tettonico distensivo, caratterizzato da

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

faglie dirette ad alto angolo o a geometrie listriche, a forte rigetto, talvolta impostate su preesistenti faglie inverse. Tali strutture hanno svolto un forte controllo sull'evoluzione geomorfologica del territorio determinando l'altitudine e l'andamento morfologico dei rilievi, la cui individuazione è stata poi completata dall'erosione morfoselettiva dei differenti tipi litologici.

In corrispondenza della attuale Piana si configura la depressione strutturale in cui affiora il tetto del substrato argillo-marnoso oligo-miocenico, il cui andamento morfologico doveva essere alquanto irregolare, quale risultato della tettonica disgiuntiva tardo-pliocenica che ha dato luogo a nette rotture di pendenza e a gradini morfostrutturali.

Il regime tettonico distensivo, che si protrae fino a tutto il Pliocene Sup., viene sostituito a partire dal Pleistocene Inf. da una generale tendenza, protrattasi sino all'Attuale, a lenti e gradualmente movimenti di sollevamento che continuano a realizzare l'emersione dei Monti di Palermo. Con l'emersione dei rilievi si determina lo smantellamento delle coperture terrigene mio-plioceniche ad opera dei processi erosivi continentali, con la conseguente esumazione per erosione selettiva dei corpi carbonatici e di preesistenti superfici di faglia. Si formano, di conseguenza, scarpate e versanti di linea di faglia. In questo periodo si comincia a delineare una primitiva rete idrografica, iniziano processi di dissoluzione carsica e, probabilmente a seguito di sollevamenti "a scatti", si formano superfici di erosione sub-orizzontali nelle fasi di stasi.

In corrispondenza della Piana, invece, si instaura la morfogenesi marina che genera prima l'ambiente deposizionale di acque più profonde in cui si sedimentano i terreni della litofacies argilloso-sabbiosa e poi l'ambiente di acque basse e agitate (ambiente neritico infralittorale) in cui si sedimentano calcareniti e sabbie, con condizioni mutevoli che si riflettono nella varietà dei vari litotipi, in dipendenza del regime delle correnti apportatrici di materiali sciolti di differente granulometria, della irregolarità morfologica del tetto del substrato e del regime dei paleofiumi.

Nel Pleistocene Medio lungo i rilievi continuano ad esplicarsi i processi morfogenetici prima descritti e, nelle zone costiere, continuano i processi della morfogenesi marina; il mare lambisce i rilievi alle attuali quote di circa 200 m s.l.m.; il M. Gallo e il M. Pellegrino costituiscono due isole separate. La Piana di Palermo appare già individuata ma è ancora sommersa. Le aree costiere saranno abrase dal moto ondoso che, unitamente alle oscillazioni del livello marino, darà origine ai terrazzi presenti alle quote più alte, mentre nelle porzioni più distali si depositano le calcareniti del tardo Pleistocene Inf.. L'ampia estensione della Piana di Palermo è legata quasi certamente alla presenza sul fondo della depressione morfostrutturale di terreni argillosi facilmente erodibili e a lunghi periodi di stabilità del livello marino.

Alla fine del Pleistocene Medio cominciano ad alternarsi condizioni climatiche caldo-umide favorevoli allo sviluppo di processi pedogenetici e carsici, con produzione di suoli del tipo "terre rosse", e fresco aridi favorevoli a processi eolici, che comportano l'accumulo di potenti dune da ostacolo depositate lungo i versanti che delimitano la Piana costiera. Nello stesso periodo i rilievi sono interessati dai processi di degradazione che hanno dato luogo ad accumuli detritici alla base dei pendii.

All'inizio del Pleistocene Sup. la distribuzione dei rilievi e la piana costiera appaiono ben delineati e non molto dissimili da quelli attuali. Nella piana continuano i processi della morfogenesi marina e i processi di erosione eolica, mentre il ruscellamento lungo i rilievi determina la formazione di depositi colluviali. Nel contempo le poche aree sommerse sono interessate dalla deposizione tirreniana, come evidenziato in prossimità delle coste attuali

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

(per esempio a Sferracavallo).

Alla fine del Pleistocene Sup. si registra una variazione negativa del livello del mare che si porta a profondità di 120-130 m rispetto all'attuale, mentre condizioni climatiche fresche consentono lo sviluppo di intensi processi di degradazione dei versanti e la formazione delle falde detritiche; durante brevi intervalli più caldi si verifica la formazione di suoli che attualmente si rinvengono intercalati nelle successioni detritiche.

Nell'Olocene, con il definitivo instaurarsi di condizioni climatiche più calde, la linea di costa si stabilizza alle quote attuali e nel contempo si configura la rete idrografica nella piana emersa, incisa nel deposito calcarenitico-sabbioso pleistocenico. Dopo l'insediamento antropico, i processi morfogenetici sono prevalentemente connessi alle attività costruttive e all'utilizzazione del territorio.

6.3 ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO INTERESSATO DALL'OPERA

L'area attraversata dalla linea metropolitana in progetto interessa un ampio settore della Piana di Palermo nel quale insistono parte del centro storico e zone di più recente espansione.

La morfologia attuale della Piana di Palermo, caratterizzata da una generale regolarità, con pendenze dell'ordine del 10-15 %, rappresenta il risultato sia dell'azione del mare quaternario che di quella dei corsi d'acqua che la incidavano più o meno profondamente, nonché dell'attività antropica che ha utilizzato variamente il territorio.

Nella piana urbanizzata attraversata dal tracciato di progetto gli elementi più significativi che caratterizzano il territorio sotto il profilo geomorfologico sono connessi, pertanto, alla rete idrografica antica ed attuale ed alla presenza di cavità ipogee.

6.3.1 La rete idrografica antica ed attuale

Le antiche vallate dei Fiumi Kemonia e Papireto, ricolmate in tempi storici, ma che hanno lasciato tracce morfologiche nel vecchio tessuto urbano di Palermo, e quella attuale del F. Oreto costituiscono l'elemento morfologico dominante che caratterizza la Piana di Palermo nel settore studiato.

L'antico nucleo urbano di Palermo venne insediato su un'area di forma pressoché ellittica, con l'asse maggiore orientato in senso E-W e coincidente con l'attuale Corso Vittorio Emanuele. Quest'area risultava delimitata dai due antichi corsi d'acqua, Kemonia a Sud e Papireto a Nord, che riversavano le loro acque nell'attuale Cala.

Il Kemonia, detto anche Fiume del Maltempo o d'Inverno, aveva origine nell'attuale Parco di Villa d'Orleans, dove esisteva un'emergenza nella Fossa della Garofala, oggi non più apprezzabile nella primitiva ampiezza per le opere di canalizzazione del torrente e per l'esecuzione di opere di rinterro che hanno modificato la morfologia della zona. Questo corso d'acqua delimitava a sud l'antica Palermo punico-romana e raggiungeva il mare, che a quell'epoca lambiva l'attuale via Roma, attraverso un breve percorso che oggi coincide con le vie Castro, Ponticello, Calderai. La sua vallata doveva avere un'ampiezza notevole, ma il suo sviluppo longitudinale era molto breve; molto ristretto doveva essere l'alveo attivo del torrente. Molte grotte e cavità, che ancora oggi possono osservarsi lungo i fianchi gradonati del Kemonia, vennero adattate dall'uomo nel periodo paleocristiano.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Il Papireto o Fiume della Conceria aveva origine nella grande depressione di Denisinni ed arrivava al mare attraverso la depressione ancora oggi identificabile nel centro storico nelle Piazze San Cosimo, Monte di Pietà, S. Onofrio, Caracciolo. Questa depressione limitava a Nord la città punico-romana, per la quale costituiva un fossato naturale. Oggi la depressione di Denisinni si presenta come una conca a fondo piatto con orli ripidi lungo cui sono visibili alcune grotte adattate dall'uomo.

In seguito la Città si è sviluppata oltre il Kemonia ed il Papireto, fino a raggiungere l'attuale configurazione del centro storico, e poi si è espansa oltre la cinta muraria, in direzione nord fino verso la Piana dei Colli, a sud oltre il Fiume Oreto, ad est fino a lambire le pendici carbonatiche dei rilievi che circondano la Conca d'Oro, per cui l'azione antropica, con nuovi tagli stradali, modificazioni morfologiche per adeguare le altimetrie stradali, modificazioni alla rete idrografica, etc., ha modificato nel tempo l'antica morfologia dell'area urbana di Palermo.

Una delle modificazioni morfologiche più consistenti nel centro storico di Palermo è data dalla sistemazione dei corsi d'acqua Kemonia e Papireto e dal ricolmamento dei loro alvei e fosse originarie a seguito delle continue e frequenti alluvioni nel periodo 1400-1600. Dopo l'alluvione del 1597 le acque del Kemonia furono deviate nel Fiume Oreto, che scorre più a sud del centro storico. Con la nuova alluvione del 1666 si dette inizio ai lavori di costruzione dei cosiddetti "fossati dei Maltempo" al di là delle mura meridionali, che avevano origine nella attuale Fossa della Garofala e giungevano sino al mare. I lavori di bonifica del Papireto, iniziati invece nel 1489, furono portati a termine nel 1591; le acque di quest'ultimo furono convogliate a mare attraverso un condotto sotterraneo posto ad 8 metri sotto il piano campagna.

Inoltre, nel secolo XVI venne rafforzato il sistema difensivo di Palermo con una cinta muraria, il cui elemento fondamentale era costituito dal bastione di forma pentagonale, integrata con un grande fossato largo circa 25m e profondo circa 6-10 m. Tali opere di difesa caddero in disuso nel secolo XVIII ed il fossato cinquecentesco venne ricolmato e la cortina muraria e i bastioni per buona parte abbattuti.

Successivamente nuove strade suburbane ed oggi urbane vennero costruite dove prima era il fossato (Via Lincon, Corso Tukory, Piazza Indipendenza, Corso Alberto Amedeo, Via Volturmo, Via Cavour).

Oggi le testimonianze di tali modificazioni morfologiche sono riscontrabili nel sottosuolo in quanto hanno creato delle discontinuità nell'assetto geologico del sottosuolo con la presenza dei materiali di riempimento in sostituzione dell'originario deposito calcarenitico-sabbioso pleistocenico.

Anche la configurazione della rete idrografica attuale nella Piana è il risultato delle numerose modificazioni naturali ed artificiali avvenute anche in tempi recenti a seguito di opere di bonifica. Il corso d'acqua attuale più importante è il F. Oreto, che dalle pendici dei monti tra Monreale ed Altofonte attraversa la Piana di Palermo solcando con direzione SW-NE la periferia meridionale della Città. Nel tratto terminale urbano il fiume scorreva divagando nella Piana di Palermo. Testimonianze di queste passate divagazioni si rilevano nel tratto terminale urbano, dove il corso d'acqua presentava, prima della canalizzazione, andamento sinuoso e a tratti meandriforme. Successivamente, a seguito delle continue e frequenti esondazioni, specialmente nel tratto prossimo alla foce, che hanno più volte danneggiato il Ponte Ammiraglio, oltre che le campagne e le infrastrutture esistenti, il Fiume Oreto ha subito successive modificazioni artificiali consistenti sostanzialmente nella canalizzazione, con esclusione del ponte Ammiraglio, e nella colmata con materiali di risulta delle anse abbandonate.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

6.3.2 Le cavità ipogee

Un altro elemento geomorfologico importante per la Piana di Palermo consiste nella diffusa presenza di cavità naturali ed artificiali nel sottosuolo, che condizionano notevolmente, il comportamento dei terreni di fondazione.

Le cavità naturali, di varie dimensioni e forma, si sono prodotte nel tempo dal lungo fluire di acque sotterranee nella formazione calcarenitica e presentano una distribuzione irregolare. Nella maggior parte dei casi tali cavità hanno forma lenticolare, come riscontrato nel sottosuolo di Corso Tukory, e si sono originate a causa delle acque circolanti che asportavano localmente gli intervalli sabbiosi della formazione lasciando i vuoti tra un bancone e l'altro di calcarenite ben cementata.

Tra le cavità antropiche sono da citare i qanat, ossia antichi acquedotti del periodo arabo, scavati secondo lunghe gallerie debolmente inclinate, larghe non più di 40 cm ed alte circa 3-4 m, poste a profondità tali da intercettare la falda idrica; tali gallerie avevano la funzione di convogliare le acque dalle campagne verso la città.

Altre cavità antropiche nel sottosuolo di Palermo sono date da antiche cave di pietra in galleria (muchate) risalenti al periodo arabo. Tali cave iniziavano con lo scavo di una grande fossa di servizio e dal fondo di essa si penetrava nel sottosuolo attraverso gallerie orizzontali, le cui volte sono sostenute da pilastri quadrangolari, che seguivano l'andamento degli strati calcarenitici idonei. Oggi si rinviene un labirinto di lunghe gallerie disposte su uno o due livelli e le acque di falda rappresentano il limite massimo dello sfruttamento. I dati oggi disponibili consentono di delimitare alcune zone in città dove esse sono maggiormente diffuse e, precisamente, nella zona settentrionale tra M. Pellegrino, Via E. Restivo e P.zza Ucciardone; altre sono localizzate nella Zona Oreto, le quali si sviluppano tra Corso Tukory e Via Monfenera fino a raggiungere il cimitero di S. Spirito. Infine, pare che altre cave siano diffuse nella zona compresa tra Via P.pe di Palagonia e Via Leonardo da Vinci.

Ancora vari tipi di cavità sono riscontrabili nel sottosuolo di Palermo, quali pozzi a pianta circolare o quadrata o ancora rettangolare, cavità a imbuto, le quali, con una stretta imboccatura a pozzo, lunga qualche metro, si allargano in un'ampia cavità sotterranea a forma di imbuto rovescio, in genere di forma circolare e diametro pari a diversi metri, cavità cilindriche a pozzo o caverne. Si tratta per tutte di cavità di natura antropica il cui utilizzo è attribuibile a svariate funzioni quali pozzi idrici, granai, zone di estrazione di materiali per l'edilizia o altro ancora.

Con riguardo al tracciato della linea metropolitana in progetto è stata effettuata una ricerca storico-bibliografica sulle cavità ipogee. Si sono consultate alcune recenti pubblicazioni sul sottosuolo di Palermo redatte da P. Todaro, nonché i dati in possesso della Sovrintendenza ai BB.CC. e AA. recentemente pubblicati in un volume "Palermo sotterranea" a cura di D. Gueli. Più in particolare, è stato effettuato un censimento delle cavità più prossime al tracciato di progetto; di esse ne viene indicato l'ingresso, laddove noto, ed un elenco numerato ne viene riportato in planimetria.

Complessivamente le aree in cui è diffusa la presenza di cavità in prossimità del tracciato è compresa nel tratto tra le zone Oreto-Perez e Via Terrasanta. Si tratta essenzialmente di cavità di natura antropica tipo cripte, cave storiche sotterranee, cavità ad imbuto, cilindriche, a pozzo, gallerie varie.

