

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O.: CORPO STRADALE E GEOTECNICA

PROGETTO PRELIMINARE

NUOVA LINEA AV/AC VENEZIA - TRIESTE
TRATTA AEROPORTO MARCO POLO - PORTOGRUARO

RILEVATI E TRINCEE
Relazione geotecnica generale

SCALA :

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

L 345 00 R 11 RB GE0005 001 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	A.Ingletti	29/10/10	P.Tascione	02/11/10	D.Fochesato	03/11/10		

U.O. CORPO STRADALE E GEOTECNICA
Doc. Ing. FRANCESCO SACCHI
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. A23172
ITALFERR S.p.A.
275

File: L34500R11RBGE0005001A.doc

n.Elabor.



Questo progetto è cofinanziato
dalla Comunità Europea

INDICE

1. NORME E RIFERIMENTI	2
2. PREMESSA.....	4
3. CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI.....	6
3.1 Depositi Alluvionali Antichi (7).....	8
3.2 Depositi Alluvionali Recenti (6)	8
3.3 Depositi di Litorale Lagunare (5).....	9
3.4 Depositi Alluvionali dei Paleoalvei (4)	10
3.5 Depositi Alluvionali Attuali (2)	10
3.6 Assetto idrogeologico e circolazione idrica sotterranea	11
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	13
4.1 Definizione delle Unità Geotecniche	13
4.1.1 – Unità dei depositi alluvionali e lagunari recenti e attuali – Unità A	17
4.1.2 – Unità dei depositi alluvionali Antichi – Unità B.....	22
4.1.3 – Unità dei depositi sabbiosi e sabbioso ghiaiosi – Unità C.....	30
4.1.4 – Suscettività dei terreni alla liquefazione.....	43

1. NORME E RIFERIMENTI

1.1 - D. M. 11/3/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle opere di fondazione.

1.2 - Circolare Min. LL. PP. 24/9/1988 n. 30483: Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

1.3 - Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - Giugno 1977.

1.4 - *Ordinanza del 20/03/2003 n. 3274 e s.m.i.* "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

1.5 – D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni

1.6 – Campagna di indagini geognostiche Luglio 2010 - Vicenzetto: Sondaggi a carotaggio continuo

1.7 - Relazione tra angolo di attrito ϕ' delle sabbie e valori di N_{spt} tenendo conto dell'influenza del peso del terreno sovrastante σ'_{vo} (De Mello, 1971).

1.8 - Relazione tra N_{spt} e densità relativa D_r delle sabbie (Gibbs e Holtz, 1957).

1.9 - "Application of N-value to design of foundation in Japan" - Shioi Y. e Fukui J. (1992) - Proc. of the 2nd European Symposium on Penetration Testing - Amsterdam

2. PREMESSA

Ai fini dello studio di classificazione geotecnica del sottosuolo prevista nell'ambito del Progetto Preliminare della Tratta ferroviaria Aeroporto M. Polo - Portogruaro sulla linea AV/AC Venezia – Trieste, sono stati utilizzati sia i risultati delle determinazioni eseguite in laboratorio sui campioni indisturbati prelevati in fase di sondaggio geognostico, sia l'insieme di dati stratigrafici e geotecnici ricavati dallo studio delle risultanze delle campagne di indagine.

Lo studio è stato condotto attraverso le seguenti attività:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici e geomorfologici generali riguardanti l'area in studio;
- studio di dettaglio delle caratteristiche geologico-stratigrafiche del sottosuolo;
- analisi dettagliata dei caratteri stratigrafici del sottosuolo attraverso l'esame delle stratigrafie dei sondaggi geognostici eseguiti (campagna 2010);
- acquisizione ed analisi delle risultanze delle prove in sito;
- Studio e interpretazione delle risultanze delle prove geotecniche di laboratorio;

In particolare, l'analisi geotecnica si è basata sullo studio dei dati stratigrafici e litologico-tecnici a disposizione nonché sulle risultanze delle prove geotecniche eseguite in sito, rappresentate da prove penetrometriche dinamiche a fondo foro SPT e da misure di consistenza al penetrometro o scissometro tascabile sulle carote di materiale coesivo estratte in fase di perforazione.

Sulla base di quanto emerso dall'esame comparato dell'insieme dei dati a disposizione di carattere litologico e geotecnico, e tenuto conto della geologia dell'area in esame, si è proceduto alla definizione di "Unità Geotecniche", formate

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – Tratta Aeroporto di Mestre M. Polo - Portogruaro					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA L345	LOTTO 00	CODIFICA R 11 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. A	FOGLIO 5 di 44

da differenti terreni assimilabili per caratteristiche fisico-meccaniche, su cui impostare successivamente l'analisi geotecnica e definire un modello geotecnico del sottosuolo.

In fase di determinazione dei terreni tipo si è operata una distinzione basata sulle differenze litologiche o fisico-meccaniche evidenziabili nell'ambito di una stessa formazione, con particolare riferimento alla suddivisione tra terreni a comportamento coesivo e litotipi di natura prevalentemente granulare.

Nella identificazione delle diverse Unità geotecniche si è seguito complessivamente il criterio adottato in sede di studio geologico, procedendo pertanto ad una differenziazione dei diversi litotipi in base sia, ovviamente, ai caratteri litologici e granulometrici evidenziati dalle indagini geognostiche, sia al diverso ambiente di sedimentazione, sia, infine, alle diverse età di messa in posto del deposito, suddividendo le unità più antiche da quelle di recente e recentissima sedimentazione.

3. CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI

L'area oggetto di studio ricade nella porzione sud-orientale della Regione Veneto e, più precisamente, nella zona della Bassa Pianura Veneta, un'estesa area alluvionale sub-pianeggiante posta tra i territori provinciali di Venezia e Treviso.

La porzione sud-occidentale dell'area, compresa tra i comuni di Venezia e San Stino di Livenza, è rappresentata da territori lagunari e palustri, in buona parte bonificati, posti a quote variabili tra -3 e 2 m circa s.l.m.. La porzione nord-orientale dell'area, compresa tra i comuni di San Stino di Livenza e Portogruaro, è rappresentata da territori prevalentemente alluvionali e palustri, posti a quote variabili tra 2 e 6 m circa s.l.m..

I principali corsi d'acqua dell'area presentano un andamento circa NW-SE, e si sviluppano, in linea generale, dalla zona delle alpi venete fino all'area della Laguna di Venezia e del Mare Adriatico. Procedendo da SW a NE, i corsi d'acqua più importanti sono rappresentati dai Fiumi Sile, Piave, Livenza, Lemene e Tagliamento. Tali corsi d'acqua sono attualmente arginati e presentano alvei spesso pensili rispetto alle pianure alluvionali circostanti. Queste ultime, infine, sono attraversate da una fitta rete di canali di bonifica che garantiscono il deflusso idrico verso mare e sono supportati da sistemi di idrovore per il sollevamento meccanico delle acque e la bonifica artificiale delle aree più depresse.

L'assetto stratigrafico del territorio in studio è rappresentativo della storia geologica tardo-pleistocenica e olocenica dell'esteso settore di pianura che si affaccia sulla porzione più settentrionale del Mar Adriatico, pressoché interamente occupato da depositi alluvionali, palustri, lagunari e marino-salmastri di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene.

La messa in posto e l'attuale assetto morfo-stratigrafico dei suddetti depositi sono strettamente connessi ai numerosi cicli di ingressione e regressione marina, che hanno regolato l'evoluzione dei diversi cicli di erosione-sedimentazione dei corsi d'acqua causando ripetutamente il rimodellamento e la reincisione dell'attuale pianura e dei relativi fronti deltizi.

Gli ambienti deposizionali dell'area in esame, a causa delle complesse dinamiche di trasporto e rimescolamento dei sedimenti, risultano caratterizzati da litologie molto variabili tra loro.

Si possono distinguere comunque, in linea generale, quattro principali ambienti deposizionali, tutti corrispondenti all'ultima fase dell'evoluzione sedimentologica dell'area, iniziata nel tardo Pliocene e perdurata per tutto il Quaternario.

I diversi ambienti deposizionali individuabili nell'area di studio sono i seguenti:

- ambiente deposizionale alluvionale o fluviale;
- ambiente deposizionale deltizio;
- ambiente deposizionale litorale (lagunare e di spiaggia);

In relazione ai descritti caratteri geologico-stratigrafici e geomorfologici, nell'area oggetto di studio possono individuarsi le seguenti tipologie di depositi, descritte dal basso verso l'alto stratigrafico (la numerazione indicata tra parentesi si riferisce alla legenda della Relazione geologica e dell'allegata Carta Geologica).

3.1 Depositi Alluvionali Antichi (7)

Questi terreni rappresentano i depositi maggiormente affioranti, nonché i termini più antichi e stratigraficamente più bassi presenti nell'intera area di studio, di origine alluvionale, in parte connessi con la fase di avanzamento e massima espansione dei ghiacciai durante il Last Glacial Maximum.

Sono costituiti prevalentemente da limi, limi argillosi e limi sabbiosi, talora organici o torbosi, spesso alternati a locali livelli pluricentimetrici e decimetrici di sabbie e sabbie limose che formano corpi sedimentari dalla geometria lenticolare o tabulare, corrispondenti a depositi di piana inondabile. Sono altresì presenti subordinate sabbie ghiaiose, lenti di ghiaie fini, sabbie, limi sabbiosi, in stratificazione incrociata o tabulare, a geometria nastriforme, di spessore massimo di 4-5 m e larghezza compresa tra 50 e 200 m, relazionabili a depositi di canale e argine naturale di corsi d'acqua di tipo wandering e/o meandriiformi a bassa sinuosità.

La loro età è datata al Pleistocene Superiore (110.000 a.C. – 15.000 a.C.) e verso l'alto passano stratigraficamente ai Depositi Alluvionali Recenti.

3.2 Depositi Alluvionali Recenti (6)

Questi depositi sono essenzialmente sedimenti alluvionali connessi con il penultimo ciclo deposizionale dei corsi d'acqua presenti nell'area, il cui limite inferiore corrisponde ad una superficie erosiva di origine fluviale, mentre il limite superiore corrisponde in parte ad una superficie erosiva di origine fluviale e in parte coincide con l'originaria superficie deposizionale. Lo spessore, noto in letteratura, è compreso tra 2-5 m.

