

Maurizio
Lanzini

Caratteri litotecnici
della formazione di
Monte Mario (MTM) e
della formazione di
Monte delle Piche
(MDP) nell'area urbana
di Roma e rapporti con
la storia tettonica e
geologica



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA LAZIO

©Maurizio Lanzini

Caratteri litotecnici della formazione di Monte Mario (MTM) e della formazione di Monte delle Piche (MDP) nell'area urbana di Roma e rapporti con la storia tettonica e geologica

Progetto grafico: Renzo Petrunaro

Copertina: Estratto della Carta Geologica di Roma progetto CARG

Maurizio Lanzini 2024

lanzin@aconet.it

La fotocopiatura parziale o totale dell'opera è permessa esclusivamente per uso privato; ogni altro uso, commerciale, per trarre copie da distribuire a terzi, a pagamento o anche gratuitamente, è rigorosamente vietata



Ordine dei Geologi del Lazio
Via Flaminia, 43 - 00196 Roma
Tel. 06 360 001 66, Fax 06 360 001 67
www.geologilazio.it

Sommario

1 - PREMESSA	4
2- CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI, SEDIMENTARI E MICROFAUNISTICI DELLA FORMAZIONE DI MONTE MARIO (MTM) E DELLA FORMAZIONE DI MONTE DELLE PICHE (MDP).....	5
3 – LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DEI PARAMETRI FISICO-MECCANICI.....	10
4. STUDI GEOTECNICI PREGRESSI	12
5. TIPOLOGIA DEI DATI GEOTECNICI ESAMINATI	16
6. CARATTERI FISICO-MECCANICI DELLA FORMAZIONE DI MONTE MARIO (MTM).....	18
6.1 – Facies coesive	18
6.1.1 Membro di Farneto (MTM ₁)	19
6.1.2 Argille limose grigio-verdastre a <i>Cerastoderma</i>	24
6.2 – Facies incoerenti	33
6.2.1 Sabbie grigie	34
6.2.2 Sabbie gialle.....	38
7. CARATTERI FISICO MECCANICI DELLA FORMAZIONE DI MONTE DELLE PICHE (MDP)	44
8. CONSIDERAZIONI E CONFRONTI.....	51
8.1 Facies pelitico-siltose.....	51
8.2 Facies sabbiose	55
9. BIBLIOGRAFIA	58
10. TAVOLE	60

1 - PREMESSA

Nel presente rapporto si esaminano i caratteri fisico-meccanici della formazione di Monte Mario (MTM), dei Limi di Farneto (MTM1) e della formazione di Monte delle Piche (MDP) sulla base di dati di laboratorio riferiti a 259 campioni indisturbati, prelevati in numerose campagne di indagini che sono state eseguite dal 1971 al 2009 in diverse zone della Città di Roma, localizzate in destra idrografica della valle Tiberina, ove sono presenti le suddette formazioni.

La maggior parte delle indagini e la programmazione delle prove geotecniche di laboratorio, sono state seguite e controllate direttamente dallo scrivente utilizzando i più accreditati laboratori siti in Roma e pertanto i parametri fisico-meccanici sono caratterizzati da un buon grado di omogeneità esecutiva; si fa comunque riferimento alle usuali prove geotecniche di routine che si eseguono con finalità progettuali.

L'analisi delle caratteristiche fisico-meccaniche è sviluppata con lo scopo di valutare la variabilità statistica, sia areale che in relazione alle diverse quote s.l.m., e cercando eventuali correlazioni con la storia tettonica del settore occidentale dell'area romana, con riferimento alla revisione geologica più recente (FUNICIELLO, GIORDANO – Note Illustrative della Carta Geologica del Foglio Roma 374 alla scala 1:50.000, 2008; FUNICIELLO, PRATURLON, GIORDANO – Memorie della Carta Geologica d'Italia, Vol. LXXX, 2008).

In relazione all'analisi statistica si sottolinea che nell'ambito delle Norme NTC-2018 è possibile determinare il “*valore caratteristico*” di un parametro geotecnico, da stabilirsi attraverso una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato, tale che la probabilità di superamento del valore stesso non sia superiore al 5% (5° percentile). Per tale valutazione è necessario eseguire una analisi statistica di una popolazione sufficientemente numerosa di dati, ma che non sempre si ha a disposizione. In tale contesto è però possibile adottare calcoli statistici anche con pochi dati sperimentali, facendo riferimento a una popolazione di dati di letteratura statisticamente definita attraverso il valore del Coefficiente di Variazione (C.O.V. = Rapporto fra la Dev. Standard e la radice quadrata del valore medio della popolazione). Pertanto la popolazione di dati qui esaminata (259 campioni) è analizzata statisticamente definendo, oltre ai valori minimi, massimi, medi, mediani e modali, anche la Deviazione standard la quale permette di calcolare il Coefficiente di Variazione e poter quindi effettuare la valutazione del *valore caratteristico* del 5° percentile (TAVV. 6, 7, 8).

2– CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI, SEDIMENTARI E MICROFAUNISTICI DELLA FORMAZIONE DI MONTE MARIO (MTM) E DELLA FORMAZIONE DI MONTE DELLE PICHE (MDP)

Gli affioramenti della Formazione Di Monte Mario (MTM) e del membro di Farneto (MTM₁) si trovano prevalentemente in riva destra del Tevere, lungo la struttura di Monte Mario-Gianicolo. Possono essere correlati con questa unità anche depositi incontrati nel sottosuolo a ovest di Roma, per oltre 250 m di spessore, dai pozzi Roma 1 e Roma 2 (FUNICIELLO & PAROTTO, 1978).

La formazione di Monte Mario è caratterizzata da depositi di ambienti che vanno da infralitorale-circalitorale a transizionale e quindi di acqua molto più sottile rispetto a quella della sottostante formazione di Monte Vaticano (MVA), segnando così l'inizio di un significativo sollevamento regionale avvenuto tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore basale.

Dal punto di vista geo-strutturale la formazione di Monte Mario (MTM, MTM₁) poggia sulla sottostante formazione di Monte Vaticano (MVA) attraverso una superficie erosiva che si estende ben oltre l'area romana (COSENTINO *et alii*, 2004; 2008). Tale superficie è stata per questo identificata come superficie di base del *Supersistema Acquatraversa*, il cui nome è anche in ricordo alla ricostruzione di BONADONNA (1968), che indicò come "Fase erosiva dell'Acquatraversa" il periodo di formazione di questa superficie qui indicata come "*unconformity 1*" ed è datata a circa 1,7 MA.