Non si conosce nella zona la presenza di cavità naturali, né cavità di qualunque tipo sono state riscontrate con i sondaggi eseguiti, a meno di una riscontrata con il sondaggio S1B24

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

eseguito nella parte terminale della tratta funzionale in progetto, in prossimità di Via Sciuti. Si tratta di una cavità di altezza pari a m 3 circa ubicata sottofalda a profondità comprese fra 16 e 19 m dal p.c. Poiché è ubicata sottofalda deve trattarsi di una cavità naturale originatasi molto probabilmente per asportazione delle sabbie SC in seguito ad estrazione forzata di acque sotterranee, come più volte riscontrato nel sottosuolo di Palermo.

Inoltre, con riguardo alle cavità ipogee sono indicate nella carta geomorfologica aree indiziate per la presenza di cave storiche ipogee ma per le quali non si conoscono effettive presenze, né precise ubicazioni. Lungo il tracciato queste aree sono localizzate nel tratto Via Perez-P.zza Giulio Cesare e nel tratto Politeama-Villa Trabia.

6.4 PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO E RELATIVE SITUAZIONI DI RISCHIO IDROGEOLOGICO

Nella porzione di Piana di Palermo studiata i processi di modellamento geomorfologico in atto sono connessi ai processi evolutivi all' interno delle cavità ipogee ed ai fenomeni idraulici connessi alla presenza del Fiume Oreto e dei paleoalvei Kemonia e Papireto.

6.4.1 Cavità ipogee

Le cavità storiche, rinvenute in prevalenza nel tratto P.zza Giulio Cesare-San Domenico (cripte, cavità a imbuto rovescio, a pozzo, cilindriche, etc.), sono cavità di piccole dimensioni i cui effetti sulla superficie urbanizzata sono piuttosto contenuti.

Le cave storiche ipogee rappresentano nel sottosuolo palermitano le cavità di maggiori dimensioni, che possono costituire, invece, elemento di maggior pericolo per le condizioni di stabilità del suolo. Si tratta di cave ipogee sfruttate sin dal periodo arabo (muchate) per il prelievo di materiale lapideo da impiegare nell'attività edilizia. Tali cavità si sviluppano secondo una tipologia a gallerie orizzontali disposte su uno o più livelli, fino a lambire in profondità le acque di falda, o secondo una tipologia a camere e pilastri.

Da quanto riportato in letteratura e dalle valutazioni effettuate in occasione di ispezioni di qualche cavità risultano condizioni critiche per quanto attiene alla stabilità dei pilastri ed alla stabilità interna delle volte, in dipendenza del progressivo decadimento delle proprietà tecniche dei terreni che le contengono. Dalle volte delle cavità si verificano progressivamente crolli di blocchi di svariate dimensioni isolati da superfici di discontinuità (giunti o strati) in seno all'ammasso calcarenitico. Nelle cavità a camere e pilastri, inoltre, si notano processi di schiacciamento dei pilastri, evidenziati da fenomeni di distacco di elementi lastriiformi dalle superfici dei pilastri stessi. All'interno delle cavità, inoltre, si verificano processi di erosione degli interstrati sabbiosi ad opera delle acque di infiltrazione; tracce di erosione e svuotamento delle sabbie si possono osservare lungo le pareti della cavità e lungo le superfici dei pilastri, che così vengono ad assottigliarsi progressivamente fino a perdere la funzione di sostegno.

Tali fenomeni evidenziano all'interno delle cavità una evoluzione attraverso processi di degrado progressivo che si sviluppano lentamente e con continuità nel tempo fino a portare al collasso dei pilastri e di più o meno ampie porzioni delle volte, con grave pregiudizio per la stabilità dei manufatti ricadenti in superficie. Sui fenomeni di collasso delle volte delle cavità possono, infine, influire fattori esterni che vanno dalle azioni sismiche agli interventi antropici in superficie ed in sotterraneo.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Nel caso della valutazione della pericolosità conseguente al collasso di una cavità ipogea non è possibile eseguire valutazioni probabilistiche di ordine temporale; pertanto situazioni di maggiore o minore pericolo possono ricollegarsi alle condizioni di stabilità, la cui valutazione richiederebbe informazioni precise sulla sua esatta posizione nello spazio, sulla sua geometria, sulle caratteristiche puntuali litologiche e geotecniche dei terreni che la contengono, sull'entità dei fenomeni di degrado interno.

In assenza di tali informazioni nell'ambito dell'Aggiornamento del Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico di cui al Decr. A.R.T.A. n. 721 del 30.06.04 le aree indiziate per la presenza di cavità ipogee sono state classificate pericolose ed a rischio non definendone un preciso livello, ma attribuendo a queste aree a rischio indeterminato il significato di "siti di attenzione", intesi come aree su cui approfondire il livello di conoscenza e su cui gli eventuali interventi devono essere preceduti da adeguate approfondite indagini.

6.4.2 Fenomeni idraulici

Situazioni di rischio idrogeologico sono connesse con il rischio idraulico indicato nell'area della valle del Fiume Oreto e nel centro storico tra Via Divisi e Piazza San Domenico.

Nell'ambito dell'Aggiornamento del Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico di cui al Decreto A.R.T.A. n. 721 del 30.06.04 per l'area corrispondente alla zona di fondovalle del F. Oreto è stata individuata una condizione di rischio per fenomeni di esondazione molto elevato R4.

L'area di via Divisi-Piazza San Domenico comprende una zona prossima alle fasce di territorio lungo le quali si sviluppano i paleoalvei del Papireto e del Kemonia che, presentando configurazioni morfologiche tali da favorire la concentrazione dei deflussi di superficie e delle acque zenitali stesse, risulta esposta ad inconvenienti di carattere idraulico conseguenti alla difficoltà di smaltimento in relazione alla consistenza attuale del sistema di drenaggio urbano. Per tale area sono state individuate condizioni di rischio medio R2, per il quale, come è noto, sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

7.1 PREMESSA

Nel presente capitolo viene illustrato l'assetto idrogeologico dell'area attraversata dal tracciato di progetto con riferimento:

- alle caratteristiche degli acquiferi principali e secondari e degli altri complessi impermeabili ed al ruolo che essi rivestono nello schema generale della circolazione idrica sotterranea;
- alle caratteristiche della falda idrica nel territorio palermitano;
- alle interferenze della falda idrica con l'opera da realizzare e degli effetti di tale interferenza sull'ambiente circostante.

La caratterizzazione idrogeologica del territorio si è basata sui dati noti dalla letteratura specialistica, nonché su tutti i dati disponibili riguardanti misure piezometriche relative ai

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

sondaggi acquisiti ed a quelli appositamente eseguiti.

Nella carta idrogeologica, di cui all'elaborato MPA1 PP GEO IN IG 01-06 2 viene rappresentato l'assetto idrogeologico dei terreni presenti lungo il tracciato della linea in progetto ed in un suo intorno significativo comprendente una fascia di territorio a cavallo del tracciato ampia almeno 400-500 m. Più in particolare, sono indicati gli acquiferi principali e le relative direzioni di flusso idrico sotterraneo e viene operata una zonizzazione del territorio lungo il tracciato in base alla profondità della superficie piezometrica dal p.c.

7.2 ACQUIFERI E COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Il territorio palermitano è interessato da una circolazione idrica sotterranea di significativa importanza. Complessivamente si individuano due acquiferi principali, carbonatico e calcarenitico-sabbioso, ed acquiferi di secondaria importanza coincidenti con i depositi superficiali di natura continentale.

Acquifero carbonatico

Rappresenta il principale acquifero dei Monti di Palermo ed è costituito dalle formazioni carbonatiche mesozoiche che costituiscono i rilievi che circondano la Piana e in parte sottoposte all'acquifero calcarenitico-sabbioso nella Piana stessa. La permeabilità è elevata per fessurazione e carsismo. Oltre che fornire acque sotterranee destinate alla dotazione idrica della Città di Palermo, prelevate attraverso diversi pozzi, il suo ruolo idrogeologico è anche quello di alimentare lateralmente la falda idrica contenuta nell'acquifero calcarenitico-sabbioso pleistocenico.

Acquifero calcarenitico-sabbioso

E' costituito di calcareniti e sabbie in banchi suborizzontali o debolmente inclinati. Si estende in quasi tutta la Piana di Palermo. La sua permeabilità è elevata per porosità e nei livelli fortemente cementati può associarsi una permeabilità per fessurazione. Essa è, comunque, legata alla granulometria dei costituenti, al grado di cementazione ed alla presenza o meno di livelli limoso-sabbiosi. Questi livelli talora interrompono la continuità idraulica della falda idrica, in taluni casi conferendole un carattere di artesianità. L'estrema variabilità delle successioni litologiche, il diverso grado di cementazione, la presenza di intercalazioni limoso-sabbiose e di vuoti determinano, quindi, una spiccata anisotropia nei confronti della permeabilità.

Acquifero nei terreni di riporto

Localizzati nelle antiche depressioni dei fiumi Kemonia e Papireto e nel fossato cinquecentesco, i terreni di riporto sono costituiti di frammenti calcarenitici misti a sabbie limose e limi sabbiosi, sabbie nerastre, limi organici, frammenti di terracotta, sfabbricidi e laterizi. Vista la estrema eterogeneità del deposito presentano un grado di permeabilità variabile per porosità. Il ruolo idrogeologico non è significativo, data la limitata estensione; esso tuttavia può favorire l'infiltrazione di acque meteoriche e, visto che è stato utilizzato per colmare le antiche valli fluviali, è quello di drenare in profondità le acque di deflusso superficiale convogliate nelle depressioni morfologiche tutt'ora esistenti in corrispondenza delle paleovalli sepolte.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Acquifero alluvionale

Comprende i depositi alluvionali del Fiume Oreto sabbioso-limoso-ghiaiosi ed i depositi alluvionali prevalentemente sabbioso-limosi dei paleovalvei Kemonia e Papireto, sepolti sotto più o meno spesse coltri di terreno di riporto. La permeabilità è variabile, da bassa, nelle sequenze sabbioso-limose, ad elevata negli intervalli ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi. Esso è sede di una falda idrica di subalveo connessa con il regime idraulico del corso d'acqua.

Acquifero detritico

Si localizza esclusivamente nella zona ove è prevista l'area del deposito, ai piedi delle pendici di San Ciro. E' costituito di elementi lapidei carbonatici più o meno frammisti a sabbia e limo di colore bruno. La cementazione è scarsa. Possiede una permeabilità elevata per porosità ed ha la funzione di drenare e distribuire in profondità sia le acque meteoriche di deflusso superficiale che quelle drenate dal rilievo carbonatico cui è addossato.

Tra i complessi idrogeologici che possono considerarsi degli impermeabili rientrano:

Complesso sabbioso-limoso

Comprende le sequenze di sabbie limose grigie fossilifere e limi sabbiosi grigiastri di età Pleistocene inf. rinvenuti in maniera discontinua al di sotto dei terreni calcarenitico sabbiosi. Tutto il complesso in generale è da ritenersi impermeabile e sostiene, nelle aree dove presente, la circolazione idrica del soprastante complesso calcarenitico-sabbioso costituendone un limite di permeabilità definito. Talora nei livelli più francamente sabbiosi possono rinvenirsi falde idriche sospese a carattere locale e, laddove si hanno alternanze verticali di livelli sabbiosi con livelli limosi o argillosi, può originarsi un acquifero multifalda.

Complesso argilloso-quarzarenitico

E' costituito dalle argille marnose con subordinati livelli arenacei pertinenti alla formazione del Flysch Numidico. Esso costituisce il substrato dell'acquifero presente nel complesso calcarenitico-sabbioso. Trattandosi di terreni a permeabilità molto bassa o nulla, assume il ruolo di limite di permeabilità definito per l'acquifero sovrastante calcarenitico-sabbioso; inoltre essendo caratterizzato nel sottosuolo di Palermo da alti e bassi strutturali, condiziona, con la sua morfologia sepolta, il deflusso delle acque sotterranee. Negli strati e banchi arenacei intercalati può riscontrarsi una permeabilità localizzata medio-alta per fessurazione.

7.3 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

I rilievi carbonatici che circondano la Piana di Palermo rivestono un ruolo idrogeologico determinante sulla circolazione idrica sotterranea e sulla alimentazione della falda idrica avente sede nel complesso calcarenitico-sabbioso quaternario. Negli ammassi carbonatici la circolazione idrica sotterranea è elevata per la fitta rete di fratture e cavità carsiche. Numerose sono le manifestazioni sorgentizie che si localizzano lungo le principali discontinuità tettoniche. La genesi di esse avviene per soglia di permeabilità sottoposta o sovrimposta rappresentata dal complesso argilloso-quarzarenitico a permeabilità molto bassa

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

o nulla (Flysch Numidico) che, in base ai rapporti strutturali, limita idraulicamente l'acquifero carbonatico.

Nella Piana di Palermo, all'interno del complesso calcarenitico-sabbioso, caratterizzato da differenti litofacies con diverso grado di permeabilità, la circolazione idrica avviene in modo irregolare. Il substrato argilloso su cui poggia l'acquifero calcarenitico presenta una morfologia caratterizzata da alti e bassi morfologici, nonché da gradini di origine tettonica. Tali caratteri morfologici, pertanto, assieme ai rapporti strutturali fra gli acquiferi ed alla diversa permeabilità dell'acquifero calcarenitico, impongono le condizioni sul tipo di circolazione idrica sotterranea e sul tipo di deflusso della falda idrica, favorendo degli assi di drenaggio preferenziale. La principale fonte di alimentazione di tale falda idrica è rappresentata dal travaso di cospicue aliquote di risorsa dalla falda dell'acquifero carbonatico.

Gli studi sulla idrogeologia della Piana e sull'andamento delle idroisoipse, in genere pressoché parallele alla linea di costa, evidenziano un generale deflusso sotterraneo da Ovest verso Est, cioè dalle quote più elevate, corrispondenti alle aree di ricarica, verso il mare. Il gradiente idraulico diminuisce con una certa regolarità da Ovest verso Est: nelle zone pedemontane si mantiene su valori dei 4-2% mentre nelle parti più basse della Piana si porta a valori prossimi all'1% o anche meno. L'orientazione preferenziale delle concavità delle idroisoipse, aperte verso valle, identifica un acquifero a falda convergente, mentre l'estrema variabilità del modulo di spaziatura delle curve testimonia un deflusso sotterraneo non uniforme, con direzione variabile localmente in vari punti dell'acquifero.

La profondità della falda idrica dal p.c. in generale varia da pochi metri in vicinanza della costa fino ad un massimo di trenta circa all'estremità interna della Piana e supera i 30 metri, fino oltre 100 m, nelle zone pedemontane e lungo le pendici dei rilievi. Variabilità locali della profondità della falda idrica sono legate a irregolarità morfologiche del substrato argilloso.