Lungo il tracciato in esame essi affiorano prevalentemente tra le progressive chilometriche: 8+800÷14+200; 38+800÷43+000 e 58+300÷59+800.

Sono costituiti principalmente da depositi di natura coesiva da fini a molto fini di natura argilloso-limosa e limo-argillosa, con matrice sabbiosa più o meno abbondante e tessitura variabile da supporto di matrice a supporto di clasti, localmente alternate a sabbie formanti corpi a geometria nastriforme che corrispondono a depositi di canale fluviale, generalmente incuneati entro i sedimenti antichi. Localmente si rinvengono ancora limi, limi argillosi e limi sabbiosi, talora organici o torbosi, in cui si riscontra la presenza puntuale di argille e argille limose, spesso ricche in sostanza organica, talvolta intercalate a limi torbosi e torba in strati da molto sottili a medi.

La loro età è Pleistocene Superiore - Olocene Sin-Romano (15.000 a.C. – IV-V sec. d.C.) e passano verso l'alto e lateralmente ai Depositi di Litorale Lagunare.

3.3 Depositi di Litorale Lagunare (5)

Tali depositi sono essenzialmente sedimenti di ambiente litorale di spiaggia, lagunare e di piattaforma marina, connessi con le lagune presenti in prossimità della costa. Il limite inferiore corrisponde ad una superficie erosiva di origine fluviale avente estensione regionale, mentre il limite superiore corrisponde all'originaria superficie deposizionale parzialmente rimodellata. Il loro spessore è valutabile, presumibilmente, intorno a 10 m.

Lungo il tracciato esaminato, tali depositi affiorano negli intervalli chilometrici: Km 14+200÷21+200 e 28+900÷ 40+850.

Sono essenzialmente costituiti da sabbie e sabbie limose al cui interno si rinvengono, frequentemente, frammenti di gusci di molluschi d'acqua, alternati a

limi, limi argillosi e limi sabbiosi, talora organici o torbosi, con numerosi frammenti di gusci di molluschi d'acqua. Sono inoltre presenti locali intercalazioni di torbe o di argille e limi torbosi, formanti corpi sedimentari a geometria tabulare e nastriforme che corrispondono a depositi di palude salmastra e di retrobarra.

La loro età è Pleistocene Superiore – Olocene (15.000 a.C. – Attuale).

3.4 Depositi Alluvionali dei Paleoalvei (4)

Tali depositi di origine alluvionale sono connessi con il riempimento di antichi alvei fluviali, a geometria nastriforme. Si rinvencono diffusamente lungo l'intero tracciato in esame, con affioramenti dalle limitate estensioni e dallo spessore variabile complessivamente da 3 a 20 m.

Sono essenzialmente costituiti da alternanze di ghiaie arrotondate, da medie a fini, con matrice sabbiosa più o meno abbondante e tessitura variabile da supporto di matrice a supporto di clasti, limi, limi sabbiosi, argille limose e limi argillosi, spesso ricchi in sostanza organica fino a intercalazioni di torbe o limi torbosi.

La loro età è Pleistocene Superiore - Olocene (15.000 a.C. - Attuale).

3.5 Depositi Alluvionali Attuali (2)

Tali depositi affiorano estesamente lungo l'intero tracciato in esame, costituendo i depositi stratigraficamente più alti affioranti nell'area, dallo spessore variabile nel complesso tra 10 e 12 m.

Sono sedimenti alluvionali connessi con l'ultimo ciclo deposizionale dei corsi d'acqua presenti nell'area, il cui limite inferiore corrisponde ad una superficie erosiva di origine fluviale, mentre il limite superiore corrisponde all'attuale superficie topografica.

Sono essenzialmente costituiti da depositi fini rappresentati da limi, limi argillosi e limi sabbiosi, talora organici o torbosi che formano corpi sedimentari a geometria lenticolare e tabulare, corrispondenti a depositi di piana inondabile.

La loro età è Olocene - Post-Romano (IV-V sec. d.C. – Attuale).

3.6 Assetto idrogeologico e circolazione idrica sotterranea

L'assetto idrogeologico generale dell'area di pianura in cui ricade il tracciato di progetto è sostanzialmente schematizzabile come un edificio a falde sovrapposte ed in pressione, localizzate in orizzonti più permeabili e separate da letti di materiale argilloso e limoso variabile da impermeabile a scarsamente permeabile.

La complessità e la variabilità geologica dei primi metri di sottosuolo fanno sì che l'idrogeologia del primo sottosuolo sia estremamente complessa. A ciò va aggiunta l'interazione tra acque sotterranee ed un sistema idraulico artificiale spesso governato da impianti idrovori che, indirettamente, determinano anche i livelli e le direzioni di deflusso della falda freatica

Nei depositi di natura coesiva, prevalentemente argilloso-limosi, talora organici o torbosi, con locali intercalazioni limoso-sabbiose e sabbioso-ghiaiose poco potenti, non sono presenti falde o corpi idrici di importanza significativa. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a molto bassa.

All'interno degli sedimenti costituiti da limi, limi sabbiosi e sabbie limose, talora organiche o torbose, con locali intercalazioni argilloso-limose e sabbioso-ghiaiose poco potenti, è possibile la presenza di falde, a superficie libera o in

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – Tratta Aeroporto di Mestre M. Polo - Portogruaro					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA L345	LOTTO 00	CODIFICA R 11 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. A	FOGLIO 12 di 44

pressione, con spessore, estensione ed importanza tuttavia modesti. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da buona a discreta.

I depositi sabbiosi e, limitatamente al tratto più settentrionale del tracciato, sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi, ospitano falde, a superficie libera o in pressione, con spessore, estensione ed importanza discreti, localmente notevoli. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da buona a discreta.

In relazione all'assenza di significativi corpi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi in corrispondenza della linea di progetto, sembra escludersi la presenza di importanti acquiferi in pressione localizzati a profondità pari o inferiori ai 40-45 metri rispetto all'attuale piano campagna.

L'assetto idrogeologico è complessivamente caratterizzato da alternanze discontinue di litotipi prevalentemente argilloso-limosi, dotati di permeabilità bassa o molto bassa, e subordinati litotipi prevalentemente limo-sabbiosi e sabbioso-limosi, di maggiore permeabilità. Questi ultimi sono generalmente sede di falde, anche se con scarsa locale continuità laterale e marcata variabilità dello spessore degli acquiferi.

Le risultanze delle indagini geognostiche evidenziano generalmente lungo l'intera linea l'esistenza di una falda freatica o semiconfinata con soggiacenza di 1-2 metri rispetto al piano campagna o, molto spesso, distribuita a profondità inferiori al metro. Raramente sono stati riscontrati livelli di falda posizionati a profondità superiori a 2 metri.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Definizione delle Unità Geotecniche

La caratterizzazione in diversi litotipi, o Unità Geotecniche, e la differenziazione dei terreni costituenti la successione stratigrafica presente nel sottosuolo sono state eseguite sulla base dell'interpretazione ed elaborazione dei risultati delle indagini geognostiche eseguite in sito nonché a seguito delle risultanze di una serie di analisi di laboratorio effettuate su campioni indisturbati prelevati in sede di indagine.

Come in precedenza descritto, si è tenuto conto dell'assetto geologico-stratigrafico generale del territorio e, in particolare, sia dei diversi ambienti di sedimentazione di ciascun deposito, sia, soprattutto, delle diverse età di messa in posto del deposito, differenziando le unità più antiche da quelle di recente e recentissima sedimentazione.

Per la caratterizzazione e parametrizzazione geotecnica sono stati inoltre presi in esame e processati analiticamente i risultati delle prove geotecniche di laboratorio nonché quelli desunti sia dall'interpretazione delle prove in sito (Prove Penetrometriche Dinamiche SPT), sia dall'analisi dei materiali estratti, tenuto conto che tali indagini hanno interessato direttamente l'intera sequenza deposizionale presente nel sito di progetto fino a profondità compresa tra 20 e 45 metri.

La classificazione geotecnica ha tenuto conto della suddivisione nelle diverse unità lito-stratigrafiche individuate in sede di caratterizzazione geologica (v. relazione geologica e Carta geologica allegata).

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – Tratta Aeroporto di Mestre M. Polo - Portogruaro					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	L345	00	R 11 RB	GE 00 05 001	A	14 di 44

In relazione all'analisi dei dati stratigrafici, geognostici e geotecnici ed alla complessiva omogeneità litologica osservata, in sede di studio geotecnico sono stati tuttavia accorpati in una sola Unità geotecnica (**Unità A**) i sedimenti di recente e recentissima deposizione di natura coesiva presenti nella pianura, rappresentati dai Depositi Alluvionali Recenti e quelli Attuali, dai Depositi dei Paleoalvei nonché dai Depositi di Litorale Lagunare, tutti caratterizzati da un'età compresa tra 15.000 anni a.C. e l'attuale (Olocene - attuale).

Tali litotipi sono stati differenziati dai sedimenti prevalentemente limo-argillosi e argilloso limosi riconducibili ai Depositi alluvionali Antichi, classificati come **Unità B**, la cui messa in posto deve ricondursi ad un esteso lasso temporale per gran parte distribuito nel Pleistocene superiore e l'inizio dell'Olocene e riferito a depositi di età compresa tra 110.000 anni a.C. e 15.000 anni a.C..

Una ulteriore Unità geotecnica (**Unità C**) comprende i banchi di sabbie e sabbie limose da medio-fini a medio-grossolane più continui e di maggiore spessore che caratterizzano localmente il sottosuolo soprattutto all'interno della successione dei depositi alluvionali antichi, dove formano corpi lenticolari talora piuttosto estesi di spessore compreso tra qualche metro fino a 8-10 metri.

Nella stessa Unità sono stati considerati alcuni orizzonti ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi intercalati all'interno della successione dei depositi alluvionali antichi dell'Unità B e rinvenuti esclusivamente all'estremità settentrionale del tracciato di progetto, all'altezza dei viadotti Reghena e Lemene.