Invece la formazione di Monte delle Picche (MDP) è presente, non affiorante, ad ovest dell'alto strutturale di Monte Mario e presenta rapporti giacitureali con la formazione di Monte Mario condizionati dalla tettonica (vedi oltre)

Le due formazioni di cui sopra (MTM, MDP) presentano al tetto una superficie erosiva che rappresenta la base del successivo *Supersistema Aurelio-Pontino*, che è datato a circa 0,75 MA e segna la definitiva continentalizzazione dell'area romana, con il passaggio a depositi schiettamente continentali e deltaici della formazione di Ponte Galeria (PGL) (*unconformity 2a*), presente nei settori ad ovest della struttura di Monte Mario.

Il sollevamento e la strutturazione definitiva dell'alto di Monte Mario, che risulta isolato sia ad ovest e che ad est da una serie di faglie con andamento prevalentemente appenninico, si realizza durante e dopo la deposizione della formazione di Ponte Galeria avvenuta a cavallo dell'inversione magnetica Matuyama-Brunes (circa 0,80 MA) ed ha determinato lo spostamento del corso del Paleotevere 1 verso SE, lungo una fascia relativamente depressa, ad est di Monte Mario

La Figura 1 mostra il modello geostrutturale assunto in questa sede, con l'indicazione delle superfici di *unconformity* che delimitano le formazioni del settore esaminato.

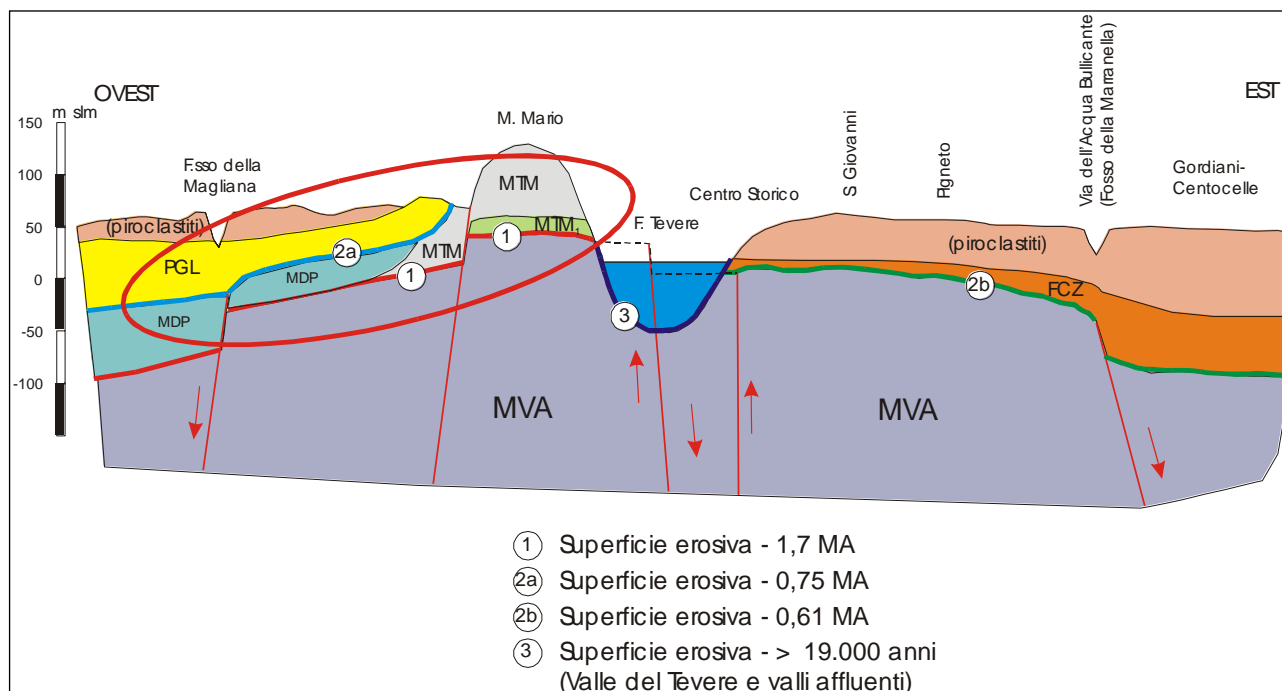


Figura 1- Modello geostrutturale generale e localizzazione delle formazioni di Monte Mario (MTM) e di Monte delle Piche (MDP)

Dal punto di vista stratigrafico la **formazione di Monte Mario (MTM) ed il membro di Farneto (MTM₁)** hanno uno spessore massimo apparente di 150-170 m., in corrispondenza del rilievo di Monte Mario, ove può essere descritta con continuità l'intera serie, ed è caratterizzata dalle seguenti unità litostratigrafiche dal basso verso l'alto:

- 1) Membro di Farneto (MTM₁), relativo all'ingressione marina santerniana, con ambiente di sedimentazione infralitorale-circalitorale, con paleopropfondità variabili tra -40 e -80 m (COSENTINO *et alii*, 2004); è assente nei settori esterni del rilievo di Monte Mario. E' formato da alternanze di argille grigie sabbiose con macrofossili, limi sabbiosi e sabbie debolmente argillose grigie, con orizzonti ossidati e livelli torbosi, ricchi in foraminiferi bentonici con *Bulimina elegans marginata*. Il residuo inorganico è costituito da quarzo, mica e rara glauconite. I 50 cm basali, nella zona della Farnesina, sono caratterizzati da una elevata concentrazione di granuli di glauconite e frammenti conchigliari, tra cui anche l'ospite freddo *Arctica islandica*. Questo orizzonte costituisce un primo livello ad *Arctica islandica*, ben distinto da quello presente all'interno delle soprastanti Sabbie grigie. La giacitura è debolmente immergente verso NW. Gli spessori e le facies di questa unità sono tuttavia di molto variabili nell'area romana. Gli spessori variano da 8 m nella zona della Farnesina ad un massimo di 30 m sotto la collina di Monte Mario, con il tetto invece mantenuto alla stessa quota di circa 60 m s.l.m.