Complessivamente la circolazione idrica sotterranea che si svolge nell'acquifero calcarenitico è governata da molteplici fattori: tra questi la irregolare configurazione morfologica del complesso argilloso di base, la presenza di incisioni fluviali e di antichi solchi di alvei abbandonati, oggi colmati con materiali eterogenei di risulta, la presenza del mare a breve distanza, che rappresenta il recapito finale della falda idrica, l'influenza dei contatti tra i terreni della Piana con i rilievi carbonatici circostanti e dei contatti interni fra le varie litofacies dell'acquifero calcarenitico, anisotropo nei riguardi della permeabilità.

Il settore centrale della Piana di Palermo, in sinistra dei F. Oreto, è delimitato verso l'interno dalle strutture carbonatiche di M. Cuccio e Cozzo di Lupo. Nell'unità carbonatica di Monte Cuccio le direzioni preferenziali della falda sono verso la Piana di Palermo, dove si localizza il gruppo sorgentizio dei Gabriele. Più a Nord, invece, l'andamento delle idroisoipse, perpendicolare al margine carbonatico, testimonia un limite a comportamento stagno e quindi a portata nulla. Nella Piana, invece, l'andamento pressoché regolare delle idroisoipse evidenzia un normale deflusso verso mare. La circolazione idrica sotterranea in ogni caso è condizionata dalla morfologia del substrato numidico; il pelo libero della falda si localizza, infatti, in prossimità del tetto di quest'ultimo. Nel centro storico di Palermo è condizionata, altresì, dalla presenza di antichi solchi ricolmati alcuni secoli or sono. La presenza di concavità delle idroisoipse aperte verso valle evidenzia, infatti, la presenza di assi drenanti in corrispondenza dei quali ricadono pozzi di elevata portata.

In destra del F. Oreto, ai margini della struttura carbonatica di Belmonte Mezzagno, le idroisoipse nella Piana si mantengono parallele o poco oblique ai margini dei rilievi carbonatici mesozoici testimoniando la presenza di portate in entrata. Recapiti della falda sono localizzati nelle sorgenti del gruppo Naselli-Ambieri e nel gruppo di San Ciro-Maredolce.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Inoltre, lungo tutto il margine della struttura ricadono una serie di pozzi privati e cunicoli (settore di Viliagrazia, S. Maria di Gesù, Maredolce, Ciaculli) che attualmente sono utilizzati per soddisfare in parte le esigenze idropotabili della città di Palermo. Una tale batteria di pozzi ha bloccato l'alimentazione sotterranea dell'acquifero calcarenitico nella Piana, causando l'impoverimento della falda di quest'ultima ed il prosciugamento di molti pozzi posti a valle di tale margine. Nella Piana si ha, invece, un generale deflusso verso mare evidenziato dall'andamento pressoché regolare delle idroisopse.

7.4 CARATTERISTICHE GENERALI DELLA FALDA IDRICA LUNGO IL TRACCIATO DI PROGETTO

I dati piezometrici acquisiti con le misure effettuate nei piezometri installati (**Tab. IV**) e quelli provenienti dal reperimento dei dati disponibili evidenziano che lungo il tracciato di progetto il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di una falda idrica avente sede nell'acquifero calcarenitico-sabbioso.

La direzione di flusso della falda è orientata verso mare. La superficie piezometrica si localizza a profondità variabile tra pochi ed oltre 10 metri dal p.c.

L'andamento morfologico di essa è abbastanza regolare, modellato sulla morfologia sepolta del substrato argilloso-quarzarenitico oligo-miocenico o argilloso-sabbioso pleistocenico. Variabilità a carattere locale si riscontrano in zona F.Oreto e in zona paleoalvei, che funzionano da assi drenanti, nonché in corrispondenza di alti strutturali subaffioranti del numidico. Inoltre, modeste variazioni localizzate nei terreni calcarenitico-sabbiosi possono essere dovute a variazioni locali delle caratteristiche di permeabilità dei terreni.

Per quanto riguarda eventuali interferenze fra falda idrica ed opere in progetto si osserva che le gallerie alle quote di progetto sono sempre sottofalda e che esse intercettano in senso normale le direzioni di flusso della falda, che sono orientate verso mare.

8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Il territorio comunale di Palermo con la precedente normativa risultava incluso nell'elenco delle località sismiche di II categoria, cui si attribuiva un grado di sismicità $S=9$, allegato alla Legge 25/11/1962 n. 1684 e successive modificazioni. Con la nuova classificazione sismica della Regione Siciliana risulta incluso nell'elenco dei Comuni classificati sismici in Zona 2 di cui alla Delib. G.R. n. 408 del 19/12/2003, di recepimento ed attuazione dell'Ord. P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003.

La città di Palermo in tempi storici è stata ripetutamente interessata da sismi che hanno causato talvolta danni alle strutture abitative più vecchie e fatiscenti ed i cui epicentri sono collegati alle aree sismogenetiche del Belice, della Catena Costiera Siciliana (Madonie e Nebrodi) e del Tirreno meridionale. I terremoti storici più significativi, che hanno arrecato forti risentimenti e danni alla città di Palermo, risalgono al 1693, 1726, 1823, 1940, 1968 e, più recentemente, al 2002. Ad esclusione degli eventi del 1693 e del 1968, derivanti dalle aree sismogenetiche rispettivamente del catanese e del Belice, gli altri quattro eventi sono collegati ad una fascia di sismicità crostale orientata parallelamente alla costa settentrionale della Sicilia, localizzata tra la fascia costiera ed il Tirreno meridionale. L'evento più distruttivo fu quello dell'1/09/1726 con intensità pari all' VIII- IX grado MCS.

Al fine di operare una caratterizzazione sismica dei terreni interessati dal progetto di

[illegible]

Tab IV - Tabella riassuntiva delle misure piezometriche

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

realizzazione della Metropolitana leggera della città di Palermo sono state eseguite 13 prove sismiche del tipo Down-Hole in altrettanti fori di sondaggio denominati S1A2, S1B29, S1B30, S1B33, S1B35, S270, S274, S276, S280, S284, S286, S288, S289. L'indagine è stata eseguita dalla GeoCheck di Catania ed i risultati delle prove eseguite in ogni singolo foro di sondaggio sono stati restituiti sia in forma grafica che numerica.

L'esecuzione di tali prove ha consentito di calcolare, attraverso la registrazione dei tempi di arrivo delle onde sismiche, generate artificialmente tramite apposita strumentazione, la velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione P (V_p) e di taglio S (V_s) e, conseguentemente, di verificare il comportamento sismico dei litotipi investigati.

Confrontando i valori di V_p e V_s registrati a varie profondità d'indagine nei 13 fori di sondaggio summenzionati con la stratigrafia dei terreni riscontrata in ognuno di essi è possibile evidenziare, innanzitutto, che il comportamento di terreni, afferenti ad una stessa classe litologica (**Vedi Tab V**) e sottoposti a sollecitazione sismica, non risulta uniforme. Ciò è da ricondurre alla notevole variabilità litologica che caratterizza i terreni del sottosuolo di Palermo in termini di granulometria, di addensamento, di cementazione, di fratturazione o alterazione, di plasticità, di imbibizione d'acqua etc. Tale variabilità, già riscontrata ed evidenziata nella fase di analisi stratigrafica delle carote estratte in tutti i fori di sondaggio eseguiti, rende, altresì, complessa una caratterizzazione sismica dei terreni e, di conseguenza, una differenziazione della risposta in termini di propagazione delle onde V_p e V_s non solo tra terreni afferenti alla stessa litofacies ma anche tra terreni afferenti a litofacies diverse.

Analizzando i risultati delle prove sismiche eseguite è possibile, in maniera quasi inequivocabile, tranne in alcuni casi da ritenere anomali, differenziare il comportamento sismico dei terreni di riporto R, pur con una loro variabilità interna, dal bedrock roccioso, sia esso costituito dalla litofacies calcarenitico sabbiosa, da quella argillo-sabbiosa o dal complesso argilloso-quarzarenitico. Il range di valori riscontrati varia, infatti, da un minimo di circa 350 m/s V_p e 150 m/s V_s ad un massimo di 1000 m/s V_p e 400 m/s V_s . Si tratta di valori tipici di materiali rimaneggiati e quindi areati, caratterizzati da scadenti proprietà sismoelastiche rispetto a quelle del substrato roccioso. I valori più elevati ed anomali indicano la presenza all'interno del materiale più fine, generalmente limo-sabbioso, di blocchi lapidei a comportamento rigido che rendono determinati livelli sismicamente più veloci. Tali valori sono stati riscontrati in corrispondenza del foro di sondaggio S280 e S288 scavati rispettivamente in Piazza Massimo ed in via Damiani.

Più difficile risulta, invece, la differenziazione tra i terreni di recente deposizione RD ed il substrato roccioso. Il range di valori riscontrati varia, infatti, da un minimo di circa 500 m/s V_p e 200 m/s V_s ad un massimo di 1500 m/s V_p e 800 m/s V_s . Tali valori, infatti, risultano comparabili con quelli riscontrabili, per esempio, in terreni del tipo CL o SC. Ciò è dovuto al fatto che, in alcuni casi, i terreni alluvionali presentano elevate quantità di ghiaia, rispetto alla frazione più fina sabbioso-limosa, che rendono il mezzo sismicamente più veloce. Valori di V_s anche superiori a 800 m/s sono stati riscontrati in corrispondenza del foro di sondaggio S276 effettuato in Piazza Bottega, laddove si rinvenivano le sabbie e ghiaie Sgg. In corrispondenza del foro di sondaggio S274 eseguito in Piazza Borsa, è stato possibile caratterizzare sismicamente il limo organico LO. I valori di V_s riscontrati indicano un materiale generalmente dalle caratteristiche sismoelastiche scadenti, a luoghi migliori in corrispondenza di livelli limosi plastici e più addensati.

Per quanto riguarda i terreni afferenti alla litofacies calcarenitico-sabbiosa LCS, le velocità V_p e V_s registrate rientrano in un range compreso tra circa 700 - 2300 m/s V_p e 400 - 1100 m/s

ETA'	COMPLESSI LITOLOGICI		RANGE DI VARIABILITA' DELLE VELOCITA' SISMICHE	
			Vp m/s	Vs m/s
RECENTE E ATTUALE	TERRENI DI COPERTURA	TERRENI DI RIPORTO R	350 - 1000	150 - 400
		TERRENI DI RECENTE DEPOSIZIONE RD	500 - 1500	200 - 800
QUATERNARIO	COMPLESSO CALCARENITICO SABBIOLO ARGILLOSO	LITOFACIES CALCARENITICO-SABBIOLO LCS	700 - 2300	450 - 1100
		LITOFACIES ARGILLO-SABBIOLO LAS	800 - 1800	350 - 800
		LITOFACIES CONGLOMERATICO-GHIAIOLO LCG	n.d.	n.d.
OLIGOCENE-MIOCENE INF.	COMPLESSO ARGILLOLO-QUARZARENITICO CAQ		900 - 2100	300 - 1000

Tab. V Caratteristiche sismiche dei terreni

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Vs. I valori di velocità sismica riguardanti le calcareniti CL poco si discostano da quelli registrati per le sabbie SC. In uno stesso foro di sondaggio, laddove si riscontrano in successione calcareniti e sabbie, i valori registrati talora sono più elevati per le SC e meno per le CL e viceversa in altri fori di sondaggio. In linea generale, sulla base delle prove Down-Hole eseguite, è possibile affermare che le velocità sismiche più basse riscontrate in corrispondenza del litotipo CL sono attribuibili a livelli calcarenitici poco cementati, più fratturati e/o alterati, come risulta, per esempio, dall'indagine eseguita in corrispondenza del sondaggio S1A2 (Via Oreto) e S289 (Stazione Notarbartolo) in cui si sono registrati valori di Vs pari a circa 300 – 350 m/s.

Per quanto riguarda il litotipo SC i valori Vp – Vs, registrati nei fori di sondaggio S1B29, S1B30, S1B33, S276, S286, S288, indicano generalmente la presenza di un mezzo sabbioso con un discreto grado di addensamento e di uno scheletro calcarenitico cementato a comportamento rigido. Nei fori di sondaggio S1A2 (Via Oreto) e S280 (Zona Teatro Massimo) si riscontrano valori di Vp e Vs più bassi a causa probabilmente di un grado di cementazione più scarso.

La litofacies argillo-sabbiosa LAS presenta, invece, valori di Vp e Vs misurati che variano da un minimo di circa 800 m/s Vp e 350 m/s Vs ad un massimo di 1800 m/s Vp e 800 m/s Vs. I valori più bassi si riscontrano generalmente in corrispondenza dei litotipi S e LS e sono da ricondurre alla presenza di livelli scarsamente addensati presenti sia nelle sabbie grigie S che nei limi sabbiosi grigi LS. Valori di Vp e Vs più elevati sono stati registrati invece dalla prova effettuata nel foro di sondaggio S1B29 (Zona Perez), in corrispondenza del litotipo Sa costituito di sabbia giallastra limosa con livelli plastici.

Sulla base della prova Down-Hole eseguita in corrispondenza del foro di sondaggio S284 scavato in Via Libertà è stato possibile caratterizzare sismicamente i terreni AB e QZ facenti parte del complesso CAQ. Il range di valori riscontrati varia tra 900 - 2100 m/s Vp e 300 – 1000 m/s Vs. Si tratta di valori relativi ad un mezzo sismicamente veloce, ma che possono presentare dei minimi in corrispondenza di livelli argillosi AB alterati o di porzioni particolarmente tettonizzate delle quarzareniti QZ, mentre valori più elevati sono da ricondurre alla presenza di livelli siltitici nelle argille AB o alla presenza di banchi quarzarenitici QZ ben cementati.

Sulla base di quanto esposto, considerato l'elevato numero e l'estrema variabilità dei parametri che influenzano il moto di propagazione delle onde sismiche all'interno di uno stesso litotipo nonché tra litotipi afferenti alla medesima litofacies e, dovendo operare una caratterizzazione sismica dei terreni interessati dal progetto di realizzazione della Metropolitana leggera della città di Palermo, si è ritenuto opportuno, sulla base dell'analisi delle singole prove Down-Hole eseguite in altrettanti fori di sondaggio, attribuire a ciascuna litofacies, individuata come in Tabella III, un range di variabilità dei valori di Vp e Vs così come riportato in Tabella V.

9 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO DI PROGETTO

Nel profilo geologico riportato nell'elaborato MPA1 PP GEO IN PR 01-06 2 viene rappresentato l'assetto geologico-strutturale dei terreni interessati dagli scavi per la realizzazione della Linea Metropolitana, I tratta funzionale in progetto.