In relazione a quanto precedentemente esposto, nell'area in esame sono state individuate tre differenti Unità Geotecniche (**tra parentesi i riferimenti alla legenda della Carta geologica**):

- Unità dei depositi alluvionali e lagunari recenti e attuali di natura coesiva - Unità A (Unità 2, 4, 5, 6)

- Unità dei depositi alluvionali antichi di natura coesiva – Unità B (Unità 7)

- Unità dei depositi alluvionali antichi di natura sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa – Unità C (Unità 7)

Dal punto di vista litologico e geotecnico generale, le Unità A e B sono complessivamente caratterizzate dalla prevalenza di materiali fini di natura da limo-argillosa a argilloso-limosa, talora ad elevato contenuto organico o localmente associati a centimetrici livelli argilloso-torbosi fino a poco diffusi orizzonti di torbe e limi torbosi. Il tenore in sabbia è molto variabile ma nel complesso subordinato, spesso in forma di sottili livelli da sabbiosi a limo-sabbiosi a sabbioso-limosi di spessore da centimetrico a decimetrico, sciolti o poco addensati, in continua alternanza con orizzonti limosi e limo-argillosi.

Talora frequenti possono risultare le lenti di argille con resti organici e di torba che hanno spessori financo di 2,00 m. Quest'ultime possono essere rinvenute anche negli strati più superficiali come ad esempio nel sondaggio S32 (km 41+650) che le incontra a ca. 3,00 m dal p.c.

Tali Unità caratterizzano pertanto la quasi totalità del sottosuolo del territorio interessato dal tracciato e condizionano fortemente le caratteristiche geotecniche di insieme dei terreni presenti fino a profondità dell'ordine dei 40-45 metri.

Le caratteristiche geotecniche complessive, in termini di resistenza e deformabilità, possono considerarsi da scadenti a mediocri, in relazione sia alle

proprietà litologiche dei rispettivi depositi, prevalentemente fini o molto fini e localmente di natura organica, sia, soprattutto, alla recente età di sedimentazione, cui sono legati i modesti stati di consolidazione e la ridotta consistenza che contraddistinguono rispettivamente i litotipi di ciascuna Unità.

In particolare, si tratta di materiali caratterizzati da una deformabilità molto marcata, soprattutto nella parte superiore della successione stratigrafica e ancor più all'interno dei depositi limo-argillosi, talora organici, di recente e recentissima deposizione riconducibili all'Unità geotecnica A.

L'elevata compressibilità degli orizzonti coesivi che caratterizzano gran parte della porzione superiore del sottosuolo rappresenta una delle maggiori problematiche geotecniche che interessano il tracciato di progetto, soprattutto in relazione al comportamento ed alla deformabilità dei terreni di fondazione sotto l'azione del carico esercitato dai rilevati ferroviari nonché della stabilità del rilevato stesso in relazione alla geometria della sovrastruttura e delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni di imposta.

Tenuto conto dei notevoli cedimenti da prevedersi alla luce dell'elevata deformabilità dei terreni di fondazione, in corrispondenza dei tratti della linea caratterizzati da maggiore dislivello tra il piano del ferro e il piano campagna i rilevati ferroviari sono stati sostituiti da strutture alleggerite in c.a. di tipo scatolare. Nei casi di maggiore criticità geotecnica, si sono previste strutture scatolari fondate su pali.

Una volta descritte le caratteristiche litotecniche generali osservate all'interno di ciascuna Unità, sono state successivamente individuate le rispettive caratteristiche geotecniche, desunte utilizzando, per i dati provenienti dalle indagini di sito, una serie di correlazioni geotecniche note in letteratura, ed

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – Tratta Aeroporto di Mestre M. Polo - Portogruaro					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	L345	00	R 11 RB	GE 00 05 001	A	17 di 44

integrando e confrontando tali informazioni con i parametri forniti dal laboratorio geotecnico.

4.1.1 – Unità dei depositi alluvionali e lagunari recenti e attuali – Unità A

In tali Unità sono stati considerati i depositi alluvionali di natura prevalentemente coesiva che occupano le aree di fondovalle corrispondenti ai principali corsi d'acqua del territorio preso in esame, rappresentati dai fiumi Sile, Piave, Livenza, Reghena e Lemene. Comprendono i depositi alluvionali attuali, i Depositi alluvionali dei Paleoalvei e i Depositi alluvionali recenti, individuati rispettivamente come Unità 2, 4 e 6 in sede di Relazione geologica.

Appartengono a detta Unità anche i cosiddetti Depositi di Litorale Lagunare

I litotipi dell'Unità A caratterizzano la porzione più superficiale del complesso alluvionale che occupa alcune porzioni del settore di pianura attraversato dal tracciato, con spessori mediamente compresi tra 5-7 metri e circa 10-12 metri. Per la distribuzione di dettaglio e l'andamento della superficie di letto dei suddetti depositi si fa riferimento a quanto riportato nei profili geologici.

I tratti del tracciato di progetto maggiormente interessati dalla presenza dei litotipi dell'Unità A riconducibili a depositi alluvionali recenti e attuali sono i seguenti:

- da progr. Km 7+500 a progr. Km 15+100: spessori 7-10 m (viadotti Zero-Sile e Piovega-Fossetta);
- da progr. Km 21+200 a progr. Km 29+100: spessori 10-12 m (viadotti Vecchio Piave e Piave);

- da progr. Km 41+000 a progr. Km 43+200: spessori 10-12 m (viadotto Reghena);
- da progr. Km 58+600 a progr. Km 60+100: spessori 7-8 m (viadotto Lemene);

All'interno dell'Unità geotecnica A sono stati considerati anche i sedimenti di litorale lagunare che occupano un esteso settore compreso tra le progressive da Km 14+300 a progr. Km 21+200 e da Km 29+100 a progr. Km 41+100, con spessori variabili tra pochi metri e 7-9 m.

Si tratta in ogni caso di sedimenti di recente e recentissima deposizione (15.000 anni a.C. – attuale) a granulometria fine o molto fine, talora di natura organica, rappresentati da limi argilloso-sabbiosi e argille debolmente limose grigie o grigio-nocciola fino a grigio-ocra con locali orizzonti organici nerastri fino a rari livelli di torba di 3-4 cm, cui si intercalano subordinati orizzonti sabbiosi da millimetrici a centimetrici.

Sono contraddistinti da consistenza complessivamente modesta e caratteristiche litotecniche e geotecniche mediocri. Gli orizzonti granulari, presenti in forma di sabbie fini limose di colore grigio e generalmente limitati a sottili livelli di spessore centimetrico, possono talvolta presentarsi in lenti più cospicue di spessore massimo dell'ordine di 0.5 – 1 metro.

La parte superiore della sequenza stratigrafica, di spessore di qualche metro, presenta occasionalmente uno strato maggiormente consistente verosimilmente riconducibile alla fascia più superficiale di litotipi limo-argilloso-sabbiosi sovraconsolidati per effetto "aging" o a causa delle ripetute oscillazioni della superficie piezometrica. Tali materiali presentano livelli di consistenza e addensamento mediamente elevati, via via decrescenti all'aumentare della profondità.

Una valutazione complessiva dei livelli di consistenza e degli stati di consolidazione delle facies coesive è stata ottenuta sulla base di informazioni ricavate in sede di sondaggio a carotaggio continuo, in termini di descrizione litotecnica e valori di resistenza al penetrometro e scissometro ottenute in sito (R_p e V_t).

L'andamento con la profondità del valore allo scissometro V_t ottenuto sulle carote estratte in sede di indagine è illustrato nel diagramma di figura n.1. Ulteriori indicazioni sono state fornite dall'andamento dei valori di N_{30} derivati dalle prove SPT eseguite a fondo foro e dai valori di resistenza al penetrometro R_p in sito.

Si evidenzia l'esistenza di litotipi a consistenza complessivamente modesta, caratterizzati da valori di resistenza al penetrometro spesso ridotti e compresi tra 0.4 e 1.5 Kg/cm² (40-150 KPa).

Una prima valutazione della resistenza al taglio in condizioni non drenate, espressa in termini di coesione non drenata C_u , è stata ottenuta direttamente dai valori di resistenza allo scissometro V_t ottenuto in sito che, soprattutto fino a profondità di 5-6 metri, sono complessivamente modesti e mediamente compresi tra 15 e 30 KPa. Valori superiori, dell'ordine dei 50-80 Kpa appaiono più rari, poco rappresentativi e riconducibili a situazioni geotecniche locali.

Con riferimento alle proprietà fisico-meccaniche, per una valutazione delle caratteristiche geotecniche sono stati presi in esame anche i risultati delle prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati prelevati in sede di indagine, rappresentate da prove triassiali non consolidate non drenate TXUU e prove di espansione laterale libera ELL.

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – Tratta Aeroporto di Mestre M. Polo - Portogruaro					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA L345	LOTTO 00	CODIFICA R 11 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. A	FOGLIO 20 di 44

I risultati ottenuti, in termini di valore della coesione non drenata, sono stati riportati nel diagramma di figura n. 1, da cui si conferma una C_u prevalentemente compresa tra 12 e 38 KPa, in accordo con i dati geotecnici di sito.

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza in condizioni drenate, in relazione allo stato di normalconsolidazione del deposito, dei modesti livelli di consistenza osservati e della presenza di orizzonti organici intercalati, possono stimarsi parametri non elevati, espressi da modesti o trascurabili contributi del valore della coesione c' e da angoli di attrito ridotti, dell'ordine dei 20° - 22° .

I risultati ottenuti da prove geotecniche di laboratorio e relativi soprattutto a prove di taglio diretto T_d sono stati ritenuti poco significativi soprattutto in relazione alle poche prove effettuate.

In relazione ai caratteri litologici dei litotipi in esame, contraddistinti da prevalenza di materiali da argilloso-limosi a limoso-argillosi e talora organici, nonché ai livelli di consistenza mediamente riscontrati, si evidenziano altresì parametri di deformabilità generalmente modesti e indicativi di compressibilità mediamente elevata, soprattutto negli strati più superficiali, espressa da valori del modulo E_d dell'ordine di 25-40 Kg/cmq.