- 2) Sabbie grossolane grigie ad *Arctica islandica* ricche di malacofauna, di spessore massimo di 4 m nella zona Monti della Farnesina che si rastrema verso sud, dove già a Valle Aurelia non è più presente. La associazione ad ostracodi indicano profondità di circa -40 m.
- 3) Sabbie gialle quarzose con intercalazioni di arenarie in orizzonti e lenti di spessore compreso tra 5 e 15 cm e orizzonti di panchina arenacea bioclastica con frammenti di bivalvi in strati di spessore compreso tra 1 e 2 m a laminazione incrociata a basso angolo. Il residuo inorganico è rappresentato da quarzo, mica e ciottolotti di selce, mentre quello organico è ricco di foraminiferi bentonici di ambiente da infralitorale poco profondo. Lo spessore massimo di questo orizzonte è di circa 40 m rilevato nella zona Monti della Farnesina. Nella zona del Gianicolo-Vaticano questo orizzonte è a diretto contatto con la formazione di Monte Vaticano.
- 4) Sabbie gialle molto fini ad *Ostrea* sp., a laminazione incrociata, in banchi metrici spesso caratterizzati alla base da livelli di sabbie grossolane rossastre o di livelli di conglomerato di battaglia a ciottoli di selce appiattiti ed embriciati e di argille azzurro-verdognole plastiche, sottilmente stratificate, a *Cerastoderma Lamarkii*. Questo ultimo orizzonte, di ambiente transizionale, caratterizza la parte alta di Monte Mario-Monti della Farnesina per uno spessore di circa 30 m, mentre lungo il Fosso dell'Acquatrasversa (Macchia S. Spirito) presenta spessori fino a 70 m, in quanto l'unità è ribassata per faglia. L'età di questa formazione è definita dalla presenza di *Arctica islandica* nel livello basale, mentre la porzione superiore non presenta fossili guida. Il ritrovamento di un molare di *Elephas meridionalis* (BONADONNA, 1968) consente tuttavia di riferire anche la parte alta al Santerniano, e ciò inoltre in accordo con lo spessore, tenuto conto dei tassi di sedimentazione tipici di ambienti infralitorali.

In COSENTINO et alii (2008), dove viene esaminata specificatamente la serie stratigrafica di Monte Mario con dati rilevati durante la costruzione della galleria stradale Giovanni XXIII, viene riportata la seguente sezione lungo l'asse della galleria stessa (Figura 2).

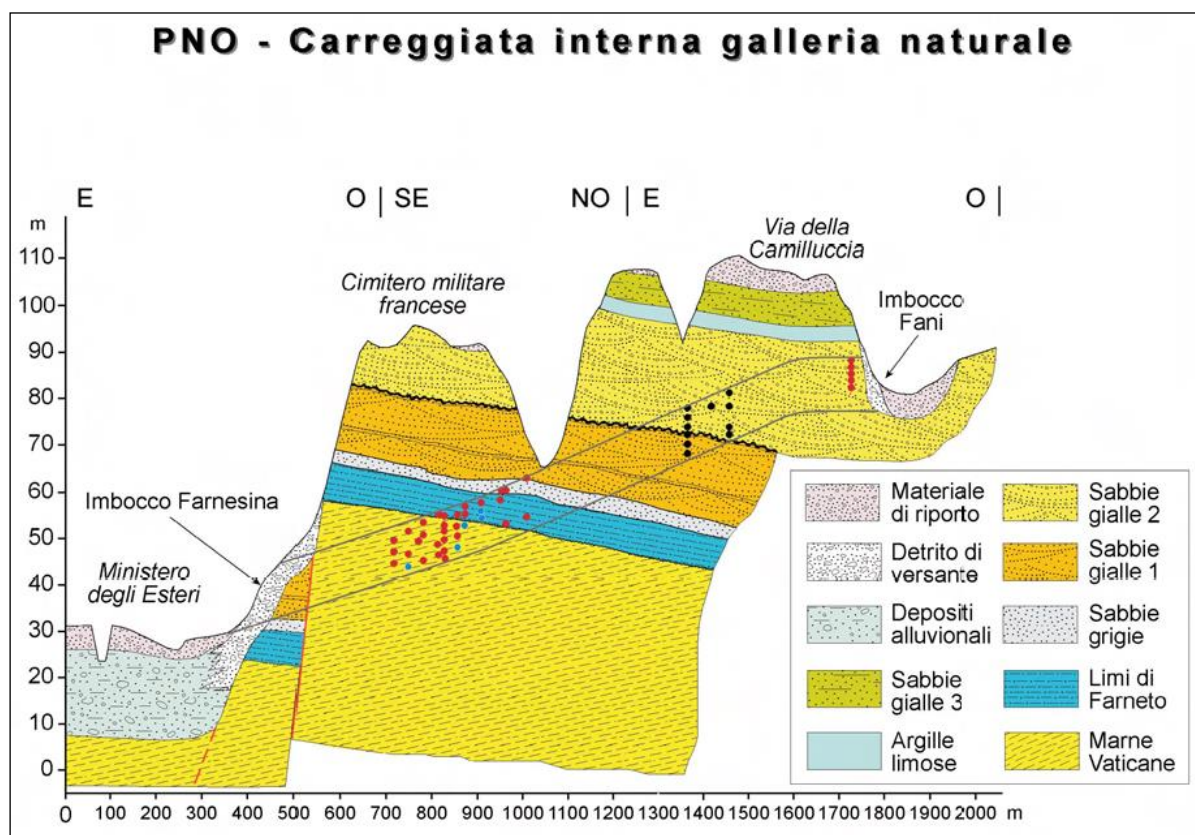


Figura 2- Successione stratigrafica lungo la galleria stradale Giovanni XXIII
(COSENTINO et alii, 2008)

La **formazione di Monte delle Piche (MDP)** è presente nel settore occidentale dell'area romana, per la maggior parte al di sotto del piano campagna, argille, argille-sabbiose grigio-verdastre con rari livelli sabbiosi contenenti *Hyalinea balthica* ("Serie di Monte delle Piche" di CONATO *et alii*, 1980) attribuite quindi all'Emiliano (Pleistocene inferiore). Questi depositi furono riconosciuti dapprima presso una cava di argilla a Monte delle

Piche, oggi ritombata, e poi in sondaggio a Malagrotta fino ad una profondità di -109 m (CARBONI, 1980) e a Focene fino ad una profondità di -125,5 m (CARBONI, 1993). Le associazioni microfaunistiche determinano un ambiente di deposizione circalitorale (CARBONI, 1980). L'unità affiora solo in piccoli lembi lungo la Valle Galeria (loc. S. Maria Nuova, cf. GLIOZZI *et alii*, 1986). Lo spessore massimo è riscontrato presso il sondaggio Malagrotta ed è di 134 m, ma non è stata incontrata la base dell'unità.