In esso si osserva la generale presenza di terreni calcarenitico-sabbiosi quaternari LCS, il cui

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

spessore è compreso tra alcuni metri e oltre 30-40 m. La sequenza calcarenitico-sabbiosa è costituita di calcareniti giallastre e biancastre CL con grado di cementazione variabile passanti, sia in senso verticale che laterale, a sabbie calcarenitiche SC. I passaggi laterali tra un litotipo e l'altro avvengono con rapporti di interdigitazione. In generale si ha una prevalenza di terreni calcarenitici CL con subordinate intercalazioni sabbiose nei primi 8-15 m a partire dal p.c. e tali terreni si presentano in genere con stratificazione suborizzontale in livelli di spessore centimetrico e decimetrico. Le sabbie calcarenitiche SC, con subordinate intercalazioni di livelli calcarenitici, sono prevalenti, invece, nella parte inferiore del deposito calcarenitico sabbioso. Al tetto i depositi calcarenitico-sabbiosi si presentano più o meno alterati (CLa) per uno spessore di qualche metro e sono ricoperti da sottili coltri di limi rossastri LR generatisi per alterazione residuale delle calcareniti stesse. Al di sopra è diffusa, inoltre, la presenza di terreni di riporto di natura eterogenea sia storici che recenti ed attuali.

Verso il basso il deposito calcarenitico-sabbioso passa in concordanza stratigrafica ai terreni della litofacies argilloso-sabbiosa LAS rappresentata da limi sabbiosi LS e sabbie limose grigie S, anch'essi di epoca quaternaria, i quali nella parte alta si presentano alterati e ossidati LSa ed Sa. Il passaggio fra i terreni delle due litofacies LCS ed LAS può essere netto o per alternanze. Al di sotto dei terreni calcarenitico-sabbiosi i terreni LS ed S si rinvenivano nel tratto iniziale della linea, tra le zone Oreto Sud e Piazza Borsa e nel tratto terminale in zona Notarbartolo-Sciuti; per tutto il resto della linea, invece, il deposito calcarenitico-sabbioso in genere passa, con una discordanza angolare, al sottostante complesso argilloso-quarzarenitico CAQ (Flysch Numidico) costituito da alternanze di argille a scaglie AB alterate in superficie AMG, argilliti e siltiti ARL, strati e banchi quarzarenitici QZ.

Lungo il tracciato, inoltre, la generale uniformità litologica dei terreni calcarenitico-sabbiosi viene interrotta dalle incisioni del Fiume Oreto e dei paleoalvei ricolmati del Kemonia e del Papireto, che storicamente attraversavano la città di Palermo, le quali sono colmate con depositi alluvionali e di riporto.

Sotto il profilo idrogeologico il complesso calcarenitico-sabbioso rappresenta un acquifero di una certa consistenza a permeabilità medio-alta per porosità e fessurazione. Esso è sede di una falda idrica il cui livello piezometrico è ubicato a profondità comprese tra un paio di metri ed oltre 10 dal p.c., per cui lo scavo della galleria, per tutto il tracciato, sarà sottofalda.

Sotto il profilo geomorfologico il territorio attraversato dall'opera si configura come una piana densamente urbanizzata. I processi dinamici, in atto che possano interferire con l'opera in progetto, sono connessi a fenomeni di allagamento in seguito a piogge intense, nonché alla presenza di cavità ipogee interessate da un lento e progressivo processo di degrado interno.

Di seguito si illustrano nel dettaglio le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche del tracciato, suddividendo il medesimo, per maggiore chiarezza nella presentazione, in tratte minori con caratteristiche geologico-strutturali omogenee.

Tratta compresa tra le progr -500+000-0+000 (Zona Deposito-Stazione Svincolo Oreto)

Nella tratta in oggetto è compresa la rampa di accesso che dal piazzale del deposito immette in galleria; essa si sviluppa a cielo aperto per i primi 160 m ed in galleria artificiale per la restante parte.

In questa tratta è stato eseguito il sondaggio S1B18 il quale ha evidenziato, al di sotto di una copertura di terreni di riporto R e limi rossi residuali LR, di spessore all'incirca pari a 2m, la presenza di calcarenite alterata e sfaticcia in frammenti CLa per uno spessore di circa 2 m e

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

poi la presenza delle sabbie calcarenitiche SC, giallastre, limose, con subordinati sottili livelli calcarenitici, fino a profondità di m 7.00 dal p.c. Al di sotto si passa alle sabbie fini limose giallastre fossilifere Sa, presenti fino a profondità dell'ordine dei 14 m dal p.c. con intercalazioni di limo giallastro LSa di spessore metrico e, al di sotto ancora, alle sabbie limose grigie fossilifere S con intercalati livelli di limo grigio LS.

Lo scavo della rampa interesserà, pertanto, sabbie calcarenitiche SC nei primi 100 m circa, quindi sabbie limose S ed Sa per la restante parte del suo sviluppo.

La falda idrica ha sede nelle sabbie calcarenitiche SC e si localizza a profondità variabili tra 2 e 6 m dal p.c., per cui la rampa verrà realizzata sottofalda. Le sottostanti sabbie limose Sa ed S costituiscono un impermeabile relativo e fungono da limite di permeabilità per la falda soprastante nei terreni SC; esse, in ogni caso, possono contenere falde idriche sospese a carattere locale nelle sequenze più francamente sabbiose.

Tratta compresa tra le progr 0+000-1+300 (Stazione Svincolo Oreto-Fiume Oreto)

Nella tratta in oggetto sono comprese la Stazione Svincolo Oreto, dalla quale prendono avvio le due gallerie affiancate, e la Stazione Oreto Sud.

Nella tratta in oggetto sono stati eseguiti i sondaggi S1A1, S1A7, S1B21, S1B23, S258, S259. Tali indagini hanno evidenziato la presenza continua di terreni di riporto R con spessori variabili tra 1 e 4 m circa e, al di sotto, la presenza di lembi discontinui di limi rossi residuali LR fino a profondità di 2-3 m dal piano stradale. Al di sotto dei terreni di copertura R e LR si sviluppano i terreni della litofacies calcarenitico-sabbiosa LCS, il cui spessore tende ad aumentare progressivamente in direzione del F. Oreto, per cui si rinvencono fino a profondità variabili comprese fra 5-6 m in zona Stazione Svincolo Oreto e 25-30 m in prossimità del F. Oreto. All'interno di questa litofacies si hanno alternanze irregolari di sequenze calcarenitiche CL e sabbioso-calcarenitiche SC a giacitura suborizzontale e di spessore da 1 a diversi metri.

I vari livelli SC e CL hanno giacitura lenticolare con una distribuzione areale piuttosto discontinua e passaggi laterali a pinch-out o interdigitati e si susseguono in maniera del tutto casuale in senso verticale. Nella sequenza possono rinvenirsi, inoltre, a varie altezze, lenti sottili e di modesta estensione di calcareniti vacuolari CV o nodulari CN. I terreni CL ed SC passano al di sotto alle sabbie fini limose grigie S, che possono presentare più o meno frequenti livelli di limo sabbioso grigio LS.

Le due gallerie si localizzano in prossimità del passaggio litologico tra le sabbie e calcareniti SC e CL e le sottostanti sabbie grigie S o poco al di sotto, per cui possono riscontrarsi tratti di gallerie il cui scavo interesserà sabbie limose S e limi sabbiosi LS di colore grigio riccamente fossiliferi e tratti in cui il passaggio si localizza all'interno del cavo, per cui possono riscontrarsi sabbie calcarenitiche SC o calcareniti CL in calotta e sabbie limose grigie S nella metà inferiore del cavo.

La falda idrica contenuta nell'acquifero calcarenitico-sabbioso presenta una superficie piezometrica ad andamento regolare modellato all'incirca sulla morfologia del contatto con le sottostanti sabbie limose S. Le profondità della superficie piezometrica sono comprese all'incirca tra 6 e 15 m dal p.c. ed, in ogni caso, tali che le gallerie saranno realizzate sottofalda.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

Tratta tra le progg 1+300-1+530 (Attraversamento Fiume Oreto)

Nella tratta in oggetto, nella quale si ha l'attraversamento del Fiume Oreto con le due gallerie affiancate, sono stati eseguiti i sondaggi S260, S264 ed S1B25, S128. Tali sondaggi hanno evidenziato la presenza di terreni di riporto R con spessori compresi tra 1-2 m ed oltre 10 m. Al di sotto sono presenti i depositi alluvionali antichi e recenti del Fiume Oreto, caratterizzati da materiali a grana fina sabbioso-limosi ALf e a grana grossa ghiaioso-sabbiosi ALg. In generale prevalgono alluvioni fini ALf, nelle quali subordinatamente si intercalano lenti o livelli di alluvioni grossolane ALg di spessore compreso fra 1 e 8 m al massimo. Le indagini eseguite, inoltre, hanno messo in evidenza la presenza di due paleoalvei differenti e di un terrazzo fluviale posto in sinistra del corso attuale, alcuni metri al di sopra. I due paleoalvei sono planimetricamente affiancati e corrispondono a due ben distinte vallate del F. Oreto di cui una, profonda oltre 40 m dal p.c., più prossima alla valle attuale, con asse spostato di circa 30 metri rispetto a quello attuale, e l'altra, profonda oltre 30 m dal p.c., con asse posto in sinistra del corso attuale ad una distanza di circa 170 m. I due paleoalvei sono separati da uno spartiacque costituito di sabbie calcarenitiche SC, con intercalazioni di calcareniti CL, sabbie limose Sa e limi sabbiosi LSa ed LS, e sepolto oltre i 20 m di profondità dal p.c. dai depositi alluvionali più recenti.

Un tale assetto dei depositi alluvionali antichi va correlato alla variabilità estrema del regime idraulico del corso d'acqua, in seguito al quale quest'ultimo ha potuto subire più volte variazioni planimetriche dell'asta, e nel contempo ai movimenti tettonici recenti caratterizzati da fenomeni alterni di lento innalzamento o abbassamento, cui hanno fatto seguito più o meno lunghe fasi di prevalente erosione o deposito, in seguito a cui sono state scavate e sovralluvionate le valli sepolte.

In base alle caratteristiche geologiche appena descritte nella tratta in oggetto le gallerie attraverseranno depositi alluvionali sabbioso-limosi ALf e ghiaioso-sabbiosi ALg ed in parte sabbie calcarenitiche SC e sabbie limose Sa costituenti la sommità dello spartiacque sepolto tra i due paleoalvei.

Sotto il profilo idrogeologico i depositi alluvionali sono caratterizzati dalla presenza di una falda idrica, la cui superficie piezometrica in parte coincide pressappoco con l'alveo del corso attuale, mentre in sinistra di quest'ultimo si deprime di alcuni metri in corrispondenza del paleoalveo sepolto, che probabilmente esercita un'azione drenante sulla falda.

Tratta tra le progg 1+530-2+600 (Fiume Oreto-Piazza G. Cesare-Via Divisi)

Nella tratta in oggetto la linea si sviluppa con le due gallerie a binario unico all'incirca allineate e vi sono comprese le Stazioni Oreto Nord e Giulio Cesare.

Vi sono stati eseguiti i sondaggi S264-S271 e S1B28-S1B34. Tali indagini hanno evidenziato la presenza continua di terreni di riporto R con spessori medi compresi fra 1 e 3 m, valori più elevati, dell'ordine di 8-10 m si riscontrano in prossimità di Piazza G. Cesare, in corrispondenza del fossato cinquecentesco ricolmato e nella parte terminale della tratta, in corrispondenza della sponda destra del paleoalveo ricolmato del F. Kemonia. Al di sotto dei terreni di riporto si riscontra la formazione calcarenitico-sabbiosa pleistocenica caratterizzata da una prevalenza di calcareniti giallastre variamente cementate CL nella parte alta del deposito, con spessori tra 2-3 m ed 8 circa. Tali calcareniti contengono più o meno sottili e discontinui livelli sabbiosi SC e verso il basso passano a sequenze costituite prevalentemente di sabbie giallastre SC con intercalazioni calcarenitiche. Il deposito calcarenitico-sabbioso si rinviene fino a profondità comprese fra 16 e 23 m circa dal piano stradale e verso il basso

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

passa alla sottostante litofacies argilloso-sabbiosa pleistocenica, costituita da prevalenti sabbie limose grigie fossilifere S con sporadiche intercalazioni di limo sabbioso grigio LS, in superficie a zone alterate e ossidate Sa. Spesso le sabbie grigie S verso il basso contengono intercalazioni più o meno spesse di sabbie calcarenitiche SC.

Le due gallerie si localizzano pressappoco al passaggio litologico tra le sabbie calcarenitiche giallastre SC e le sabbie limose grigie S, per cui potranno riscontrarsi in corso di scavo tratti di gallerie in sabbie SC con intercalati livelli calcarenitici CL a giacitura suborizzontale, tratti in sabbie limose S e limi sabbiosi LS e tratti in cui il passaggio si localizza all'interno del cavo, per cui possono riscontrarsi sabbie calcarenitiche SC in calotta e sabbie limose grigie S nella metà inferiore del cavo.

La falda idrica contenuta nell'acquifero calcarenitico-sabbioso presenta una superficie piezometrica ad andamento complessivamente regolare modellato vagamente sulla morfologia del contatto con le sottostanti sabbie limose. La profondità della superficie piezometrica è compresa all'incirca tra 7 e 14 m dal piano stradale ed in ogni caso è tale che le gallerie saranno realizzate sottofalda.

Da quanto acquisito con la ricerca bibliografica la tratta in oggetto è caratterizzata dalla presenza di cavità ipogee costituite da cripte, pozzi arabi, cunicoli arabi. Nel tratto compreso tra via Perez e P.zza G. Cesare si ha notizia, inoltre, della presenza di antiche cave arabe, per cui questo tratto rientra in un'area fortemente indiziata per la presenza di cavità antropiche ipogee. Per alcune cavità reperite in bibliografia si hanno notizie vaghe della loro ubicazione ma non si conoscono ubicazioni e loro sviluppo nel sottosuolo. Alcune di esse risultano ubicate in prossimità del tracciato delle gallerie. Con i sondaggi eseguiti non sono state riscontrate cavità ipogee, né si ritiene che lo scavo delle gallerie possa intercettarle, visto che le gallerie medesime si sviluppano sempre sottofalda e che le cavità antropiche in profondità si sviluppano al massimo fino a lambire appena la falda idrica.

Tratta tra le proggr 2+600 – 3+300 (Via Divisi – P.zza San Domenico)

Nella tratta in oggetto la linea si sviluppa con le due gallerie a binario unico all'incirca allineate e vi è compresa la Stazione Borsa.

Lungo la tratta in oggetto sono stati eseguiti i sondaggi S1B35-S1B39 ed S274 e 74bis e vi ricadono i sondaggi acquisiti D38 – D57. Essa si sviluppa in corrispondenza dei paleoalvei dei Fiumi Kemonia e Papireto ricolmati in tempi storici. Le indagini hanno evidenziato, infatti, elevati spessori dei terreni di riporto e la presenza di depositi alluvionali limoso-sabbiosi.