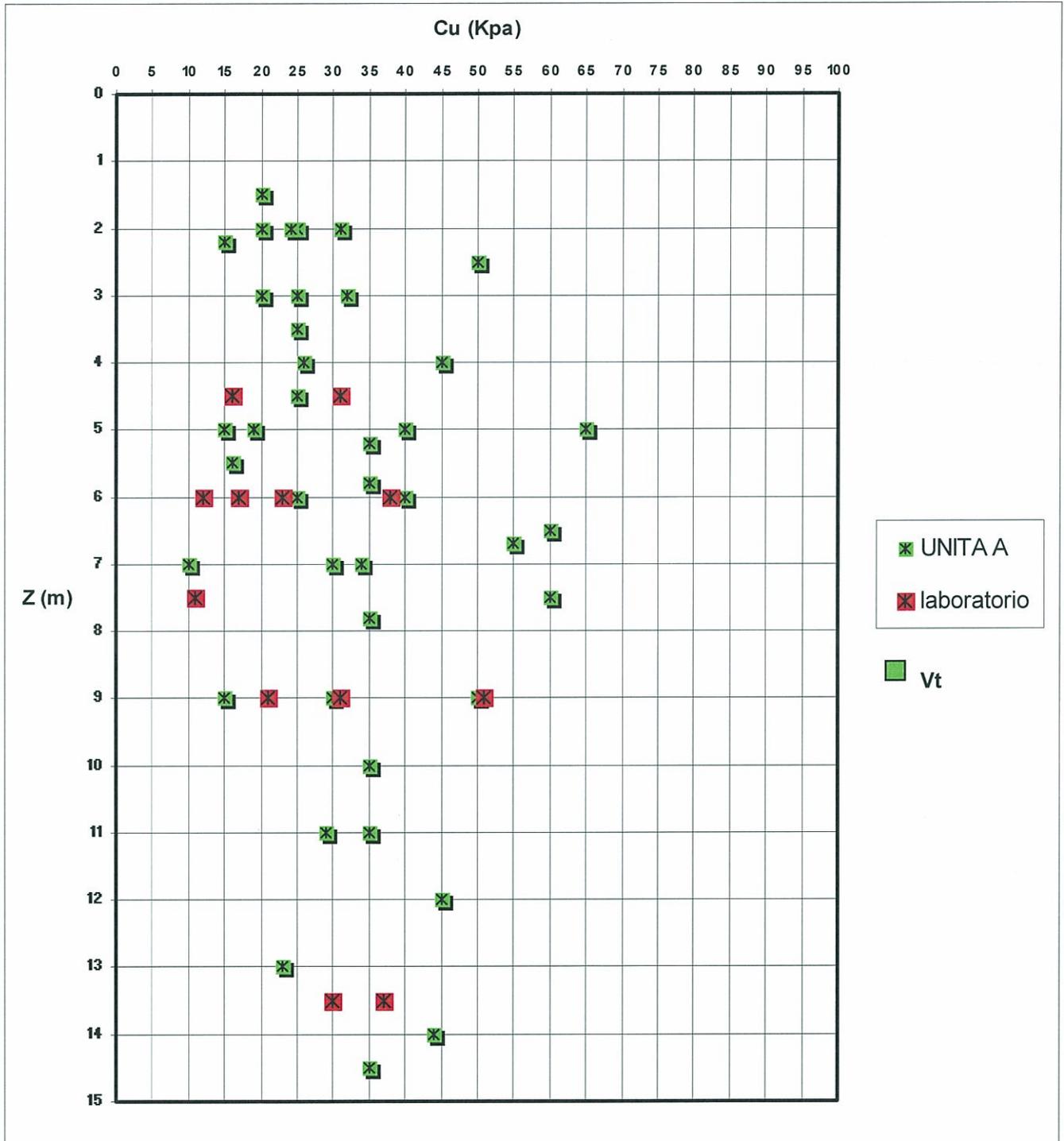


Figura n. 1 – Unità A - Andamento del valore di resistenza allo scissometro tascabile Vt (Cu) con la profondità e valori di Cu ricavati da prove di laboratorio

Sulla base delle determinazioni così ottenute, per i depositi rappresentativi delle Unità A, i principali parametri di resistenza e deformabilità di interesse geotecnico possono essere sintetizzati nella tabella n.1 di seguito riportata.

UNITA' GEOTECNICA	PESO DI VOLUME KN/MC	Nspt	Rp (KPa)	C' (KPa)	Cu (KPa)	ANGOLO DI ATTRITO ϕ'	MODULO EDOMETRICO Ed (Kpa)
UNITA' A Argille limose e limi argillosi	18-19	/	30-150	0-5	15-35	20°-22°	2.500-4.000

Tabella n.1 – Principali parametri geotecnici delle Unità A

4.1.2 – Unità dei depositi alluvionali Antichi – Unità B

A questa appartiene la gran parte dei depositi di natura coesiva che caratterizzano il sottosuolo in corrispondenza del territorio attraversato dal tracciato. La loro età di deposizione comprende un ampio intervallo temporale, esteso tra 100.000 anni a.C. e 15.000 anni a.C..

Risultano affioranti su un ampio tratto del territorio di progetto, soprattutto nella parte iniziale del tracciato, fino alla progressiva Km 7+500, e nel tratto più settentrionale, tra la progressiva Km 43+300 e fine tracciato. Nella parte centrale costituiscono i terreni su cui poggiano i depositi alluvionali e di litorale lagunare di recente e recentissima deposizione, appartenenti all'Unità A.

Lo spessore massimo accertato in sede di sondaggio geognostico è dell'ordine dei 45 metri.

La sequenza tipo comprende argille debolmente limose di colore grigio, da poco o mediamente consistenti fino a consistenti o localmente molto consistenti, da mediamente plastici a molto plastici, talora con sottili livelletti di torba di spessore pluricentimetrico, con intercalazioni centimetriche e decimetriche di limi debolmente sabbiosi di colore grigio e episodici orizzonti di sabbie con limo grigio.

La successione presenta talora ripetute intercalazioni di limi più o meno sabbiosi di colore grigio-nocciola, livelletti debolmente argillosi, passanti ad argille debolmente limose con tracce organiche di colore grigio scuro.

Come in precedenza descritto, la presenza di livelli di sabbie e sabbie limose da fini a medio grossolane di colore da grigio a grigio chiaro, con sottili intercalazioni di limo, è localmente non trascurabile, con spessori talora dell'ordine dei 7-8 metri. In tali casi, tali litotipi sono stati oggetto di differente classificazione geotecnica e considerati come Unità C, come successivamente descritto.

Gli orizzonti organici, costituiti talora da vera e propria torba nerastra, possono raggiungere in alcuni casi uno spessore di circa 1-1.5 metri e risultano intercalati alla successione alluvionale lungo l'intero arco delle profondità indagate, essendo stati riscontrati fino a circa 45 metri dal piano campagna.

Per quanto riguarda i caratteri fisico-meccanici dei suddetti materiali, si è fatto riferimento sia all'analisi dei logs stratigrafici dei sondaggi che hanno attraversato l'intera sequenza deposizionale fino a profondità di 45 metri, sia ai dati di prove in sito, essenzialmente rappresentati da misure al penetrometro tascabile Rp, da misure con scissometro Vt, sia a informazioni relative a prove di

laboratorio.

Si tratta complessivamente di litotipi a grana fine o molto fine appartenenti per gran parte alla classe granulometrica delle argille e dei limi. Le percentuali di sabbia risultano generalmente non elevate ed inferiori al 15-20%, ad eccezione, come detto, delle maggiori concentrazioni riscontrate all'interno degli orizzonti o livelli di sabbie fini o molto fini limose di spessore centimetrico interstratificate alla sequenza limo-argillosa e argilloso-limosa.

I litotipi dell'Unità in esame risultano contraddistinti da caratteristiche geotecniche complessivamente simili lungo l'intero arco delle profondità investigate. In relazione ai dati geotecnici a disposizione non sembrano individuarsi significativi incrementi delle caratteristiche meccaniche, almeno fino a 40-45 metri di profondità dal piano campagna, se non un moderato incremento del livello di consistenza evidenziato unicamente dalle misure di resistenza al penetrometro Rp. Osservando infatti il diagramma di figura n.3 si osservano valori mediamente non elevati e prevalentemente compresi nell'intervallo 0.5-1.5 Kg/cmq, fino a profondità di circa 20 metri, e più frequentemente attestati nel range tra 1 e 2 Kg/cmq, tra -20 e -40 m da p.c. Valori di Rp superiori, dell'ordine di 2-3 Kg/cm, sono nel complesso subordinati lungo l'intero arco delle profondità indagate.

Tenuto conto della storia geologica di tali materiali, comunque di deposizione piuttosto recente, soprattutto nei livelli più superficiali, si è verosimilmente in presenza di litotipi in prevalenza normalmente consolidati, saturi, contraddistinti da caratteristiche geotecniche complessivamente da mediocri a localmente discrete.

Una valutazione della resistenza a breve termine, in termini di coesione non drenata C_u , e' stata elaborata con riferimento ai valori di resistenza al penetrometro tascabile R_p , indicati a fianco delle colonne stratigrafiche dei sondaggi geognostici eseguiti. In particolare, si è ottenuta una stima della coesione non drenata tramite la correlazione $C_u = 0.5 R_p$ (Sanglerant, 1972).

Una più accurata valutazione della resistenza al taglio in condizioni non drenate, espressa in termini di coesione non drenata C_u , è stata ottenuta direttamente osservando l'andamento dei valori di resistenza allo scissometro V_t ottenuti in sito sulle carote estratte, la cui variazione con la profondità è stata riportata nel diagramma di figura n.2.

Nello stesso diagramma sono stati inoltre riportati i valori di coesione non drenata C_u ottenuti da prove di laboratorio del tipo triassiali non consolidate non drenate TXUU e prove ad espansione laterale libera ELL.

L'andamento dei valori di V_t non evidenzia le stesse variazioni all'aumentare della profondità mostrate nel diagramma relativo alla resistenza al penetrometro R_p .