L'assenza di affioramenti dove sia possibile verificare la continuità stratigrafica tra i termini *santerniani* della formazione di Monte Mario e quelli *emiliani* della formazione di Monte delle Piche pone il problema della definizione del tipo di superficie che divide le due unità. Alcuni autori (DRAGONE *et alii*, 1963; BONADONNA, 1968), CONATO *et alii*, 1980; CARBONE, 1980) ritengono le due unità deposte in successione, e ritengono l'attuale assetto dovuto all'azione di una faglia estensionale a direttrice circa NW-SE localizzata in corrispondenza di Fosso della Magliana (CONATO

et alii, 1980), che avrebbe ribassato i depositi santerniani verso SW. Altri autori (MARRA, 1993; MARRA et alii, 2017) invece interpretano tali depositi come la parte alta di un ciclo trasgressivo, sulla base di orizzonti sabbiosi sterili intercettati nelle argille di Monte delle Piche nel sondaggio Malagrotta (CARBONI 1980). In questa sede viene assunto il modello interpretativo di FUNICIELLO, GIORDANO (2008) e FUNICIELLO, PRATURLON, GIORDANO (2008), che ritengono valida l'ipotesi della presenza di un elemento di svincolo che abbia agito soprattutto dopo la deposizione dell'unità e prima della formazione della soprastante superficie di base del supersistema Aurelio-Pontino. Nella sottostante Tabella 1 è riportata la suddivisione del Pleistocene inferiore assunta in questa sede.

ETA'	PIANO	FORMAZIONE	BIOZONE	LITOLOGIA	DEPOSIZIONE MTM-MDP – Area di studio	MA	
PLEISTOCENE INF.	CALABRIANO (ex Siciliano)	PGL – FORMAZIONE DI PONTE GALERIA				0,85	
	EMILIANO	MDP – Formazione di Monte delle Piche	<i>Hyalinea Baltica</i>	Argille limose	Non affiorante – Aree a sud-ovest della dorsale M. Mario-Gianicolo-Monteverde	0,85	
	SANTERNIANO SUP.	Supersistema Acquatraversa	MTM – Formazione di Monte Mario	<i>Cerastoderma lamarkii</i>	MTM - facies argillosa	Dorsale M. Mario Gianicolo-Monteverde, Fossi Acquatraversa e Crescenza	1,3
				<i>Bulimina elegans marginata</i>	MTM - facies sabbie gialle		
				<i>Bulimina elegans marginata</i>	MTM - facies sabbie gialle con "panchina"		
				<i>Arctica islandica</i>	MTM - facies sabbie grigie		
			<i>Bulimina elegans marginata</i>	MTM1 – Membro di Farneto – argille limose	Monte Mario	1,81	
PLIOCENE - FORMAZIONE DI MONTE VATICANO (MVA)						1,81-5,32	

Tabella 1 – Suddivisione del Pleistocene inferiore e delle formazioni analizzate

3 – LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DEI PARAMETRI FISICO-MECCANICI

Dal punto di vista areale i dati fisico-meccanici che saranno discussi sono relativi al quadrante occidentale dell'area romana, in destra idrografica, ove sono presenti in affioramento e/o in profondità la Formazione di Monte Mario (MTM, MTM1) e la Formazione di Monte delle Piche (MDP).

Le aree interessate fanno riferimento al settore che va dai versanti occidentali della valle Tiberina sino al GRA; dal punto di vista della latitudine le aree vanno dai Fossi della Crescenza e dell'Acquatraversa a nord, attraverso la dorsale di Monte Mario sino all'area di Monteverde, a sud. I siti sopra elencati sono relativi ad indagini e studi per la progettazione di infrastrutture sia private che pubbliche, controllate dallo scrivente.

In particolare si citano le indagini eseguite per il Comune di Roma relative al progetto di collettori fognari lungo le valli dei Fossi della Crescenza e dell'Acquatraversa, di una galleria lungo l'attuale via Leone XIII e per il Nuovo Canile Municipale della Magliana.

Ai suddetti lavori si aggiungono i dati geotecnici relativi ad indagini che si sono eseguite negli anni '70-'90 in relazione a lavori di manutenzione e messa in sicurezza della galleria ferroviaria Cassia-M. Mario che sottopassa la collina di Monte Mario, i cui dati sono stati personalmente esaminati in relazione a attività professionali per l'apertura della Stazione Farneto nel corso dei Mondiali di Calcio 1990; si sottolinea che tali ultimi dati sono in gran parte costituiti da riassunti tabellari e solo in minima parte si sono potuti esaminare i certificati di laboratorio. Similmente sono stati esaminati dati geotecnici in forma tabellare (fonte Astaldi) relativi al settore iniziale della Galleria stradale Giovanni XXII in occasione di un ulteriore impegno professionale relativo a dissesti lungo Via Pirano, sovrastante la galleria stradale.

In particolare i dati utilizzati sono relativi a studi ed indagini localizzate nelle seguenti zone:

Formazione Monte Mario, Limi di Farneto – MTM-MTM1

- 1 - Galleria Stradale Giovanni XXIII – 1996
- 2 - Galleria FFSS M Mario - 1971, 1975, 1982, 1984, 1987, 1991
- 3 – Fosso dell'Acquatraversa – 1995
- 4 – Fosso della Crescenza – 1992, 1999
- 5 - Via Cassia, 987 - 1994
- 6 - Piazza Jacini – 2009
- 7 - Via Leone XIII – 1996
- 8 - Via Seneca - 2002
- 9 - Via Saffi – Scalinata Bassi – 1997
- 10 - Via di Donna Olimpia – 2007
- 11 - Piazza S. Giovanni di Dio – 1997, 2001
- 12 - Via Cesari-Via Guinizelli – 2004, 2008
- 13 – Via delle Mura Gianicolensi - Salvator Mundi – 1999

Formazione di Monte delle Piche - MDP

- 14 – Via della Pisana- Pescaccio – 2008, 2012
- 15- Via della Magliana - Canile Comunale – 2001
- 16 – Fosso della Magliana - 1995

Nella Figura 3, le suddette aree di indagini sono localizzate sulla Carta del tetto del substrato pliocenico (tratta da MARRA & ROSA, 1995)