Più in particolare, si riscontra in superficie la presenza di terreni di riporto R fino a profondità variabili tra 1-2 m ed oltre 13.00. Al di sotto dei terreni di riporto sono presenti i depositi alluvionali costituiti di limi organici LO di colore bruno-grigiastro, maleodoranti, plastici, spesso torbosi, i quali lateralmente passano a sabbie limose SL grigio brunastre, anch'esse torbose, con sostanza organica e frammenti lapidei eterogenei. All'interno dei terreni LO ed SL si rinvenivano sporadiche lenti di sabbia e ghiaia Sgg. Complessivamente l'assetto dei depositi alluvionali evidenzia la presenza di un'unica vallata, in cui probabilmente i due corsi d'acqua convergevano con settori in cui singole incisioni sono più marcate, probabilmente dovute a correnti fluviali divaganti e temporanee che incidevano in maniera localizzata singole valli minori nei terreni pleistocenici calcarenitico-sabbiosi o argilloso-sabbiosi. Inoltre, la assoluta prevalenza di terreni limosi e sabbioso-limosi organici e torbosi LO ed SL evidenzia un paleoambiente deposizionale in cui si avevano acque ristagnanti e zone paludose in cui le correnti fluviali venivano rallentate dalla risalita delle acque marine nella vallata. Il substrato

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

dei depositi alluvionali è dato da sabbie giallastre calcarenitiche SC con livelli calcarenitici con passaggi laterali e verso il basso a limi sabbiosi e sabbie limose di colore grigio LS ed S e giallastro Sa.

Le due gallerie affiancate si sviluppano a profondità tali da intercettare il passaggio tra i depositi alluvionali LO ed SL ed i terreni sabbiosi e limosi di base SC, S ed LS, per cui esse si svilupperanno per tratti alterni nei diversi tipi litologici citati.

Sotto il profilo idrogeologico i terreni alluvionali LO ed SL ed i terreni di riporto R sono sede di una falda idrica la cui superficie piezometrica presenta un andamento piuttosto irregolare, connesso con il regime delle precipitazioni e con la morfologia delle vallate sepolte che fungono da assi drenanti; essa si localizza a profondità variabili comprese fra 2 ed 8 m dal piano stradale e tali che le due gallerie saranno realizzate sottofalda.

Dalla ricerca bibliografica anche per questa tratta si ha notizia della presenza di cavità ipogee antropiche, consistenti, nella generalità dei casi, in cripte superficiali, per cui si ritiene che le due gallerie non dovrebbero intercettare cavità alle profondità di scavo.

Infine, in corrispondenza della tratta in oggetto è localizzata un'area classificata a rischio idraulico R2 dovuto al concentrarsi delle acque meteoriche per insufficiente smaltimento della rete fognante. Eventuali interferenze tra i fenomeni idraulici probabili e le opere da realizzare possono interessare la Stazione Borsa, la cui problematica sarà trattata più avanti nell'apposito capitolo riguardante le Stazioni.

Tratta tra le progrr 3+300 – 3+800 (Piazza San Domenico – Stazione Massimo)

Nella tratta in oggetto la linea si sviluppa con due gallerie a binario unico pressochè allineate; al termine della tratta è ubicata la stazione Massimo.

Lungo la tratta in oggetto sono stati eseguiti i sondaggi S1B40-S1B43 ed S275-S278. Tali indagini hanno evidenziato la presenza continua di terreni di riporto R con spessori medi compresi fra 2 e 4 m. Al di sotto dei terreni di riporto si riscontra la formazione calcarenitico-sabbiosa pleistocenica caratterizzata dalla presenza di lenti calcarenitiche CL discontinue nella parte alta del deposito, di spessore variabile e rinvenute fino a profondità comprese fra 2.50 e 12 m dal p.c. Al di sotto dei terreni CL si passa a spesse sequenze di sabbie calcarenitiche giallastre SC con subordinate e discontinue intercalazioni di livelli calcarenitici a giacitura suborizzontale; tali sabbie si rinvencono sino a profondità comprese fra 16 e 25 m dal p.c. e passano verso il basso alle sabbie limose grigie S e queste, a loro volta, alle argille a scaglie AB del substrato argilloso-quarzarenitico oligo-miocenico.

Alle profondità di scavo previste le gallerie attraversano i terreni costituiti di prevalenti sabbie giallastre SC con noduli calcarenitici diffusi nella massa e subordinati livelli calcarenitici intercalati di spessore in genere da centimetrino a decimetrico ed in alcuni casi anche superiore al metro.

Sotto il profilo idrogeologico le sabbie calcarenitiche SC rappresentano un acquifero nel quale ha sede una falda idrica di una certa consistenza, limitata in basso dalle sabbie limose S e dalle argille a scaglie AB. La superficie piezometrica si localizza a profondità comprese fra 6 e 11 m dal p.c., per cui le gallerie nell'intero tratto saranno realizzate sottofalda.

Infine, anche per questa tratta si hanno notizie dell'esistenza in prossimità del tracciato di cavità antropiche ipogee, date essenzialmente da cripte e cavità a pozzo. Si tratta, in ogni caso, di cavità superficiali sopra falda, che non hanno alcuna interferenza con le gallerie in

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

progetto.

Tratta tra le proggr. 3+800 – 4+420 (Stazione Massimo – Stazione Politeama)

Nella tratta in oggetto la linea si sviluppa con due gallerie a binario unico allineate e vi sono comprese alle estremità le Stazioni Massimo e Politeama.

Lungo la tratta in oggetto sono stati eseguiti i sondaggi S1A8-S1A9, S1B43-S1B44, S281-S284. Sotto il profilo geologico la tratta in oggetto è caratterizzata dalla presenza di un alto strutturale del substrato argilloso-quarzarenitico numidico, che viene a trovarsi a profondità variabili, comprese entro i 20 m dal piano stradale, al di sotto della copertura quaternaria, o subaffiorante, al di sotto dei terreni di riporto. Il substrato numidico è interessato, infatti, da una serie di faglie ad alto angolo o subverticali che ne delimitano singoli corpi strutturali dislocati a varie altezze, per cui lungo il tracciato della tratta in oggetto si riscontrano:

- un primo tratto, in zona Piazza Verdi, in cui il substrato numidico è ubicato a profondità di circa 16 m dal piano stradale, caratterizzato da argille di colore grigio plumbeo tettonizzate con tessitura a scaglie minute AB; tali argille al tetto presentano una fascia di alterazione AMG di spessore pari a 50-60 cm circa, in cui si presentano di colore bruno con patine di ossidazione ocracee e con la tessitura a scaglie non sempre ben distinguibile;
- un secondo breve tratto, in zona Via Cavour, dove è ubicato a profondità di m 9.00 dal piano stradale, caratterizzato sempre da prevalenti argille a scaglie AB, che al tetto si presentano alterate AMG per uno spessore dell'ordine di m 2.50;
- un terzo e più lungo tratto in corrispondenza della Via Ruggero Settimo in cui il substrato numidico risulta ribassato a profondità comprese fra 17 e 19 m dal piano stradale; in tale zona esso risulta caratterizzato dalla prevalenza di continue alternanze di argilliti grigie con tessitura a scaglie prismatiche minute e di siltiti grigie da dure e compatte, a consistenza marnosa, a fragili e fissili con rottura in scaglie prismatiche centimetriche ARL; è più o meno frequente nei terreni in oggetto la presenza di intercalazioni, di spessore decimetrico e metrico, di argille a scaglie AB e strati o banchi quarzarenitici QZ più o meno fratturati; l'ammasso ARL, inoltre, è attraversato da discontinuità variamente orientate, subverticali o inclinate tra 45 e 80°, delimitate da superfici lucide e striate, e presenta in superficie una fascia di alterazione AMG di spessore dell'ordine del metro;
- un quarto ed ultimo tratto, in corrispondenza di Piazza Castelnuovo, in cui il substrato numidico risulta dislocato nuovamente verso l'alto, a profondità di circa m 4,60 dal piano stradale prima e subaffiorante poi verso via Libertà; in questa zona si riscontra una continua alternanza di argille a scaglie AB, argilliti e siltiti ARL e quarzareniti QZ in strati decimetrici e banchi che possono raggiungere spessori anche di diversi metri.

Sui terreni del substrato argilloso-quarzarenitico giacciono i terreni del complesso calcarenitico-sabbioso pleistocenico. Quest'ultimo, ricoperto da terreni di riporto R con spessori compresi fra m 1 e 3.50 circa, presenta nella parte alta, per uno spessore di 9-10 m circa, una sequenza di prevalenti calcareniti giallastre CL variamente cementate e a giacitura suborizzontale con sottili interstrati sabbiosi, passanti verso il basso a sabbie calcarenitiche giallastre SC con intercalati subordinati livelli calcarenitici di spessore centimetrico e decimetrico. Tra i terreni del substrato argilloso-quarzarenitico oligo-miocenico ed i terreni soprastanti SC e CL si intercalano, in lembi discontinui più o meno sottili, livelli di sabbie e ghiaie pertinenti alla litofacies conglomeratico-ghiaiosa pleistocenica depositatisi con la



trasgressione marina pleistocenica che ha dato luogo alla deposizione della soprastante formazione calcarenitico-sabbiosa. Più in particolare, in zona Via Cavour, al di sopra delle argille alterate AMG è stato riscontrato un livello, spesso all'incirca 1 m, di ghiaia poligenica arrotondata GH frammista ad una matrice argilloso-limosa grigia ed in zona Via Ruggero Settimo è stata riscontrata, sempre al di sopra delle argille alterate AMG, una sequenza, spesso poco più di 3 m, costituita di sabbia giallastra e grigiastra con ghiaia poligenica Sg.

In base all'assetto geologico appena descritto ed alle profondità di scavo previste, nella tratta in oggetto le due gallerie affiancate verranno ad attraversare terreni oligo-miocenici costituiti, per tratti più o meno ampi, di argille a scaglie AB, alternanze di argilliti e siltiti fragili e fissili ARL, strati e banchi più o meno spessi di quarzareniti QZ in genere lapidee ed intensamente fratturate, talvolta con più basso grado di cementazione o parzialmente decementate. Trattandosi di una formazione che, per la sua storia geologica, ha subito fasi di intensa tettonizzazione, i terreni AB, ARL e QZ, oltre che variamente dislocati da faglie subverticali e con caratteristiche meccaniche scadenti nell'intorno delle faglie per effetto della tettonizzazione, possono presentare giaciture inclinate con immersioni e pendenze variabili lungo la tratta in cui si sviluppano. In corrispondenza della Via Ruggero Settimo nella parte alta del cavo dovrebbero intercettarsi, inoltre, le sabbie con ghiaia Sg, sovrapposte ai terreni umidici con rapporti di evidente discordanza angolare, visto che le sabbie e ghiaie Sg sono caratterizzate da giacitura suborizzontale.

Sotto il profilo idrogeologico i terreni SC, CL ed Sa sono sede di una falda idrica che trova continuità idraulica con la falda idrica contenuta nei terreni quarzarenitici Qz e nelle argille alterate AMG. La superficie piezometrica si localizza a profondità comprese fra 9.50 e 13 m circa dal piano stradale, per cui le gallerie, poste al di sotto, saranno realizzate sottofalda.

In prossimità del tracciato della tratta in oggetto, infine, si ha notizia di qualche cavità antropica ipogea, tipo cunicoli vari o rifugi antiaerei; in ogni caso si tratta di cavità superficiali che non dovrebbero avere alcuna interferenza con la galleria sottofalda.

Tratta tra le progr. 4+420 – 6+540 (Stazione Politeama-Zona Sciuti)

Nella tratta in oggetto sono comprese la Stazione Politeama, la Stazione Archimede, il manufatto di bivio e la Stazione Notarbartolo, dalla quale si dirama l'ultimo tratto di linea fino al manufatto terminale di scambio.

Nel tratto compreso tra la progressiva 4+420 e la via XX Settembre, sono stati eseguiti i sondaggi S1A2, S285, S1A13, S1A14, S1B46, S1A15, S1A16. Tali indagini hanno evidenziato la presenza pressoché continua di terreni di riporto R con uno spessore compreso tra 1,00 e 4,00 m circa e, al di sotto, la presenza discontinua di limi rossi residuali LR fino a profondità di 2,00 e 5,00 m dal piano stradale. Al di sotto di tali terreni si sviluppano i terreni della litofacies calcarenitico-sabbiosa, in prevalenza rappresentata dalle sabbie calcarenitiche SC alternate a livelli decimetrici e metrici di calcareniti CL, più o meno alterate in superficie ed a giacitura suborizzontale. A profondità comprese tra 30,00 e 35,00 m dal p.c. le sabbie SC passano verso il basso e lateralmente, con passaggi interdigitati, alle sabbie con ghiaia SG che presentano spessori anche metrici, come evidenziato dal sondaggio S1A14. In questo tratto il substrato umidico risulta profondo; soltanto il sondaggio S287 lo intercetta ad una profondità di circa 43,00 m, in corrispondenza del quale è costituito di argilliti e siltiti fragili e fissili ARL, passanti alle argille a scaglie AB. Nel tratto compreso tra via Piersanti Mattarella e la progressiva 5+900 i limi rossi residuali LR ricoprono, in maniera pressoché uniforme e continua, fino ad una profondità di circa 1,00 m dal p.c., i sottostanti terreni calcarenitici

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

bioclastici CL. La calcarenite, più o meno cementata, presenta giacitura suborizzontale e spessori compresi tra 3,00 e 5,00 m. Al di sotto si passa in maniera netta o talvolta graduale alle sabbie calcarenitiche SC, che a loro volta poggiano, ad una profondità compresa tra 30,00 e 35,00 m dal p.c., sul substrato numidico oligo-miocenico dislocato da faglie subverticali che lo ribassano da ovest verso est. I sondaggi eseguiti in questo tratto, denominati S1B27, S288 e S1B48, evidenziano la presenza di un'alternanza di argilla a scaglie AB e quarzareniti QZ, in banchi e strati più o meno spessi, in genere lapidee ed intensamente fratturate. In particolare il sondaggio S288 intercetta in successione stratigrafica dall'alto verso il basso i terreni CL ed SC afferenti alla litofacies calcarenitico-sabbiosa, le sabbie con ghiaia Sg della litofacies conglomeratico-ghiaiosa, poggianti, infine, con rapporti di evidente discordanza angolare, sul substrato numidico. Nel tratto compreso tra la Stazione Notarbartolo ed il Manufatto di scambio il substrato numidico si approfondisce e non si rinviene almeno fino alla profondità d'indagine dei sondaggi eseguiti, pari a circa 30,00 m, mentre si riscontrano le sabbie calcarenitiche SC ricoperte dai terreni olocenici R e LR. Le sabbie SC si alternano in maniera sequenziale con lenti decimetriche e metriche di calcarenite CL a giacitura suborizzontale, variamente cementata. In corrispondenza del manufatto di scambio la litofacies calcarenitico-sabbiosa passa, ad una profondità di circa 20,00 m, alle sabbie grigie limose S con intercalazioni di livelli decimetrici limoso-sabbiosi di colore grigio LS.