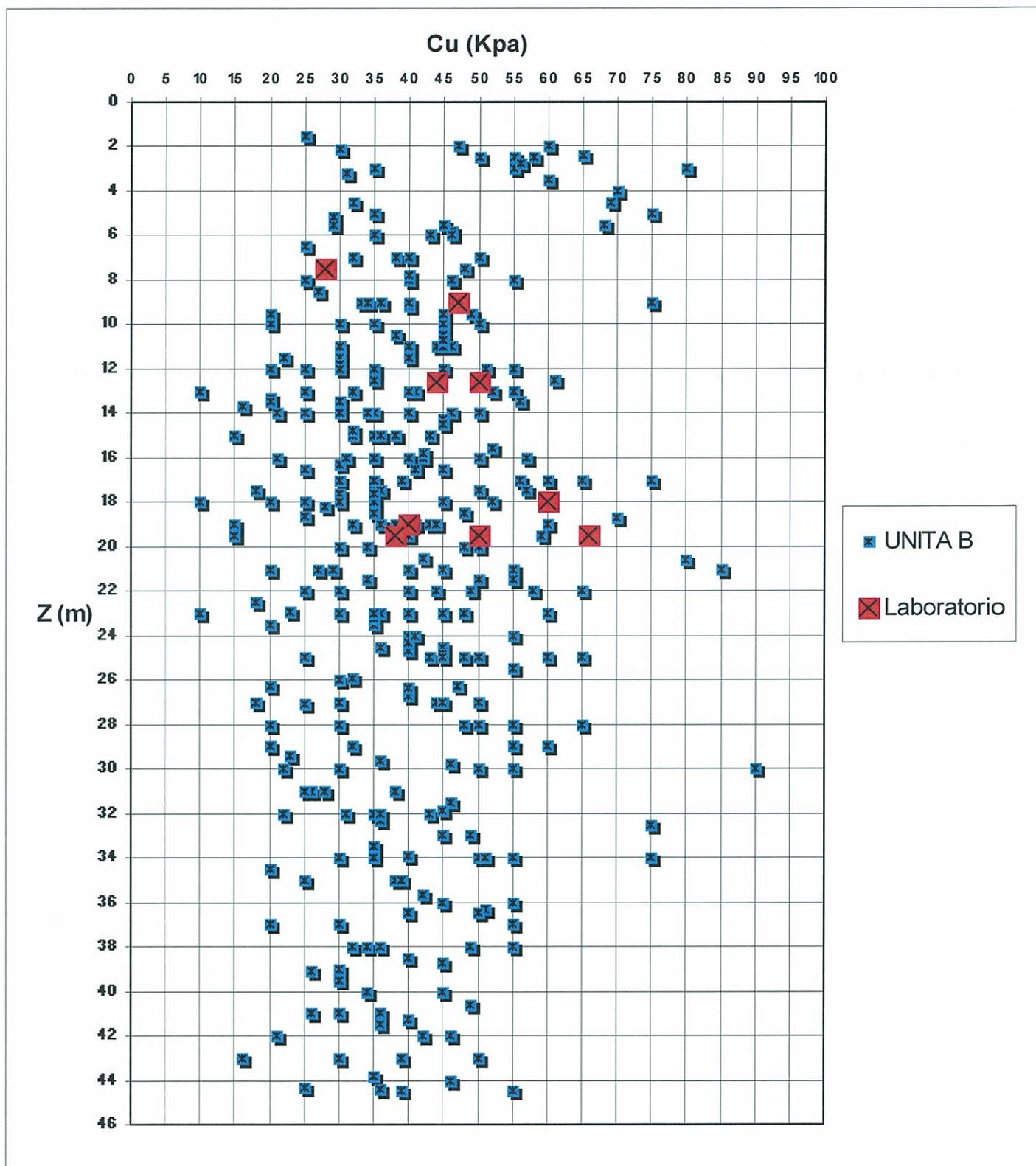


Figura n. 2 – Unità B - Andamento del valore di resistenza allo scissometro tascabile Vt (Cu) con la profondità - Sono riportati i valori di Cu ottenuti da prove di laboratorio

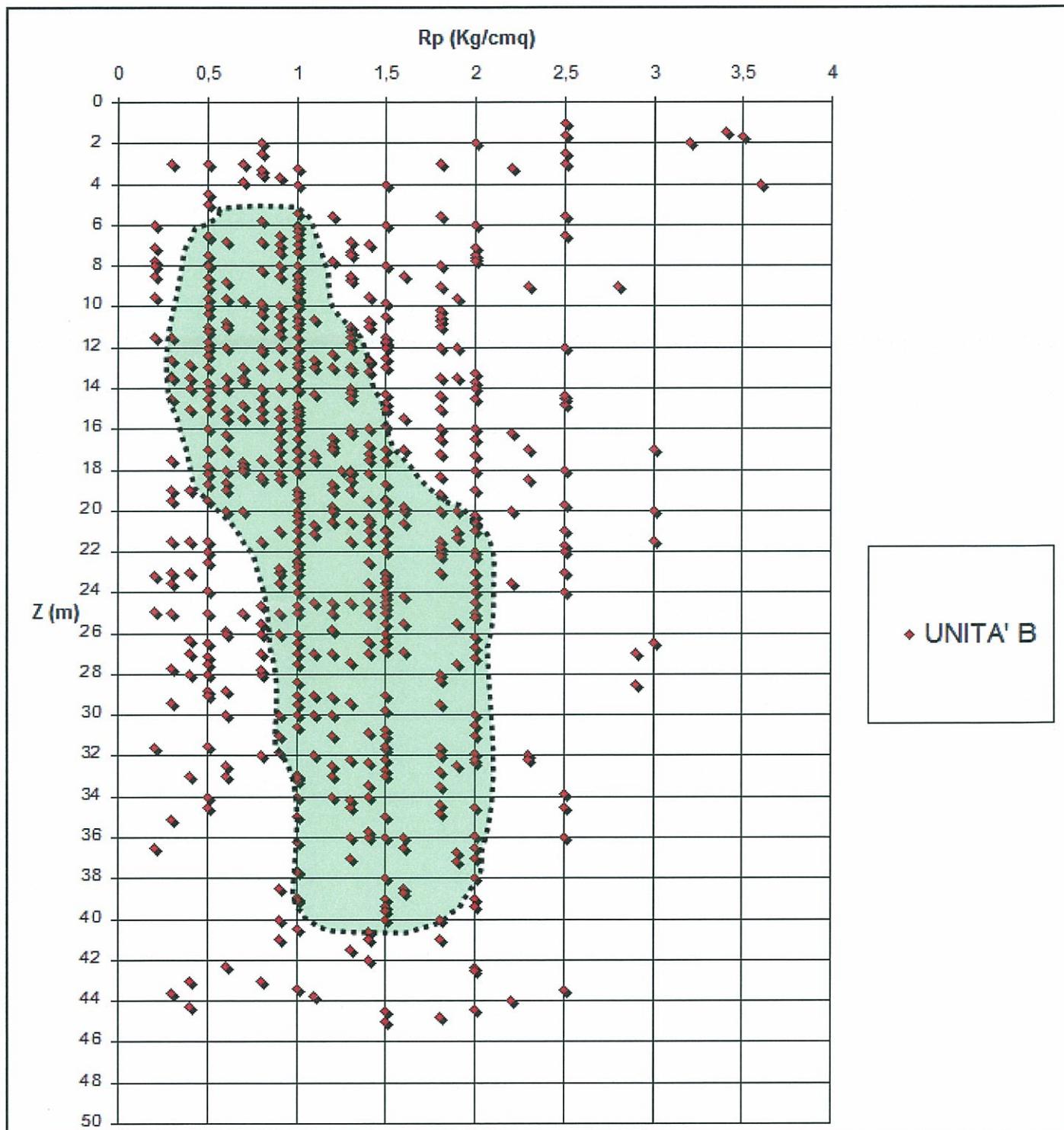


Figura n. 3 – Unità B - Andamento del valore di resistenza allo penetrometro tascabile R_p con la profondità

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – Tratta Aeroporto di Mestre M. Polo - Portogruaro					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA L345	LOTTO 00	CODIFICA R 11 RB	DOCUMENTO GE 00 05 001	REV. A	FOGLIO 28 di 44

Anche in questo caso, appare tuttavia evidente la variabilità del livello di consistenza che caratterizza l'intera successione, dove ad orizzonti soffici o di modesta consistenza, in cui V_t (Cu) è dell'ordine dei 15-20 Kpa, si affiancano livelli maggiormente coesivi e di più elevata consistenza, in cui la misura del Vane test e della Cu può raggiungere i 60-70 Kpa.

L'andamento generale dei dati di V_t ottenuti evidenzia tuttavia una concentrazione delle misure su valori non elevati, a cui può associarsi una coesione non drenata Cu mediamente compresa nell'intervallo tra 30 e 45 KPa.

I valori ottenuti da prove di laboratorio si attestano prevalentemente entro un intervallo leggermente più elevato, corrispondente ad una Cu compresa tra 37 KPa e 50 KPa (v. figura n.2).

Con riferimento alle caratteristiche di resistenza in condizioni drenate, in relazione ai dati di sito a disposizione, per i litotipi dell'Unità geotecnica in esame possono stimarsi parametri di resistenza al taglio complessivamente da modesti a localmente discreti, in relazione alla notevole variabilità dei livelli di consistenza riscontrati. Detti parametri possono pertanto esprimersi in termini sia di coesione c' , da ritenersi comunque non elevata dell'ordine dei 5-10 Kpa, sia in termini di angolo di attrito ϕ' , compreso in un intervallo tra 23°-25°.

Per quanto riguarda i dati di laboratorio, le numerose prove effettuate, rappresentate da prove di taglio diretto TD e prove triassiali TXCD hanno fornito parametri di resistenza mediamente piuttosto elevati, soprattutto in termini di coesione c' , spesso compresa tra 20 e 40-50 Kpa, da ritenersi complessivamente sovrastimati in quanto non sempre sembrano in accordo con le caratteristiche di consistenza evidenziati nei litotipi dell'Unità in esame.

In molti casi, si ritiene che tali valori possano essere rappresentativi di quei livelli argilloso-limosi e limo-argillosi di maggiore consistenza presenti in forma subordinata all'interno della successione.

In relazione ai caratteri litologici dei litotipi in esame, contraddistinti da prevalenza di materiali da argilloso-limosi a limoso-argillosi e talora organici, nonché ai livelli di consistenza mediamente riscontrati, possono stimarsi parametri di deformabilità generalmente mediocri e indicativi di compressibilità complessivamente elevata, espressa da valori del modulo Ed dell'ordine di 30-45 Kg/cm² (3000-4500 KPa).

Sulla base delle considerazioni di carattere geotecnico precedentemente descritte, per l'Unità geotecnica sopra indicata i principali parametri di resistenza e deformabilità di interesse geotecnico possono essere sintetizzati secondo quanto di seguito indicato.

UNITA' GEOTECNICA	PESO DI VOLUME KN/MC	Nspt	Rp (KPa)	C' (KPa)	Cu (KPa)	ANGOLO DI ATTRITO ϕ'	MODULO EDOMETRICO Ed (Kpa)
UNITA' B Argille limose e limi argillosi	19-20	/	30-250	0-15	30-50	23°-25°	3.000-4.500

Tabella n.2 – Principali parametri geotecnici delle Unità B

4.1.3 – Unità dei depositi sabbiosi e sabbioso ghiaiosi – Unità C

All'interno dell'*Unità C* sono stati considerati i banchi sabbiosi e sabbioso-limosi che, a diverse profondità, si intercalano nella sequenza argillosa e limo-argillosa principalmente dell'*Unità B*, con spessori variabili tra alcuni metri fino ad un massimo di circa 8-10 metri.