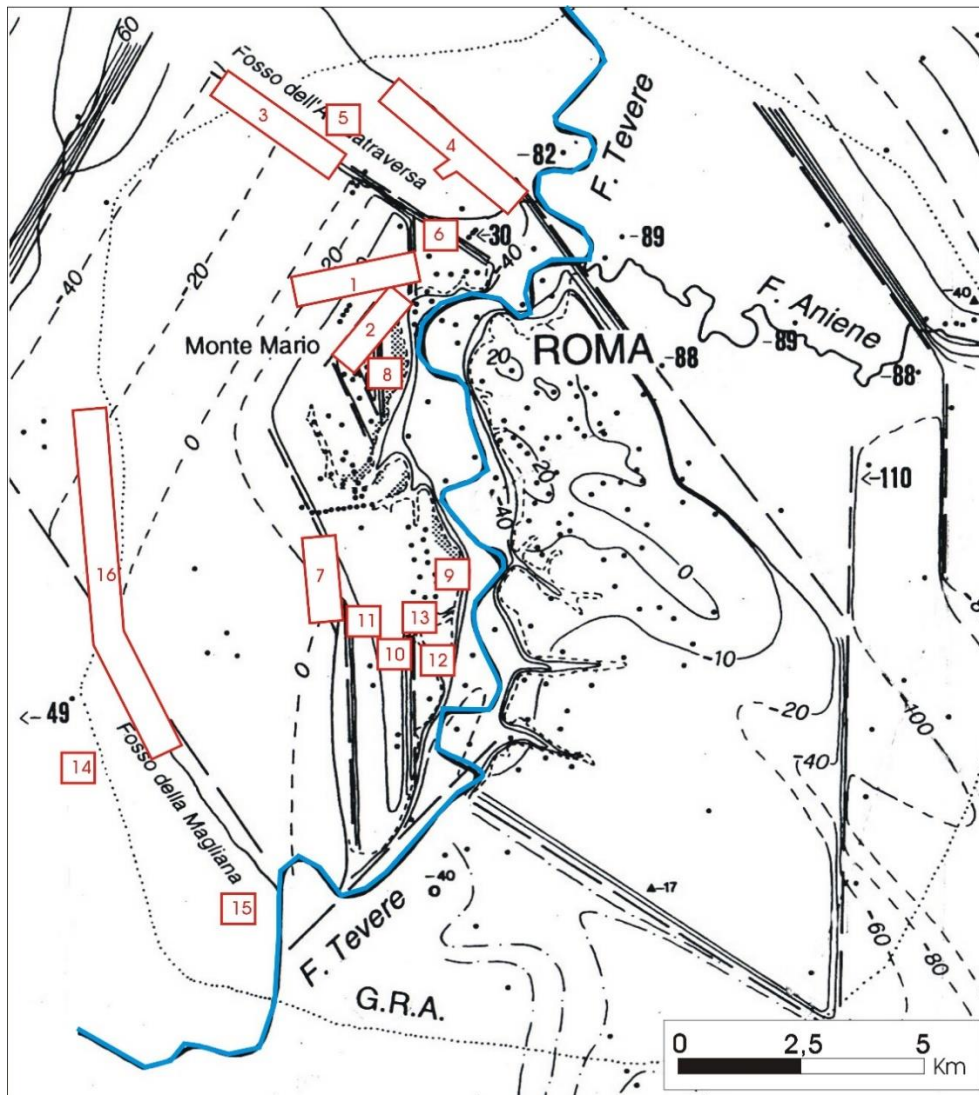


Figura 3 – localizzazione dei dati fisico-meccanici

4. STUDI GEOTECNICI PREGRESSI

In letteratura sono presenti pochi articoli che descrivono in forma sistematica parametri fisico-meccanici relativi alla formazione di Monte Mario (MTM, MTM_1) e di Monte delle Piche (MDP), localizzati quasi esclusivamente nella zona di Monte Mario-Monteverde.

Una serie di dati geotecnici, sufficientemente organizzati e provenienti da varie zone dei settori occidentali della Città di Roma, riguardanti la formazione di Monte Mario (MTM) sono reperibili in U. VENTRIGLIA (1971, 2002).

Si sottolinea però che nel testo di Ventriglia del 1971 il membro di Farneto (MTM_1) è definito come “argille del Calabriano” (ca) ma non sono cartografate nella allegata Carta Geologica; inoltre nel volume del 2002 i dati geotecnici delle “argille calabriane” sono trattati insieme alle argille plioceniche (Pm) e pertanto non distinguibili.

Per quanto riguarda le sovrastanti sabbie, queste sono definite come “sabbie del Calabriano-Siciliano”, definite (cs) nel testo del 1971 e (Psi) nel testo del 2002 senza differenziare i dati geotecnici delle sabbie grigie da quelle gialle.

Inoltre, con riferimento alla Carta Geologica di Ventriglia, si segnala che le “sabbie del Calabriano-siciliano” (cs/Psi) sono cartografate soltanto in corrispondenza di M. Mario, mentre i depositi sabbiosi a sud, nord ed est del rilievo di Monte Mario e quelli in sinistra idrografica sono individuati come “sabbie del siciliano” (si-qt), raggruppando depositi che attualmente sono riferiti alle formazioni di Monte Mario (MTM), di Ponte Galeria (PGL) e del Fosso della Crescenza (FCZ).

A tale riguardo si evidenzia come, la pur utilissima cartografia di Ventriglia, è definibile più come una Carta Litostratigrafica che una Carta Geologica ed inoltre la sua impostazione è condizionata dalla evoluzione storica recente delle conoscenze geologiche dell'area romana.

Pertanto, in considerazione delle suddette limitazioni, dai testi di Ventriglia si riportano i dati geotecnici soltanto con riferimento all'insieme delle sabbie grigie e gialle della formazione di Monte Mario (MTM).

Si citano inoltre alcune pubblicazioni che hanno analizzato il dissesto verificatosi il 10 Gennaio 1963 in Via Saffi-Scalinata Bassi, in cui sono presentati dati geotecnici relativi alla formazione di Monte Mario che affiora lungo il versante, al di sopra del substrato pliocenico (LEONE, 1986; SCIOTTI, 1986; AMANTI et alii, 1995).

Nell'ambito degli studi relativi alla progettazione e costruzione della galleria stradale Giovanni XXIII e che impegna la collina di Monte Mario, si sono ricavati dati geotecnici editi sulla formazione di Monte Mario (MTM, MTM_1) (CALZONA et alii, 2002).