In base all'assetto geologico appena descritto ed alle profondità di scavo previste, nella tratta in oggetto le due gallerie si troveranno ad attraversare i terreni quaternari della litofacies calcarenitico-sabbiosa costituiti di sabbie SC con subordinate e discontinue intercalazioni di livelli calcarenitici CL, decimetrici e metrici, a giacitura suborizzontale e lenti di sabbie con ghiaia SG.

Dal punto di vista idrogeologico è possibile riscontrare, ad una profondità compresa tra 8,00 e 15,00 m dal p.c., una falda idrica continua avente sede nell'acquifero calcarenitico-sabbioso, la cui superficie piezometrica segue, in linea generale, l'andamento del substrato impermeabile. In questa tratta, pertanto, lo sviluppo delle gallerie in progetto avviene sotto falda.

Sotto il profilo geomorfologico si ha notizia di cavità antropiche ipogee presenti in buona parte della tratta considerata. Nella maggior parte dei casi si tratta di cave storiche il cui sviluppo, generalmente superficiale, non dovrebbe interferire con le opere in progetto. Risulta singolare, invece, la cavità riscontrata in corrispondenza del sondaggio S1B24, a profondità comprese tra 16,00 m e 19,00 m dal p.c.. Si tratta quasi certamente di una cavità naturale in quanto, trovandosi al disotto del livello freatico, è alquanto improbabile che la sua origine sia da attribuire ad un intervento antropico. Probabilmente la sua genesi è da ricondurre a fenomeni di scavamento delle sabbie calcarenitiche ad opera del moto di filtrazione dell'acqua continuamente pompata dai numerosi pozzi presenti in zona. La forte azione aspirante esercitata dalle pompe, nel tempo, ha probabilmente portato via dallo scheletro calcarenitico la frazione sabbiosa sciolta, creando dei vuoti dalle dimensioni sempre più ampie fino a generare una vera e propria cavità.

10 GEOLOGIA DELLE STAZIONI

Nel presente capitolo vengono descritte le caratteristiche geologico-strutturali, idrogeologiche e geomorfologiche di dettaglio dei siti in cui ricadono le stazioni. Per ciascuna stazione è stato redatto un elaborato grafico di insieme contenente carta geologica a scala 1/500 e sezioni

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

geologiche a scala 1/200 (Elaborati MPA1 PP GEO IN DI 01-09 0).

10.1 STAZIONE SVINCOLO ORETO

La Stazione Svincolo Oreto, che è la capolinea della metropolitana, è ubicata all'inizio della Via Oreto, in prossimità dello svincolo con Viale Regione Siciliana. Essa sarà realizzata a cielo aperto, a sezione scatolare e pianta rettangolare, con due livelli, il piano atrio ed il piano banchina, e banchine laterali.

Al fine di verificare l'assetto geologico-strutturale del sottosuolo in cui verrà realizzata l'opera sono stati eseguiti i sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominati S1A1, S1B17, S1A2, S2B52 spinti fino a profondità comprese tra 25.00 e 30.00 m dal p.c.

Tali indagini hanno evidenziato la presenza, pressochè continua, di terreni di riporto R costituiti di sabbia debolmente limosa mista a frammenti calcarei e calcarenitici centimetrici. Gli spessori rinvenuti risultano di circa 4 m nella zona più prossima allo svincolo con la circonvallazione, per poi rastremarsi fino a circa 0.50 m lungo la Via Oreto. Al di sotto dei terreni di riporto sono riscontrabili, per buona parte dello sviluppo della Stazione, spessori dell'ordine del metro di limi rossi residuali LR costituiti di limo rossastro misto a frammenti calcarenitici. Tali terreni ricoprono le sabbie calcarenitiche SC alternate a livelli decimetrici e metrici di calcareniti CL e calcareniti alterate CLa, come evidenziato nei sondaggi S1A2 e S252. Si tratta di una sequenza poco spessa, che già ad una profondità compresa tra i 4.00 e 6.50 m dal piano stradale passa ai terreni della litofacies argillo-sabbiosa LAS. In particolare, fino a profondità comprese tra 10.00 m e 14.00 m circa dal piano stradale i sondaggi evidenziano la presenza di sabbia giallastra Sa fina, limosa, con frammenti fossiliferi, alternata a subordinati e discontinui livelli limoso-sabbiosi LSa di colore giallo-brunastro, poco consistenti e plastici. Al di sotto si passa alle sabbie grigie S fini, limose, da debolmente addensate ad addensate, spesso con frammenti fossiliferi intercalati e con lenti decimetriche e metriche di limo sabbioso LS di colore grigio debolmente plastico. Tali terreni caratterizzano il sottosuolo fino alla profondità d'indagine raggiunta, compresa tra 25.00 e 30.00 m dal p.c.

Dal punto di vista idrogeologico il livello freatico misurato si attesta ad una profondità compresa tra i 4.00 e i 6.00 m dal p.c., generalmente in corrispondenza delle sabbie giallastre Sa. La permeabilità di tale litotipo è variabile in funzione del contenuto di limo presente; inoltre, tali terreni presentano frequentemente livelli francamente limosi LSa ed LS intercalati, di conseguenza è possibile riscontrare falde acquifere sospese di entità variabile.

10.2 STAZIONE ORETO SUD

La Stazione Oreto Sud è ubicata al di sotto della Via Oreto, in corrispondenza dell'incrocio con la trasversale Via S. Lo Bianco. Essa viene costruita a cielo aperto ed è riconducibile alla tipologia standard con pianta rettangolare, banchina centrale ad "isola" e tre livelli funzionali, piano atrio, piano mezzanino e piano banchine. Il piano di rotolamento si attesta ad una profondità media di circa m 18.50 dal piano stradale.

Il sito in cui ricade la stazione in oggetto è stato indagato con l'esecuzione di n. 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo: S1B21, S257, S258.

L'assetto geologico dell'area in cui verranno effettuati gli scavi per la realizzazione della stazione è caratterizzato, al di sotto dei terreni di copertura R ed LR, dalla presenza dei terreni della litofacies calcarenitico-sabbiosa pleistocenica, passante verso il basso ai terreni

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

della litofacies argilloso-sabbiosa anch'essa pleistocenica. Più in particolare, i terreni di riporto R, sottostanti il piano stradale, presentano spessori compresi fra 1 e 2 m circa e passano verso il basso ai limi rossi residuali LR presenti localmente in lembi discontinui. Questi ultimi sono stati riscontrati con il sondaggio S1B21 che, a profondità comprese fra m 1.00 e 2.00, ha evidenziato la presenza di un limo sabbioso e argilloso rossastro con frammenti calcarenitici e minuti elementi di ghiaia poligenica arrotondata. Al di sotto dei terreni di copertura R ed LR giacciono i terreni della litofacies calcarenitico-sabbiosa, che si rinvencono fino a profondità di m 15-16 dal piano stradale, rappresentati nella zona da prevalenti calcareniti bianco-giallastre CL, da ben cementate a friabili, in banchi e strati a giacitura suborizzontale. All'interno della sequenza calcarenitica sono presenti subordinati sottili interstrati di sabbia calcarenitica SC il cui spessore, in genere di qualche decimetro, può superare anche il metro. Nella sequenza calcarenitica si possono rinvenire, altresì, sporadiche intercalazioni lenticolari decimetriche e metriche di calcarenite vacuolare CV ben cementata e fossilifera e di calcarenite a noduli ben cementati frammisti a sabbia CN. All'incirca alla profondità di 15-16 m dal piano stradale i terreni calcarenitici passano alla litofacies argilloso-sabbiosa, rappresentata da sabbie limose grigie S, da mediamente a ben addensate, a zone debolmente plastiche, con passaggi a livelli e lenti di limo sabbioso e argilloso grigio LS, a zone plastico.

Sotto il profilo idrogeologico i terreni calcarenitici rappresentano un acquifero di significativa importanza la cui superficie piezometrica si localizza a profondità di 13-15 m dal piano stradale. Quest'ultima è modellata sulla morfologia del substrato impermeabile dato dalle sabbie limose e limi sabbiosi S ed LS.

10.3 STAZIONE ORETO NORD

La Stazione Oreto Nord è ubicata al di sotto della Via Perez, tra gli incroci con le trasversali Via Bergamo e Via Agostino Todaro. Essa rientra tra le stazioni a tipologia speciale. A causa della ristretta lunghezza della Via Perez, la stazione è costituita da una scatola rettangolare lunga e stretta, realizzata a cielo aperto, dove trovano collocazione l'atrio, le scale di collegamento fino al piano banchina e parte dei locali tecnologici, e da due gallerie naturali scavate in tradizionale e collegate al corpo centrale della stazione per mezzo di due cunicoli anch'essi scavati in tradizionale. Le due gallerie di banchina sono ubicate sotto gli edifici posti lateralmente a Via Perez ed il piano di rotolamento è posto ad una profondità di circa m 22.50 dal piano stradale. In direzione pressochè ortogonale al corpo centrale della Stazione sono previsti due corpi scolorari costituiti da un solo piano interrato di cui uno, al di sotto di Via Bergamo, ospita gli accessi all'atrio e l'altro, al di sotto di Via A. Todaro, ospita locali tecnici.

Le indagini eseguite nel sito della stazione comprendono i sondaggi S1B27 e 28 ed S263 e 64.

L'assetto geologico dell'area in cui verranno effettuati gli scavi per la realizzazione della stazione è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali passanti verso il basso ai terreni calcarenitico-sabbiosi e argilloso-sabbiosi pleistocenici. Più in particolare, al di sotto dei terreni di riporto R, aventi uno spessore pari a circa 2 m, si rinvencono depositi alluvionali pertinenti ad un antico terrazzo fluviale in sinistra idraulica del F. Oreto. Tali alluvioni, costituite di ghiaia centimetrica e decimetrica in matrice sabbiosa ALg e di sabbia limosa con ghiaia ALf, hanno uno spessore pari ad 8 m circa, tendente ad assottigliarsi fino a zero sul lato ovest di Via Perez, in corrispondenza della paleosponda sepolta, che mette in contatto laterale depositi alluvionali e terreni calcarenitici. Al di sotto dei terreni alluvionali la serie litologica continua con una sequenza di prevalenti calcareniti giallastre CL in livelli variamente cementati, da lapidei a friabili, con talora interstrati sabbiosi. Le calcareniti CL si rinvencono

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

sino a profondità comprese fra 10 e 14 m dal piano stradale e passano verso il basso a prevalenti sabbie calcarenitiche SC di colore giallastro, contenenti spesso subordinati sottili livelli calcarenitici ben cementati e fratturati. Ad una profondità di m 20 circa dal piano stradale si intercala nelle sabbie SC un banco, spesso 7-8 m, di sabbia fina limosa grigia S, fossilifera, con sottili intercalazioni lenticolari e passaggi laterali a limo sabbioso grigio LS fossilifero, a zone plastico.

Le due gallerie laterali in scavo tradizionale, alle quote di progetto, verranno ad intercettare il passaggio tra le sabbie calcarenitiche SC, presenti nella metà superiore del cavo, e le sottostanti sabbie limose S e limi sabbiosi LS presenti nella metà inferiore.

Nei terreni calcarenitico-sabbiosi ha sede una falda idrica la cui superficie piezometrica si attesta ad una profondità di circa 13 m dal piano stradale. Bisognerà prevedere, pertanto, scavi in falda per il corpo scatolare e scavi sottofalda per le gallerie laterali.

La stazione in oggetto, infine, ricade in un'area fortemente indiziata per la presenza di cavità antropiche ipogee del tipo cave storiche sotterranee e pozzi arabi. Le indagini eseguite non hanno evidenziato presenza di cavità, tuttavia non è escluso che qualche cavità possa riscontrarsi, durante lo scavo a cielo aperto dei corpi scatolari della stazione, nelle porzioni più superficiali soprastanti la superficie piezometrica.

10.4 STAZIONE GIULIO CESARE

La Stazione Giulio cesare è ubicata al di sotto della Piazza Giulio Cesare, in posizione antistante la Stazione Ferroviaria. Essa presenta tre livelli, atrio, mezzanino e banchina, ed il piano rotolamento è ad una profondità di circa 18,50 m dal p.c. Le banchine sono centrali rispetto al corpo stazione, che verrà realizzato a cielo aperto.

Al fine di ricostruire l'assetto geologico del sottosuolo che sarà interessato dalla costruzione della stazione, sono stati eseguiti i sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominati S1B31, S1B32, S267 e 68. Le informazioni ottenute sono state integrate con quelle derivanti dai sondaggi acquisiti D32 e D35bis.

Tali indagini hanno evidenziato la presenza di Terreni di riporto R, il cui spessore aumenta da circa 0.50 m a circa 2.00 m in direzione Via Roma. In quest'area infatti si sviluppa l'antico fossato cinquecentesco riempito nel tempo da materiale di riporto, costituito di sabbia debolmente limosa di colore biancastro con frammenti calcarenitici centimetrici e calcarei. Al di sotto dei terreni R si riscontra un sottile spessore di limi rossi residuali LR che tende a rastremarsi procedendo verso Via Roma.

I terreni R ed LR ricoprono uno strato pressochè uniforme di calcarenite alterata e sfaticcia CLa di spessore 0.80 m circa; seguono le calcareniti giallastre debolmente cementate CL, passanti sia in senso laterale che verticale alle sabbie SC, che si sviluppano sino a profondità comprese tra 17.50 e 20.00 m circa dal piano stradale. Si tratta di sabbie debolmente limose di colore giallo-biancastro con livelli decimetrici di calcarenite CL. Al di sotto delle sabbie SC seguono le sabbie grigie debolmente limose S con livelli di sabbia giallastra Sa. Il sondaggio S1B31 evidenzia la presenza di un livello di sabbie SC intercalate ai terreni della litofacies argillo-sabbiosa.

Dal punto di vista idrogeologico siamo in presenza di una falda idrica continua avente sede nell'acquifero calcarenitico-sabbioso caratterizzato da una buona permeabilità sia di tipo primario che secondario, variabile in base al grado di cementazione. La superficie piezometrica si attesta ad una profondità di circa 11.00 m dal p.c.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

10.5 STAZIONE BORSA

La Stazione Borsa è ubicata nell'omonima P.zza Borsa o Cassa di Risparmio. Essa è progettata con una tipologia speciale, cui si è fatto ricorso per ovviare alla interferenza con la canalizzazione interrata del F. Kemonia. Consiste in un manufatto scatolare realizzato a cielo aperto contenente i tre livelli, piano atrio, piano mezzanino e piano banchine. Le banchine sono contenute per parte del loro sviluppo entro il manufatto scatolare e la restante parte in due gallerie realizzate con scavo in tradizionale a partire dal corpo centrale scatolare della stazione. La livelletta è posta a m 18.50 di profondità dal piano stradale.

Il sito della stazione è stato indagato con i sondaggi meccanici S1B36 e 37, S273, 74, 74bis.