Si tratta di materiali prevalentemente granulari, a granulometria da medio-fine a medio-grossolana, di proprietà geotecniche discrete, caratterizzati da coesione nulla e con caratteristiche di resistenza espresse unicamente in funzione dell'angolo di attrito e strettamente connesse al grado di addensamento della formazione. Dal punto di vista litologico, i litotipi di detta *Unità* sono prevalentemente rappresentati da sabbie fini e sabbie fini da limose a con limo di colore grigio o grigio-nocciola, talora con tracce organiche, talora passanti a sabbie medio-grossolane debolmente limose di colore grigio scuro. Alcuni orizzonti sono costituiti da sabbie limose di colore grigio chiaro in cui si osservano sottili intercalazioni di limo e limo-argilloso grigio, raramente di spessore decimetrico.

Le principali caratteristiche meccaniche del materiale, con particolare riferimento a grado di addensamento, densità relativa e parametri di resistenza al taglio, sono state identificate utilizzando i risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT eseguite in tali litotipi.

Sono stati presi in esame tutti i valori di N30 ottenuti dalle prove SPT effettuate all'interno degli orizzonti sabbiosi in corrispondenza dei sondaggi geognostici realizzati in asse al tracciato di progetto, il cui andamento con la

profondità è stato riportato nel diagramma di figura n.4. Sono stati ottenuti valori di N30 meno elevati negli strati più superficiali, mediamente compresi nell'intervallo tra 9 e 30 colpi. A maggiore profondità si evidenzia un complessivo incremento del numero di colpi N30, con valori più frequentemente compresi nell'intervallo 25-50 colpi (v. figura n. 3).

Una prima valutazione delle caratteristiche di addensamento dei suddetti litotipi è contenuta nella correlazione di Terzaghi-Peck (1948), riportata nella tabella n. 3.

<i>N_{spt}</i> Colpi/30 cm	DENSITA' RELATIVA (TERZAGHI - PECK) 1948	DENSITA' RELATIVA (GIBBS-HOLTZ) 1957
0-4	<i>MOLTO SCIOLTA</i>	0-15%
4-10	<i>SCIOLTA</i>	15-35%
10-30	<i>MEDIA</i>	35-65%
30-50	<i>DENSA</i>	65-85%
<i>OLTRE 50</i>	<i>MOLTO DENSA</i>	85-100%

TABELLA N. 3 – Associazione tra la densità relativa ed i valori di N_{spt}

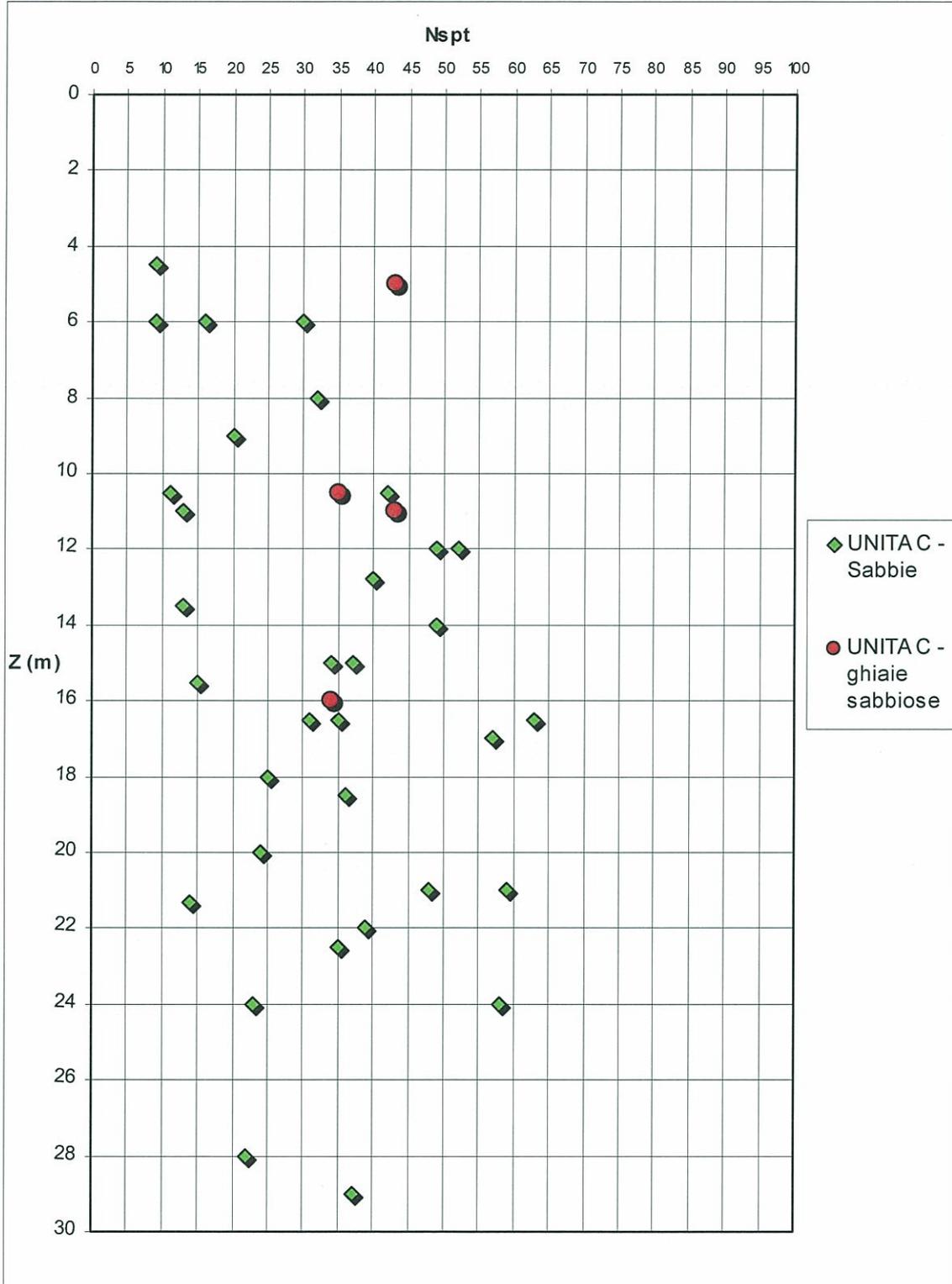


Figura n. 4 - Unità C - Andamento del numero di colpi SPT ottenuto dalle prove SPT eseguite a fondo foro

Nell'ambito dell'utilizzo di note correlazioni di letteratura, finalizzate a fornire, tramite le prove spt, una valutazione delle principali caratteristiche meccaniche del materiale, sono stati pertanto presi in esame valori di N30 ottenuti a profondità rispettivamente inferiori a 12 metri e comprese nell'intervallo di profondità tra 13 e 25 metri dal piano campagna.

Per una valutazione di maggiore dettaglio delle caratteristiche di densità relativa del materiale sono state prese in esame una serie di correlazioni, tra cui quella di Terzaghi-Peck (1948) e Gibbs e Holtz (1957), Peck-Bazaraa (1967).

Le principali conclusioni relative alla relazione di Terzaghi-Peck (1948) e Gibbs e Holtz (1957) confermano uno stato di addensamento da medio ad elevato dei litotipi in esame.

Considerando valori di N30 opportunamente corretti e normalizzati rispetto a σ'_{v0} e ulteriormente modificati per tener conto del dispositivo di battitura, sono state successivamente utilizzate opportune correlazioni tra il valore di Nspt ed alcuni parametri geotecnici significativi.

Utilizzando la relazione di Terzaghi e Peck, 1948 tra la resistenza alla penetrazione, ottenuta con il valore normalizzato $(N_1)_{60}$, e la densità relativa $Dr(\%)$:

$$(N_1)_{60} / Dr^2 = 60$$

per i litotipi più superficiali prevalgono valori di densità relativa indicativi di materiali mediamente addensati (Dr dell'ordine del 44%-65%). Ulteriori valutazioni della densità relativa si sono basate su ulteriori correlazioni geotecniche, come riportato nella tabella di figura 5.

	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6	SPT7	SPT8
quota dal p.c. (m)	4,00	6,00	6,00	6,00	9,00	11,00	8,00	11,00
falda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Nspt	9	9	16	30	20	12	32	13
	DENSITA' RELATIVA (%)							
Gibbs & Holtz	57	52	66	77	62	48	73	50
Meyerhof	58	54	71	86	69	54	83	57
Schultze & Menzebach	60	55	71	85	69	55	82	57
Bazaraa	39	35	46	56	46	37	54	39
Skempton	49	45	59	71	57	45	68	47

Figura n. 5 - Unità C Sabbiosa: Profondità < 12 m – Valori di densità relativa ricavati da valori di Nspt

Con riferimento ai litotipi sabbiosi distribuiti a maggiore profondità prevalgono valori di densità relativa leggermente superiori, indicativi di materiali da mediamente addensati a addensati (D_r dell'ordine del 50%-70% - Figura n. 7). Ulteriori valutazioni della densità relativa si sono basate su ulteriori correlazioni geotecniche note di letteratura, come riportato nella tabella di figura 6.