Nelle tabelle seguenti si mostrano i parametri fisico-meccanici descritti in letteratura, con riferimento ad alcuni degli studi sopra citati (Tabella 2, 3, 4), separatamente per le varie unità litotecniche con strutturano la Formazione di Monte Mario.

Autore - Località	Calzona et alii (2002) Galleria stradale Giovanni XXIII	Brancaleoni et alii (2003) M. Mario
Wn (%)	-	23,3
Y(kN/m³)	17-21	20,3
γs (kN/m³)	-	-
eo	-	0,63
Ghiaia (%)	-	0
Sabbia (%)	-	0
Limo (%)	-	48
Argilla (%)	-	58
LL (%)	-	43
IP (%)	-	19
Ic	-	-
Attività	-	0,36
Φ'	20-27	-
C' (kPa)	20-50	-
Cu (kPa)	100-350	290
E/Eed (MPa)	40-70	-
k (m/sec)	10 ⁻⁷	-

Tabella 2 - Parametri geotecnici dei Limi di Farneto - MTM1 (vari Autori)

Autore - Località	Amanti et alii (1995) M. Mario	Brancaleoni et alii (2003) M. Mario
Wn (%)	19,5-20,5	21,6-22,6
Y(kN/m³)	18,3-20,3	19-21
Y_s (kN/m³)	26,9-27,2	
eo	-	0,6-0,66
Ghiaia (%)	-	0
Sabbia (%)	-	3-14
Limo (%)	-	35-46
Argilla (%)	-	35-40
LL (%)	-	-
IP (%)	-	-
Ic	-	-
Attività	-	-
Φ'	20,5-25,0	19
C' (kPa)	20-40	30
Cu (kPa)	-	200-390
E/Eed (MPa)	-	-
k (m/sec)	-	-

Tabella 3 - Parametri geotecnici delle argille a Cerastoderma - MTM (vari Autori)

Autore - Località	Amanti et alii (1995) M. Mario	Ventriglia (2002) M. Mario	Calzona et alii (2002) Galleria stradale XXIII Giovanni	Brancaleoni et alii (2003) M. Mario	Brancaleoni et alii (2007) (dati Geoplanning)
Sabbie - tipo	sabbie gialle	tutte	tutte	tutte	tutte
Wn (%)	23,5-27,6	18-30	-	10,2-16,9	-
Y(kN/m³)	18,5-19,0	18,5-21,8	19-22	19-21	14,1-22,2
Y_s (kN/m³)	-	26,5-26,7	-	-	-
eo	-	-	-	0,48-0,56	-
Ghiaia (%)	-	-	-	0	0
Sabbia (%)	-	-	-	50-68	23-100
Limo (%)	-	-	-	12-30	0-61
Argilla (%)	-	-	-	5-20	0-28
LL (%)	-	-	-	ND-21	-
IP (%)	-	-	-	NP	-
Dr (%)	-	-	-	60-80	-
Φ'	30-33,5	28-38	35-40	35-37	24-47
C' (kPa)	0-3	0-15	10-30	0-20	0-39,6
E/Eed (MPa)	-	-	75-150	-	-
k (m/sec)	10 ⁻⁸		10 ⁻³ /10 ⁻⁷	-	-

Tabella 4 – Parametri geotecnici delle sabbie grigie e gialle – MTM (vari Autori)

Per quanto riguarda la formazione del Monte delle Piche non si sono rintracciati dati geotecnici in letteratura.

5. TIPOLOGIA DEI DATI GEOTECNICI ESAMINATI

L'analisi delle caratteristiche fisico-meccaniche della formazione di Monte Mario (MTM), del membro di Farneto (MTM₁) e della formazione di Monte delle Piche (MDP) è qui sviluppata sulla base di risultati di laboratorio di 259 campioni indisturbati, come da tabella seguente per le varie unità litotecniche (Tabella 5).

UNITA' LITOTECNICA	N. CAMPIONI
MDP	20
MTM – facies argillosa a <i>Cerastoderma l.</i>	110
MTM – facies sabbiosa giallastra	47
MTM – facies sabbiosa grigiastra	44
MTM1 – limi di Farneto	38

Tabella 5 - Numero dei campioni

La Tabella 6 mostra il numero ed il tipo di prove eseguite, separatamente per le varie unità litotecniche analizzate.

	MTM1	MTM			MDP
		Sabbie grigie	Sabbie gialle	Argille grigie	
PROVE	N. prove	N. prove	N. prove	N. prove	N. prove
Umidità naturale, peso specifico, peso di volume	34	40	45	106	20
Limiti di Atterberg	21	44	47	99	20
Granulometria	36	44	47	108	20
Taglio diretto CD	17	30	27	49	11
Triax CD	4	3	5	17	-
Compressione ELL	2	-	-	42	9
Triax UU	1	1	-	10	-
Compressione edometrica	10	4	10	37	10

Tabella 6 – Numero e tipo di prove di laboratorio

I suddetti 259 campioni sono stati prelevati in 139 sondaggi, con una media di 1,86 campioni a sondaggio.

In relazione alla collina di Monte Mario, per la galleria stradale Giovanni XXIII e per la galleria ferroviaria Cassia-M. Mario, si sono potuti esaminare dati geotecnici inediti costituiti però prevalentemente da dati tabellari e subordinatamente i certificati di laboratorio.

La Tabella 7 mostra la localizzazione delle zone in cui sono stati prelevati i campioni delle varie unità litostratigrafiche esaminate:

UNITA' LITOTECNICA	ZONE
MDP	14, 15, 16
MTM –facies argillosa a <i>Cerastoderma l.</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12,
MTM – facies sabbiosa giallastra	1, 2, 5, 9, 10, 13
MTM – facies sabbiosa grigiastra	1, 2, 3, 4, 7, 9, 10, 12
MTM1 – limi di Farneto	1, 2

Tabella 7 – Localizzazione delle varie unità stratigrafiche esaminate

6. CARATTERI FISICO-MECCANICI DELLA FORMAZIONE DI MONTE MARIO (MTM)

Dal punto di vista delle unità litotecniche la formazione di Monte Mario viene suddivisa nelle seguenti unità, dal basso verso l'alto:

- Membro di Farneto – argille grigie (MTM1)
- Sabbie grigie
- Sabbie gialle e sabbie gialle con panchina
- Argille limose grigio-verdastre a *Cerastoderma l.*

L'analisi dei parametri geotecnici è sviluppata separatamente per le unità coesive (Limi di Farneto, Argille a *Cerastoderma*) e quelle frizionali (sabbie grigie, sabbie gialle).