Esso si localizza nella zona di confluenza dei paleoalvei Kemonia e Papireto, per cui i terreni riscontrati sono costituiti di depositi sabbioso-limosi alluvionali antichi e terreni di riporto antichi di colmata. Più in particolare, al di sotto dei terreni di riporto R, che presentano spessori compresi fra 2 ed oltre 6 m, si rinvencono depositi costituiti di sabbia limosa grigio-nerastra SL ricca di sostanza organica e torbosa, a zone maleodorante, con più o meno rari elementi di ghiaia arrotondata ed elementi lapidei di natura eterogenea quali ossa di animali, frammenti legnosi carbonizzati e frammenti di laterizi. Le sabbie limose SL passano in senso laterale e verticale a spesse sequenze di limo organico LO talora sabbioso, di colore grigio scuro, in genere plastico e scarsamente consistente, a zone torboso. La sequenza di terreni SL ed LO si rinviene sino a profondità di 20-24 m dal piano stradale e passa verso il basso alla formazione di base data dalla litofacies argilloso-sabbiosa pleistocenica rappresentata da prevalente limo sabbioso grigio fossilifero LS, a sua volta passante, intorno ai 28-30 m di profondità, alle sabbie fini limose di colore grigio e fossilifere S. Intercalazioni lenticolari più o meno spesse di sabbie S, talora alterate e ossidate Sa, si rinvencono anche nelle sequenze prevalentemente limoso-sabbiose LS.

I terreni SL ed LO sono plastici e saturi e risultano sede di una falda idrica la cui superficie piezometrica si localizza a profondità di m 1.50-2.00 dal piano stradale. Lo scavo delle gallerie in tradizionale per il prolungamento delle banchine si sviluppa al passaggio dei limi organici e plastici LO o sabbie limose SL con i limi sabbiosi fossiliferi LS o poco al di sopra, per cui il cavo delle gallerie potrà localizzarsi per intero nei limi LO con passaggi a sabbie limose SL o, parzialmente, per la metà inferiore del cavo o per la zona arco rovescio, nei terreni limoso-sabbiosi grigi fossiliferi LS.

Poiché dalla ricerca storico-bibliografica risulta che l'area è interessata dalla presenza di cavità antropiche ipogee tipo cunicoli e vecchi acquedotti, anche se le indagini eseguite non hanno dato alcun riscontro in merito è possibile che qualche cavità possa venire intercettata con i lavori di scavo della Stazione.

Infine, va segnalato che il sito della Stazione in oggetto rientra in un'area classificata a rischio idraulico medio R2, in quanto la configurazione morfologica più depressa rispetto alle aree circostanti può favorire il concentrarsi di deflussi superficiali e possono verificarsi, dopo piogge intense, fenomeni di allagamento, le cui acque non vengono sufficientemente smaltite da parte del sistema di drenaggio urbano. In proposito la realizzazione del collettore sud-orientale, ad oggi in corso d'opera, consentirà di normalizzare pienamente la situazione delle aree poste a valle del collettore; in ogni caso per la realizzazione della stazione sarà opportuno prevedere un intervento in grado di mitigare il rischio onde evitare che eventuali acque di allagamento possano raggiungere attraverso gli accessi l'area della Stazione in sotterraneo.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

10.6 STAZIONE MASSIMO

La Stazione Massimo è ubicata al di sotto di Piazza Verdi ed antistante il Teatro Massimo. Essa è costituita da una scatola a pianta pressochè quadrata e presenta tre livelli funzionali, atrio, mezzanino e banchina. Le banchine sono centrali e realizzate parte nel corpo stazione, scavato a cielo aperto, e parte in gallerie naturali scavate in tradizionale.

Nell'area in cui verrà realizzata la Stazione sono stati eseguiti i sondaggi meccanici a carotaggio continuo S1B42, 43, S280 e 81.

Tali indagini hanno evidenziato la presenza continua di terreni di riporto R, con spessori compresi fra 1.50 m e 2.50 m circa, costituiti di sabbia grossa e sabbia limosa di colore brunastro con frammenti calcarenitici e di laterizi. Al di sotto dei terreni di riporto si riscontra la formazione calcarenitico-sabbiosa pleistocenica caratterizzata da un livello superficiale di calcarenite alterata debolmente cementata e sfaticcia CLa, con spessori medi compresi fra 1.00 e 2.00 m., e poi la calcarenite CL integra, a grana fina, ben cementata, di colore giallo, con lenti di sabbia SC. A profondità di circa 7.00 m dal p.c. si passa a spesse sequenze di sabbie calcarenitiche giallastre SC con subordinate e discontinue intercalazioni di livelli calcarenitici a giacitura suborizzontale.

In zona Piazza Verdi i sondaggi S1B42 e S281 intercettano le argille e quarzareniti del complesso CAQ ad una profondità compresa tra 15.00 e 16.00 m dal p.c. Si tratta di un alto strutturale del substrato argilloso-quarzarenitico numidico dislocato da faglie ad alto angolo. Le argille AB si presentano tettonizzate con tessitura a scaglie minute e con una fascia di alterazione AMG, di spessore pari a 50-60 cm circa, in cui si presentano di colore bruno con patine di ossidazione ocracee. Esse presentano in subordine intercalazioni di strati o banchi di quarzareniti QZ di colore grigio chiaro, a grana fina, ben cementate e molto fratturate. I terreni argilloso-quarzarenitici sono caratterizzati da giacitura inclinata ed i terreni calcarenitico-sabbiosi vi giacciono sopra in serie stratigrafica con una evidente discordanza angolare.

Sotto il profilo idrogeologico i terreni calcarenitico-sabbiosi CL ed SC sono sede di una falda idrica di una certa consistenza che trova continuità idraulica nelle quarzareniti fratturate QZ e nelle argille alterate AMG. Il livello freatico si localizza a profondità di circa 12.00 m dal piano stradale.

10.7 STAZIONE POLITEAMA

La Stazione Politeama è ubicata al di sotto delle Piazze Castelnuovo e Ruggero Settimo in posizione antistante all'omonimo Teatro Politeama. Essa presenta 3 livelli funzionali, atrio, mezzanino e banchine. Le banchine saranno realizzate al centro del corpo stazione scavato a cielo aperto. La profondità del piano di rotolamento è di circa 20,00 m dal p.c..

Il sito della Stazione è stato indagato con i sondaggi S1A10, S1A11, S1B44 e S283. Dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata da un alto strutturale del substrato argilloso-quarzarenitico numidico. Esso viene a trovarsi a profondità di circa 4,50 m dal p.c., al di sotto della copertura quaternaria calcarenitico-sabbiosa, o subaffiorante, al di sotto dei terreni di riporto R, in una limitata area tra il Teatro e P.zza R. Settimo, a causa di una serie di faglie ad alto angolo o subverticali che lo dislocano a varie altezze in singoli corpi strutturali.

Il substrato numidico risulta caratterizzato da una continua alternanza di argille a scaglie AB, argilliti e siltiti ARL e quarzareniti QZ che, per effetto della tettonizzazione, presentano giaciture inclinate con pendenze variabili. Le argille AB si presentano di colore grigio con

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

tessitura a scaglie minute da centimetriche a millimetriche, le siltiti ARL risultano compatte e fratturate o fissili con livelli argillitici e le quarzareniti QZ si presentano ben cementate e intensamente fratturate. Il sondaggio S283 evidenzia la presenza di un pacco molto spesso di argilla alterata AMG ad una profondità compresa tra 1,70 e 7,50 m dal p.c. Si tratta di argilla sabbiosa di colore bruno-tabacco con venature grigiastre e tracce della originaria tessitura a scaglie.

Sui terreni del substrato argilloso-quarzarenitico giacciono i terreni del complesso calcarenitico-sabbioso costituiti da un sottile livello di calcarenite giallastra CL debolmente cementata passante verso il basso a sabbia giallastra addensata con livelli calcarenitici centimetrici. Sia i terreni calcarenitici SC che quelli numidici sono ricoperti da terreni di riporto R.

Sotto il profilo idrogeologico la superficie piezometrica si localizza ad una profondità compresa tra 7,00 m e 10,00 m dal p.c. in corrispondenza dei terreni quarzarenitici QZ e delle argille alterate AMG.

10.8 STAZIONE ARCHIMEDE

La Stazione Archimede è ubicata al di sotto di Via Libertà, in corrispondenza dell'incrocio con la trasversale Via Catania. Essa ha una tipologia a banchine sovrapposte ed è planimetricamente ubicata in adiacenza al manufatto di bivio, con il quale costituisce un "unicum" strutturale e funzionale realizzato con una scatola a pianta pressochè trapezoidale realizzata a cielo aperto.

La ricostruzione del modello geologico del sottosuolo interessato dalla realizzazione della stazione si basa sui risultati derivanti dall'esecuzione dei sondaggi meccanici S1B46, S287, S1A15.

Tali indagini hanno evidenziato la presenza, pressochè continua, di terreni di riporto R costituiti di sabbia grigiastra con frammenti calcarei. Gli spessori rilevati variano tra 3.50 e 1.80 circa. Al di sotto si riscontra un spessore variabile tra 0.60 e 1.50 m di limi rossi residuali LR costituiti di limo sabbioso rossastro con frammenti calcarenitici. Tali terreni ricoprono una sequenza di calcareniti CL alternate a sabbie SC. In particolare, nella zona compresa tra via Agrigento e via La Farina i sondaggi S1A15 e S287 evidenziano la presenza di intervalli, spessi circa 5.00 m e oltre, di calcarenite giallastra CL da debolmente a ben cementata con intercalati livelli di sabbia SC. Oltre la profondità di circa 7.00 m dal p.c. prevale la sabbia giallastra SC debolmente limosa con noduli e sottili livelli di calcarenite CL. A profondità di circa 30.00-35.00 m si riscontrano intercalazioni di livelli di sabbia grossa con elementi di ghiaia poligenica SG ed a profondità comprese tra 22.00 e 39.00 m sono presenti, invece, livelli lentiformi di sabbie limose di colore giallo-verdastro Sa e grigiastro S e di limo sabbioso plastico LS con frammenti di fossili. Il sondaggio S287 evidenzia, a circa 40.00 m di profondità dal p.c., il passaggio della litofacies calcarenitico-sabbiosa, rappresentata da calcareniti CL variamente cementate, alla litofacies conglomeratico-ghiaiosa rappresentata da un intervallo, spesso circa 3 m, di sabbie limose con noduli e livelli di argilla grigiastra e ghiaia poligenica Sg. Queste ultime poggiano sul substrato numidico che, ad una profondità di circa 43.00 m dal p.c., inizia con un sottile strato di argilla alterata AMG, cui segue un livello, spesso circa m 1.50, di siltiti di colore grigio scuro ARL, dure e compatte, con superfici di discontinuità, e, infine, fino alla profondità investigata, argilla di colore grigio, compatta, con tessitura a scaglie AB.

Sotto il profilo idrogeologico l'area è caratterizzata dalla presenza di una falda idrica avente

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

sede nei terreni SC e CL della litofacies calcarenitico-sabbiosa, il cui substrato impermeabile è rappresentato dai terreni del complesso argilloso-quarzarenitico CAQ. La superficie piezometrica è ubicata a profondità di m 8.00-10.00 dal piano stradale.

Dal punto di vista geomorfologico l'area in cui sarà realizzata la Stazione Archimede rientra tra quelle indiziate per la presenza di cavità antropiche. Si tratta di antiche cave ipogee che potrebbero interessare le porzioni più superficiali, soprafalda, del sottosuolo interessato dalla realizzazione della Stazione.

10.9 STAZIONE NOTARBARTOLO

La Stazione Notarbartolo è ubicata al di sotto di Piazza Maria Boiardo, in corrispondenza del piazzale antistante la omonima stazione ferroviaria esistente. Essa presenta tre livelli funzionali, atrio, mezzanino, banchine. Le banchine sono centrali rispetto al corpo stazione che sarà scavato a cielo aperto. La profondità del piano di rotolamento è di circa 18.50 m.

In corrispondenza dell'area in cui verrà realizzata la Stazione sono stati eseguiti i sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominati S1B49, B50, B52 ed S289.

Tali indagini hanno evidenziato la presenza di uno strato di terreno di riporto R pressoché continuo, di spessore compreso tra m 1.50 e 2.50 circa, costituito di sabbia di colore bruno-giallastro con frammenti calcarenitici centimetrici. Il terreno di riporto ricopre i sottostanti terreni della litofacies calcarenitico-sabbiosa costituiti da un banco pressoché continuo di calcarenite debolmente cementata e sfaticcia CLa passante verso il basso ad una sequenza di livelli calcarenitici CL in alternanza a più spessi livelli di sabbia SC. La calcarenite CL si presenta da debolmente a ben cementata a tratti vacuolare, fossilifera di colore giallo-brunastro. La sabbia SC risulta di colore giallastro, da debolmente limosa a limosa, con sottili livelli calcarenitici. Ad una profondità di circa 24.00 m dal p.c. si trovano livelli lenticolari di sabbie limose Sa e limi sabbiosi LSA, plastici e di colore giallastro facenti parte della litofacies LAS, intercalati alla sabbia SC. Le sabbie SC e le calcareniti CL passano, ad una profondità compresa tra 22.00 e 28.00 m circa, alle sabbie S della litofacies argillo-sabbiosa LAS. La sabbia grigia si presenta da debolmente limosa a limosa ed in alcuni casi presenta noduli calcarenitici giallastri di natura organogena.

Dal punto di vista idrogeologico nel sito della Stazione si riscontra un acquifero a falda libera che ha sede nei terreni della litofacies calcarenitico-sabbiosa. La superficie piezometrica si attesta ad una profondità di circa 13.00 m dal p.c. Il substrato impermeabile è rappresentato dalle sabbie limose della litofacies argillo-sabbiosa LS.

11 CRITICITÀ E PROBLEMATICHE CONNESSE CON LA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELL'OPERA

Il tracciato della linea metropolitana in progetto, I tratta funzionale, attraversa, con una lunghezza di circa Km 6.5, i settori meridionale e centrale dell'area urbana di Palermo, attraversando anche parte del centro storico. Esso ha inizio in prossimità dell'incrocio tra Via Oreto e Viale Regione Siciliana e termina in prossimità della Stazione Ferroviaria Notarbartolo. Lungo il suo percorso la linea sottoattraversa l'alveo del F. Oreto, i paleoalvei ricolmati dei fiumi storici Kemonia e Papireto, nonché numerosi edifici di diversa epoca e tipologia edilizia.

Per la elaborazione dello studio geologico è stata effettuata una raccolta dati preliminare, che

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

si è concretizzata nella acquisizione di oltre 120 stratigrafie di sondaggi meccanici eseguiti in passato nell'area interessata dall'opera per scopi diversi. Sulla base dei dati preliminari è stata eseguita una campagna di indagini mirata, finalizzata alla caratterizzazione litologica dei terreni interessati dall'opera e all'accertamento della profondità cui si localizza la falda idrica. Complessivamente sono stati eseguiti n. 90 sondaggi meccanici a carotaggio continuo ubicati lungo la linea, nei punti in cui persistevano incertezze di ordine litologico-stratigrafico, nelle zone interessate dai manufatti più significativi (stazioni, manufatto di bivio, etc.), nei tratti in cui possono riscontrarsi situazioni di criticità in relazione alle problematiche di scavo e conseguenti effetti indotti sul territorio dalla realizzazione dell'opera.