	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6	SPT7	SPT8
quota dal p.c. (m)	13,00	14,00	15,00	16,50	18,00	22,00	15,00	16,50
falda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Nspt	40	48	34	32	35	35	36	35
	DENSITA' RELATIVA (%)							
Gibbs & Holtz	66	68	60	57	56	51	61	58
Meyerhof	78	82	71	67	67	63	72	69
Schultze & Menzebach	78	82	72	69	69	66	73	71
Bazaraa	55	58	51	49	50	48	52	51
Skempton	66	70	61	58	59	56	62	60

Figura n. 6 - Unità C Sabbiosa: Profondità > 12 m – Valori di densità relativa ricavati da valori di Nspt

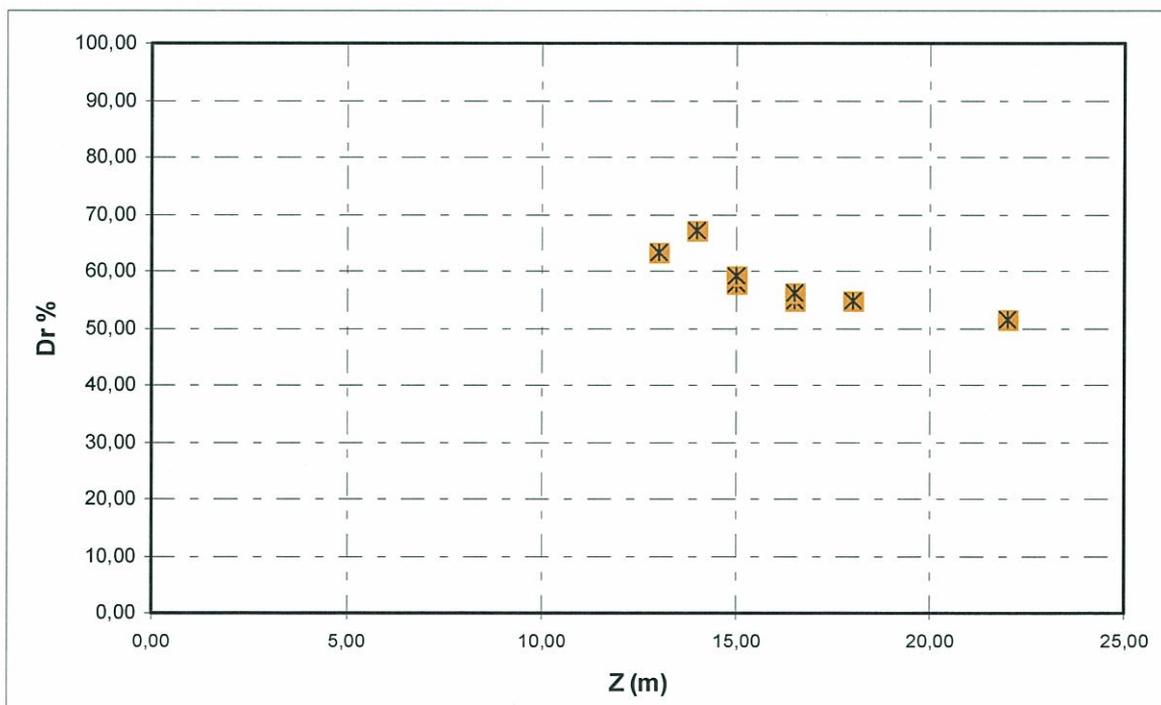


Figura n. 7 - Unità C Sabbiosa: Profondità > 12 m – Valori di densità relativa ricavati da valori di Nspt utilizzando la relazione di Terzaghi e Peck, 1948 - $(N_1)_{60} / Dr^2 = 60$

	LINEA AV/AC					
	PROGETTO PRELIMINARE – Tratta Aeroporto di Mestre M. Polo - Portogruaro					
RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	L345	00	R 11 RB	GE 00 05 001	A	36 di 44

Per una stima delle caratteristiche di resistenza in condizioni drenate, sono state utilizzate una serie di correlazioni note nella letteratura geotecnica, adottate in relazione alle caratteristiche litologiche e granulometriche dei terreni tipo presenti sul sito in esame.

In particolare, si è utilizzata la relazione di Shioi e Fukui (1982):

$$\phi' = (15 N)0.5 + 15$$

Il metodo di *De Mello* è valido per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). E' da considerarsi inattendibile però per valori di Φ' superiori a 38° . Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\Phi = 19 - 0,38\sigma' + 8,73 \text{Log } N_{spt}$$

dove σ' è la pressione litostatica efficace a metà strato in kg/cmq e N_{spt} il numero di colpi medio misurato nello strato.

Ulteriori correlazioni geotecniche utilizzate risultano le seguenti:

a) Road Bridge Specification

Il metodo è valido per sabbie fini o limose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova superiori a 8 - 10 m per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda:

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\Phi = \sqrt{15 N_{spt}} + 5$$

b) wolff

$$\Phi' = 27,1 + 0,3 N_{spt} - 0,00054 N^2_{spt}$$

c) Sowers

Il metodo di Sowers (1961) è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 4 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 7 m per terreni in falda ($\sigma > 5-8$ t/mq).

La relazione è la seguente:

$$\Phi = 28 + 0.28 N_{spt}$$

d) Peck-Hanson & Thornburn

Il metodo di Peck - Hanson & Thornburn è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 5 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 8 m per terreni in falda (pressione efficace inferiore a 8-10 t/mq).

$$\Phi = 27.2 + 0.28 N_{spt}$$

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO								
Prof. (m)	4,00	6,00	6,00	6,00	9,00	11,00	8,00	11,00
R.B.S.	28,6	27,8	31,8	35,3	31,6	28,1	34,7	28,7
De Mello	27,2	27,1	29,1	30,6	29,5	28,0	30,7	28,3
Sowers	31,5	31,1	33,3	35,7	33,1	31,2	35,2	31,5
Peck Hanson & Thornburn	30,7	30,3	32,5	34,9	32,3	30,4	34,4	30,7
Meyerhof	29,8	29,2	32,3	34,8	32,1	29,5	34,4	29,9
Wolff	30,7	30,3	32,6	34,9	32,4	30,5	34,5	30,7

Tabella n. 4 – Unità C Sabbiosa: Profondità < 12 m – Valori di angolo di attrito ricavati da valori di N_{spt} 30

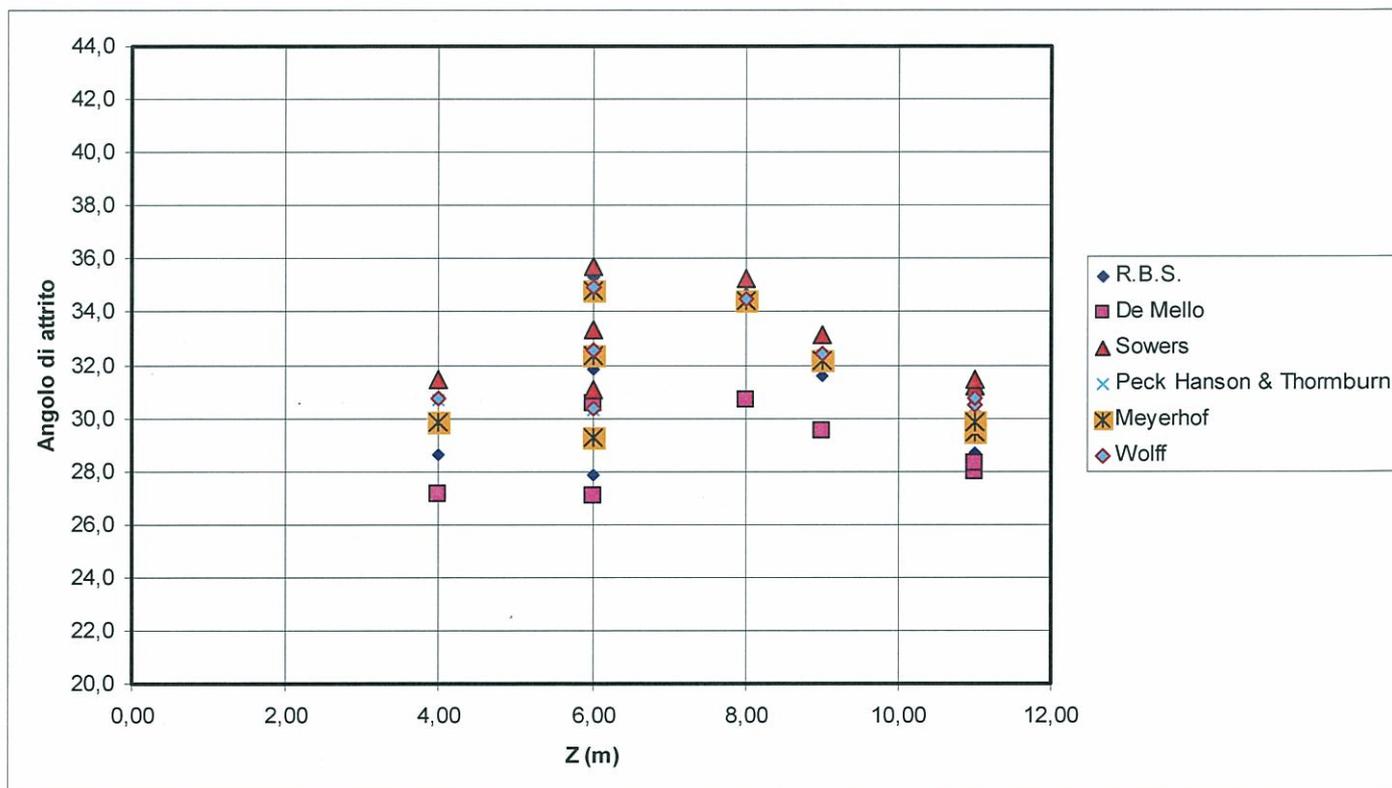


Figura n. 8 – Unità C Sabbiosa: Profondità < 12 m - Valori di angolo di attrito ricavati dalle correlazioni geotecniche utilizzando il valori di N_{spt} 30

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO								
prof. (m)	13,00	14,00	15,00	16,50	18,00	22,00	15,00	16,50
R.B.S.	34,1	35,0	32,3	31,5	31,6	30,6	32,7	32,0
De Mello	31,1	31,6	30,6	30,4	30,6	30,4	30,7	30,6
Sowers	34,8	35,5	33,6	33,1	33,1	32,5	33,8	33,4
Peck Hanson & Thornburn	34,0	34,7	32,8	32,3	32,3	31,7	33,0	32,6
Meyerhof	34,0	34,6	32,7	32,1	32,2	31,4	33,0	32,5
Wolff	34,1	34,7	32,9	32,4	32,4	31,8	33,1	32,7

Tabella n. 5 – Unità C Sabbiosa: Profondità > 12 m – Valori di angolo di attrito ricavati da valori di N_{spt} 30