La Figura 4 mostra uno schema dei rapporti stratigrafici delle formazioni di Monte Mario (MTM) e di Monte delle Piche (MDP), con riferimento ai siti di indagine qui esaminati, genericamente localizzati da sud a nord:

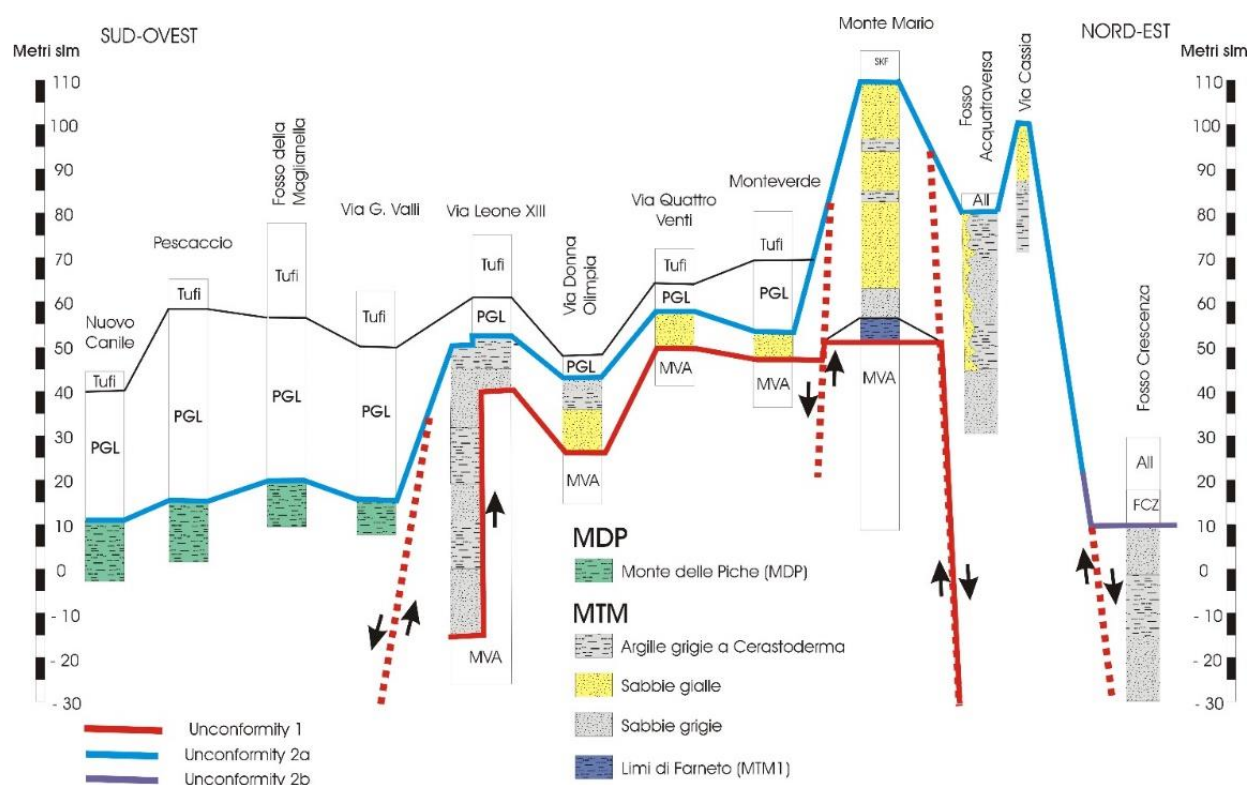


Figura 4- Schema dei rapporti stratigrafici delle aree di riferimento delle formazioni di Monte Mario (MTM) e di Monte delle Piche (MDP)

6.1 – Facies coesive

Le facies coesive della Formazione di Monte Mario sono costituite dai Limi di Farneto (MTM₁), che è presente alla base della formazione stessa e con contatto trasgressivo sulle argille plioceniche (Formazione di Monte Vaticano – MVA) e dalle argille limose grigio-verdastre a *Cerastoderma* che

si interdigitano al tetto delle sabbie gialle, ma che acquistano spessori maggiori a nord ed a sud del rilievo di Monte Mario.

6.1.1 Membro di Farneto (MTM₁)

Il membro di Farneto è presente soltanto in corrispondenza del rilievo di Monte Mario e pertanto è stato intercettato soltanto nei sondaggi relativi alla galleria ferroviaria Cassia-Monte Mario ed alla galleria stradale Giovanni XXIII; il membro di Farneto risulta assente a sud (area di valle Aurelia-Gianicolo-Monteverde) ed a nord (Fosso dell'Acquatraversa) del rilievo di Monte Mario.

I parametri geotecnici sono ricavati in gran parte da dati tabellari e subordinatamente da analisi diretta dei certificati di laboratorio.

La Figura 5 mostra le quote dei campionamenti con riferimento al contenuto in limo, che evidenziano come lo spessore varia da 10-15 metri a nord (galleria stradale Giovanni XXIII) ed aumenta verso sud fino a spessori di 20-30 m (galleria ferroviaria Cassia-Monte Mario).

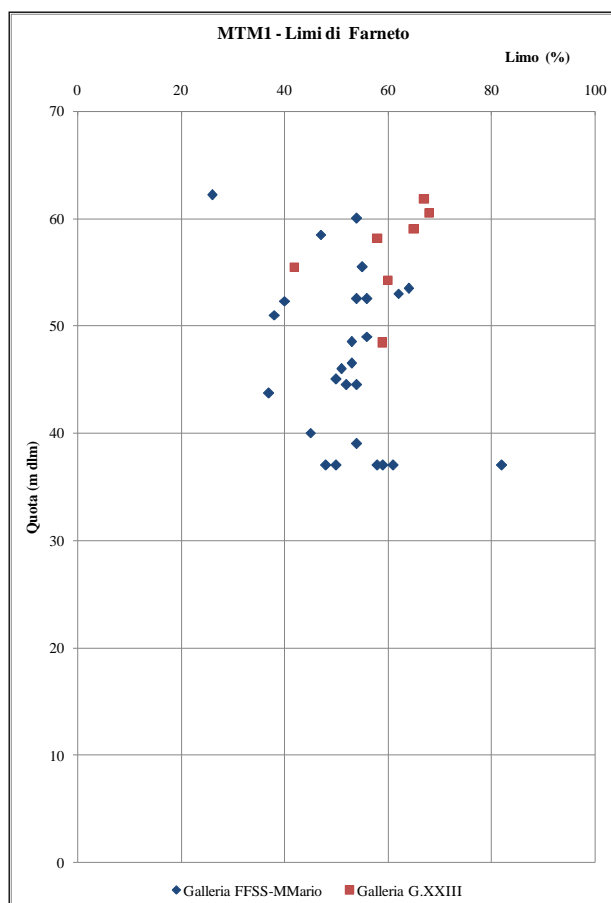


Figura 5 - Quote dei campionamenti con riferimento al contenuto in percentuale di limo