Sulla base di tali indagini è stato elaborato il profilo geologico a scala 1/2000-1/200 nel quale è rappresentato un modello geologico-strutturale ed idrogeologico del sottosuolo attraversato dall'opera, che, pur nel senso di una schematizzazione, si ritiene attendibile e aderente alla realtà dei luoghi.

Sinteticamente l'assetto geologico lungo il tracciato può descriversi come appresso.

Lungo il tracciato della linea metropolitana si osserva la generale presenza di terreni calcarenitico-sabbiosi pleistocenici a giacitura suborizzontale, costituiti da sequenze in cui si alternano calcareniti giallastre e biancastre CL con grado di cementazione variabile, passanti sia in senso verticale che laterale a sabbie calcarenitiche giallastre SC e più raramente a calcareniti nodulari CN o vacuolari CV. In generale si ha una prevalenza dei terreni calcarenitici con subordinate intercalazioni di livelli sabbiosi; le sabbie calcarenitiche sono prevalenti, invece, nella parte inferiore del deposito calcarenitico-sabbioso. Alle riprese televisive in foro si osserva che la consistenza delle calcareniti è in genere quella di rocce lapidee, mentre con la perforazione, per effetto di un variabile grado di cementazione o di un certo grado di fratturazione, le calcareniti vengono campionate sottoforma di frammenti misti a sabbia.

Verso il basso i terreni della litofacies calcarenitico-sabbiosa passano in concordanza stratigrafica ai terreni della litofacies argilloso-sabbiosa, anch'essa pleistocenica, costituita di sabbie limose grigie fossilifere S e limi sabbiosi LS presenti estesamente nel tratto Via Oreto-P.zza San Domenico e in zona Via Sciuti, oppure presenti in sottili lembi discontinui interposti tra la litofacies calcarenitico-sabbiosa soprastante ed il substrato argilloso-quarzarenitico numidico nel tratto tra P.zza San Domenico e la zona Notarbartolo. La profondità cui si localizzano tali terreni, al di sotto di quelli calcarenitico-sabbiosi, è in genere variabile tra 10 ed oltre 20 m dal piano stradale. Il passaggio verticale tra le due litofacies calcarenitico-sabbiosa e argilloso-sabbiosa è in genere netto o avviene per successive alternanze.

Il substrato al di sotto delle due litofacies pleistoceniche è dato del complesso argilloso-quarzarenitico oligo-miocenico pertinente alla Formazione del Flysch Numidico. Esso, costituito di argille, argille siltose e marnose a scaglie AB, argilliti e siltiti ARL e strati e banchi quarzarenitica QZ, si localizza a profondità variabili a seguito di un assetto tettonico-strutturale complesso, caratterizzato dalla presenza di una più o meno densa griglia di faglie che generano una serie di alti e bassi morfostrutturali che lo portano in alcune zone molto profondo ed in altre più superficiale, fino ad affiorare. Lungo il tracciato di progetto si rinviene, infatti, a profondità molto elevate, oltre i 40-50 m nel tratto Oreto-Via Roma, a profondità comprese tra pochi metri ed oltre 10 nel tratto Piazza San Domenico-Stazione Notarbartolo, subaffiorante, ricoperto da una sottile coltre di terreni di riporto, in zona Politeama.

Spesso tra il substrato argilloso-quarzarenitico e le soprastanti litofacies pleistoceniche, calcarenitico-sabbiosa e argilloso-sabbiosa, si intercala una terza litofacies pleistocenica, di spessore pari a qualche metro al massimo e di natura conglomeratico-ghiaiosa, GH ed Sg,

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

depostasi a seguito della trasgressione del mare quaternario sul substrato numidico.

Il quadro geologico sinteticamente sopraillustrato viene completato dalla copertura di depositi continentali e più precisamente:

- depositi alluvionali antichi e recenti di natura ghiaioso-sabbiosa ALg e sabbioso-limosa ALf nell'area del Fiume Oreto, presenti fino a profondità di oltre 40 m dal piano stradale;
- depositi alluvionali antichi pertinenti alle paleovalli ricolmate dei Fiumi Kemonia e Papireto; presenti nel tratto tra Via Divisi e Piazza San Domenico, sono costituiti di limi organici nerastri plastici LO e sabbie limose grigio nerastre a zone torbose SL che si riscontrano fino a profondità comprese fra 10-13 ed oltre 20 m dal piano stradale;
- limi rossi residuali LR distribuiti in lembi discontinui di spessore dell'ordine del metro o poco più al tetto dei terreni calcarenitici;
- terreni di riporto R antichi e recenti dovuti alle modificazioni antropiche che nel tempo hanno interessato l'area urbanizzata.

Sotto il profilo idrogeologico i terreni del complesso calcarenitico-sabbioso rappresentano un acquifero di una certa consistenza a permeabilità medio alta per porosità e fessurazione. Esso è sede, pertanto, di una falda idrica avente direzione di flusso orientato verso mare. La superficie piezometrica, localizzata a profondità variabile tra pochi ed oltre 10 m dal p.c., presenta un andamento morfologico abbastanza regolare modellato sulla morfologia sepolta del substrato impermeabile.

Sotto il profilo geomorfologico in una piana densamente urbanizzata, quale è la città di Palermo, gli aspetti più rilevanti sono connessi:

- alla presenza di cavità ipogee di natura antropica; allo stato attuale si ha notizia di cavità esistenti nelle aree circostanti al tracciato di progetto e si conoscono alcune aree fortemente indiziate per la presenza di cave storiche sotterranee ubicate nel tratto Via Perez-Piazza Giulio Cesare e nel tratto Stazione Politeama-Via Domenico Costantino;
- al verificarsi di eventuali fenomeni di allagamento nella parte del centro storico (zona Borsa) classificata a rischio idraulico R2; tali fenomeni sono dovuti al concentrarsi dei deflussi superficiali conseguenti a piogge intense, che con difficoltà vengono smaltiti dal sistema di drenaggio attuale.

La breve sintesi appena illustrata è sufficiente ad evidenziare che le problematiche connesse con la fattibilità geologica dell'opera riguardano sostanzialmente le caratteristiche di consistenza dei terreni attraversati, nonché la interferenza tra l'opera e la falda idrica e gli effetti conseguentemente indotti da quest'ultima sul territorio circostante. Più marginali possono considerarsi le problematiche riguardanti la eventuale presenza di cavità ipogee o l'attraversamento di aree classificate a rischio idraulico in quanto fenomeni più superficiali rispetto alle quote di progetto alle gallerie.

E' ovvio che tali problematiche si pongono in maniera diversificata e con condizioni a diverso grado di severità in relazione alle tipologie delle opere da realizzare.

Più in particolare, le problematiche geologiche connesse con lo scavo delle gallerie riguardano:

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

1. Le caratteristiche di consistenza dei terreni attraversati. Esse condizionano la scelta dei metodi di scavo, le condizioni di stabilità del cavo, le condizioni di stabilità in superficie. Complessivamente le gallerie attraversano i seguenti tipi litologici:
 - terreni del complesso calcarenitico-sabbioso costituiti di sequenze in cui si alternano livelli a giacitura suborizzontale di calcarenite CL con grado di cementazione variabile, da lapidee a tenere e friabili, calcareniti CN costituite da un fitto scheletro di noduli ben cementati frammisti a sabbia, sabbie SC con noduli sparsi e sottili intercalazioni di calcarenite ben cementata; alle profondità della galleria questi litotipi sono distribuiti in senso laterale e verticale in modo del tutto casuale; si tratta di materiali facilmente scavabili distribuiti variamente lungo le gallerie; le condizioni di stabilità del cavo sono in genere buone e tendono a diventare più critiche dove prevalgono sequenze sabbiose, che possono originare fornelli dalla calotta; inoltre, laddove venga intercettata circolazione idrica sotterranea, le sabbie possono subire fenomeni di erosione e scavamento ad opera dei deflussi idrici laddove essi vengano drenati dalla galleria;
 - terreni del complesso argilloso-quarzarenitico, costituiti di argille a scaglie AB e argilliti e siltiti ARL con intercalati livelli quarzarenitici QZ; le quarzareniti sono molto dure e compatte, più o meno fessurate, in strati e banchi di spessore da decimetrico a diversi metri, a giacitura inclinata; le condizioni di stabilità del cavo complessivamente sono buone, tuttavia bisogna considerare per le argille la eventualità di fornelli di porzioni argillose particolarmente tettonizzate e scagliettate e la possibilità di rigonfiamenti e fuori sagoma, visto che le argille sono spingenti e si deformano a breve termine, una volta esposte all'aria; bisogna tenere presente, inoltre, possibili fenomeni di plasticizzazione delle argille al contatto con strati quarzarenitici saturi; le quarzareniti, infine, attraversate da giunti variamente orientati, possono dar luogo a distacchi di volumi lapidei dal fronte, lungo giunti sfavorevolmente orientati;
 - sabbie limose S e limi sabbiosi LS grigi fossiliferi, per i quali i problemi di stabilità del cavo sono piuttosto limitati; possono subire fenomeni di plasticizzazione al contatto con livelli saturi sabbioso-calcarenitici e possono essere interessati da fornelli dalla volta;
 - terreni alluvionali antichi e recenti costituiti da spesse sequenze di sabbie limose nerastre scarsamente addensate SL, limi organici nerastri plastici LO, sabbie limose e limi sabbiosi con elementi di ghiaia ALf e ghiaia di matrice sabbiosa ALg in livelli lenticolari; tali tipi litologici presentano in genere scadenti caratteristiche meccaniche e possono dare origine a fornelli dalla calotta e problemi di stabilità del cavo e del fronte.
2. La interferenza con la falda idrica. Le gallerie intercettano la falda idrica contenuta nell'acquifero calcarenitico-sabbioso; l'interferenza avviene in genere per l'intera altezza delle gallerie che, pertanto, si trovano completamente sottofalda; le gallerie, di conseguenza, vengono a costituire un ostacolo impermeabile al deflusso idrico sotterraneo; si ritiene, in ogni caso, che nei tratti in cui le gallerie intercettano il

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

substrato impermeabile possono verificarsi eventuali rigurgiti a monte, la cui entità sarà controllata dalla possibilità che ha la falda, comunque, di defluire al di sopra delle gallerie, date le coperture previste, mentre, laddove il substrato impermeabile è profondo e le gallerie si sviluppano nei terreni calcarenitico-sabbiosi, il regime idraulico sotterraneo non dovrebbe subire alterazioni significative, dato che la falda idrica ha possibilità di defluire agevolmente al di sotto e al di sopra delle gallerie.

In relazione alle problematiche sopra citate, è opportuno far presente, in ogni caso, che lo scavo meccanizzato scelto per la realizzazione dell'opera bensì adatta alla costruzione di gallerie in condizioni geologiche difficili, anche con basse coperture, terreni instabili e scavi sottofalda, è applicabile su terreni di consistenza variabile, da incoerenti più o meno plastici a lapidei, è in grado di sostenere il mantenimento della falda durante lo scavo, ha impatti molto bassi sulle strutture in superficie. Si ritiene, pertanto, che esso sia idoneo alla realizzazione delle gallerie previste in progetto e che le problematiche legate alle caratteristiche di consistenza dei materiali scavati, alle condizioni di stabilità di cavo, nonché alla presenza di falda idrica durante i lavori possano essere agevolmente superate col metodo di scavo prescelto.

3. La presenza di cavità antropiche ipogee. Lungo il tracciato le gallerie attraversano aree fortemente indiziate per la presenza di cavità antropiche ipogee. Queste ultime sono localizzate nei primi 20 m di sottosuolo e in ogni caso, al di sopra della falda. Non è da escludere la eventualità di intercettare qualche cavità ipogea poco al di sopra della volta delle gallerie, tenuto conto che a profondità galleria dovrebbe essere difficile incontrare cavità, visto che le gallerie sono sempre sottofalda. Non sono da escludere, pertanto, condizioni di criticità nel caso in cui le gallerie sono isolate da una cavità soprastante attraverso un diaframma sottile (pochi metri) di terreni calcarenitico-sabbiosi. Poiché ad oggi non si conoscono esatte ubicazioni, né geometrie di tali cavità, né si è certi della loro effettiva presenza, e poiché in ambiente urbano i metodi geofisici comunemente utilizzati per la ricerca di cavità ipogee danno risultati incerti e spesso scarsamente attendibili, si ritiene che la problematica vada affrontata, con risultati più efficaci, in corso d'opera, attraverso la esecuzione, nel tratto indiziato, di apposite indagini in avanzamento dal fronte della galleria. Nel caso venisse riscontrata qualche cavità andranno approfondite le indagini in modo da caratterizzarne la geometria e provvedere ad idonei interventi di intasamento e consolidamento a garanzia delle condizioni di sicurezza per l'opera da realizzare, sia in fase di cantiere che in fase di esercizio, e per l'edificio sovrastante.

Le problematiche connesse con la realizzazione delle stazioni riguardano:

la stabilità dei fronti di scavo: in relazione alle caratteristiche litologiche e meccaniche dei terreni, in generale, non si pongono particolari problemi per la stabilità delle pareti di scavo nei terreni calcarenitico-sabbiosi e argilloso-quarzarenitici, mentre problemi di stabilità possono porsi con i terreni sabbioso limosi più o meno plastici; tuttavia, considerata la profondità di scavo e considerato che i fronti di scavo sono posti in prossimità degli edifici esistenti, bisognerà porre particolare attenzione alla stabilità dei fronti di scavo medesimi, per eventuali cedimenti ed effetti indotti sugli edifici circostanti; sarà opportuno, pertanto,

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Geologica

prevedere opere di sostegno dei fronti di scavo, opportunamente rigide e dotate di tiranti o puntoni per limitare al massimo le decompressioni del terreno;

le interferenze tra falda idrica e opera da realizzare: lo scavo per la realizzazione delle stazioni interferirà in modo significativo con la falda idrica; si ritiene opportuno, pertanto, che sia previsto il drenaggio e l'allontanamento delle acque di falda durante i lavori e, nel contempo, l'impermeabilizzazione dello scavo, onde consentire condizioni di sicurezza all'opera in corso di esecuzione e di esercizio; inoltre, conseguenza dell'interferenza tra la falda idrica e le opere da realizzare potrà essere il rigurgito a monte della falda idrica, tenuto conto che i fronti di maggiore allungamento dei corpi stazione intercettano la falda con direzione normale alla sua direzione di deflusso; si ritiene opportuno che nella fase successiva di progettazione vada studiata ed approfondita la problematica, al fine di quantificare la effettiva interferenza con la falda e valutarne gli effetti indotti.