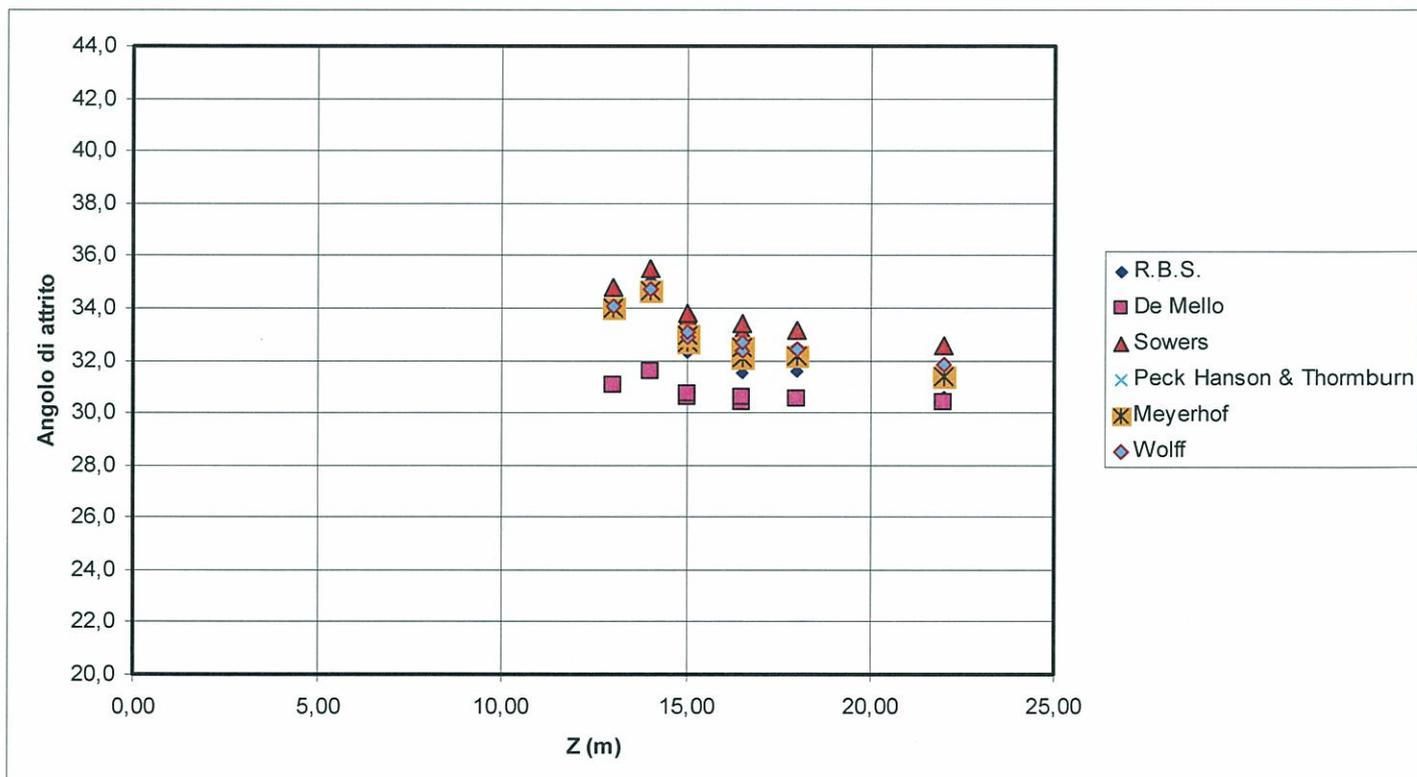


Figura n. 9 – Unità C Sabbiosa: Profondità > 12 m - Valori di angolo di attrito ricavati dalle correlazioni geotecniche utilizzando i valori di N_{spt} 30

Le correlazioni utilizzate conducono a valori di angolo di attrito rispettivamente distribuiti nell'intervallo di 28°-32°, per litotipi presenti a profondità minori di 11-12 m, e di 31°-34°, per litotipi presenti a maggiori profondità (v. tab. n.4-5 e figure n. 8-9)

Per quanto riguarda la compressibilità dei litotipi in esame, si è utilizzato il diagramma di figura n. 10 per una valutazione della deformabilità del materiale, nel quale viene introdotta una relazione tra N_{spt} e valore del Modulo Confinato M_0 e vengono proposte diverse correlazioni in funzione delle caratteristiche litologiche del materiale.

Prendendo come riferimento la curva rappresentativa delle sabbie (Farrent,1963), per i litotipi sabbiosi più superficiali si ottengono valori del modulo edometrico piuttosto ridotti, compresi nell'intervallo 8.000-16.000 KN/mq (80-160 Kg/cm²).

A profondità superiori a 12-13 metri possono assumersi valori di E_d superiori e compresi nel range di 15.000-22.000 KN/mq (150-220 Kg/cm²).

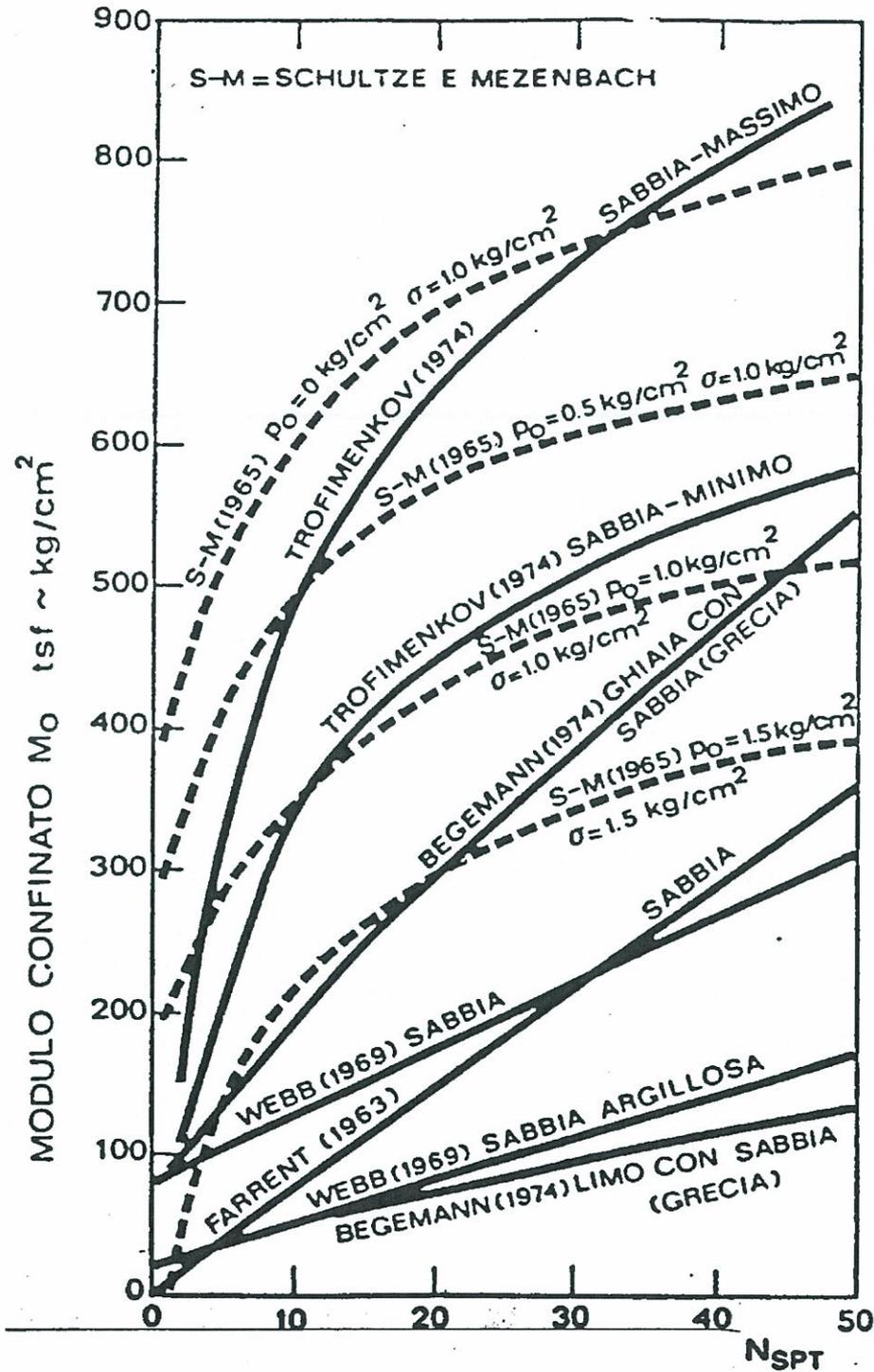


Figura n.10 - Relazione tra Nspt e valore del Modulo Confinato M_0

Sulla base di tali considerazioni si riassumono in quanto segue le caratteristiche fisico-meccaniche complessive che si ritengono maggiormente rappresentative per i litotipi presi in esame.

UNITA' GEOTECNICA		PESO DI VOLUME KN/MC	COESIONE C' (KPa)	ANGOLO DI ATTRITO ϕ'	MODULO EDOMETRICO Ed (Kpa)
UNITA' C	SABBIE (Z < 12 m)	19-20	0	28°-32°	8.000-16.000
	SABBIE (Z > 12 m)	19-20	0	31°-34°	15.000-22.000
	GHIAIE SABBIOSE	19-20	0	35°-37°	32.000-38.000

Tabella n.3 – Principali parametri geotecnici delle Unità C sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa

4.1.4 – Suscettività dei terreni alla liquefazione

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace. Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione intergranulare.

Tale incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma.

I fattori predisponenti principali sono rappresentati da condizioni di saturazione del terreno, non compattato, non consolidato, sabbioso o limoso o un miscuglio con poca argilla.

Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Con riferimento ai caratteri geotecnici del sottosuolo lungo il tracciato di progetto, in assenza di ulteriori e specifiche indagini di sito, possono RISULTARE a rischio di liquefazione gli orizzonti granulari di natura sabbiosa e sabbioso-limosa più superficiali in falda, presenti fino a profondità dell'ordine dei 10-12 metri, laddove prevalgono valori di densità relativa meno elevati e indicativi di

materiali mediamente addensati o localmente sciolti (valori di N_{spt} compresi tra 8 e 12 colpi).

Meno elevato appare il rischio di liquefazione per i depositi sabbiosi e sabbioso-limosi presenti a maggiore profondità, per i quali le indagini geognostiche a disposizione individuano livelli di addensamento maggiormente elevati.

Una valutazione di maggiore dettaglio della potenzialità di liquefazione dei depositi sabbiosi presenti nel territorio in esame potrà essere effettuata sulla base di una maggiore mole di dati geognostici di sito e granulometrici di laboratorio nelle successive fasi di progettazione.