Questa unità è caratterizzata da litologie prevalentemente limose-argillose, con subordinato contenuto in sabbie fini, sia nella matrice che in livelletti.

Le analisi granulometriche evidenziano infatti un contenuto siltoso sempre prevalente ed intorno al 50-55 %, con argilla e sabbia subordinate, intorno al 15-20 %; è assente la frazione ghiaiosa (Figura 6).

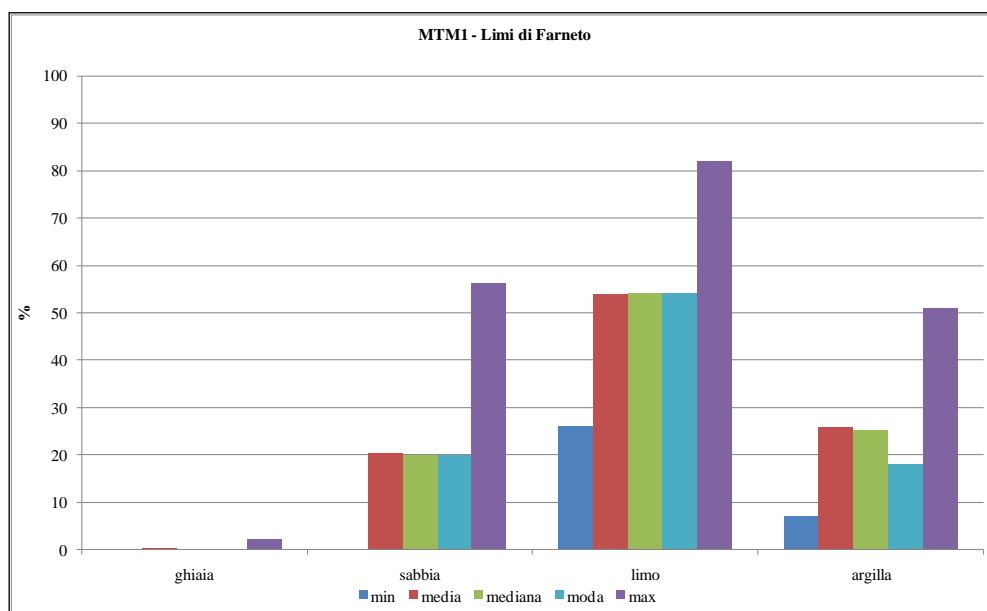


Figura 6 – Granulometria

L'Umidità Naturale ha valori in genere medio-bassi (20-30%), con medio-elevati valori del Peso di Volume (19-21 kN/m³).

La Figura 7 mostra la relazione fra Umidità naturale e Peso di volume.

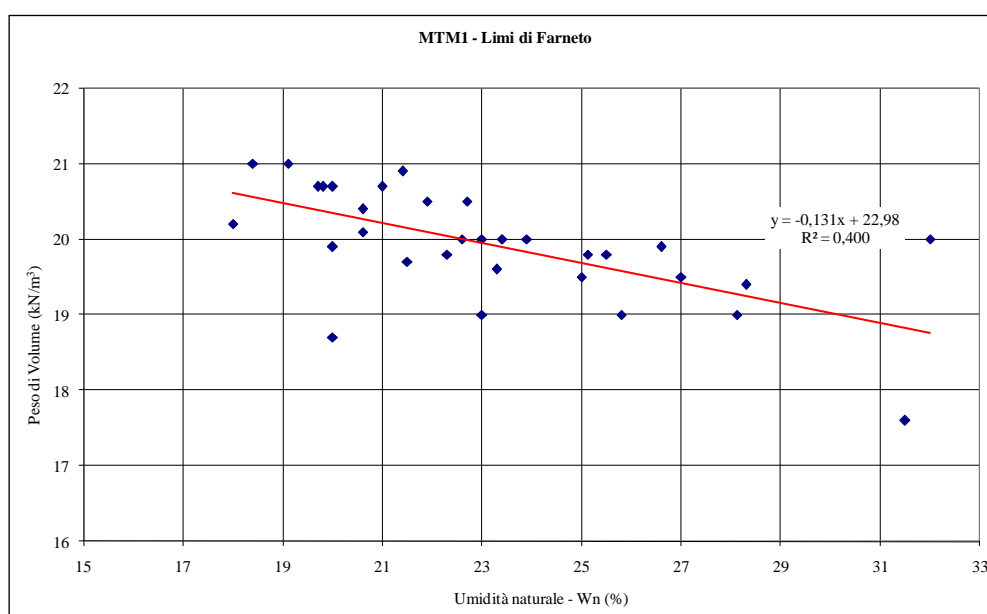


Figura 7 – Relazione fra Umidità naturale e Peso di volume

Nella figura di cui sopra, locali valori bassi del peso di volume affiancati da elevati valori di umidità possono essere ricondotti a disturbi di campionamento e/o a prelievi prossimi al tetto dell'unità, ove, al passaggio con le sovrastanti sabbie grigie con presenza di falda, si possono verificare fenomeni di plasticizzazione.

I Limiti di Atterberg individuano valori di Limite Liquido abbastanza omogenei (LL = 25-50%), con Indice Plastico IP = 5-30.

Le caratteristiche di plasticità definiscono questi terreni prevalentemente come "argille e limi inorganici e organici di media plasticità" (CL-ML-OL), con una certa percentuale di campioni a "argille e limi inorganici di bassa plasticità" (CL-ML); l'Indice Plastico (IP = 5-30) individua terreni da poco plastici a plastici.

La Carta di Plasticità individua termini che si aggregano lungo la linea A (Figura 8)

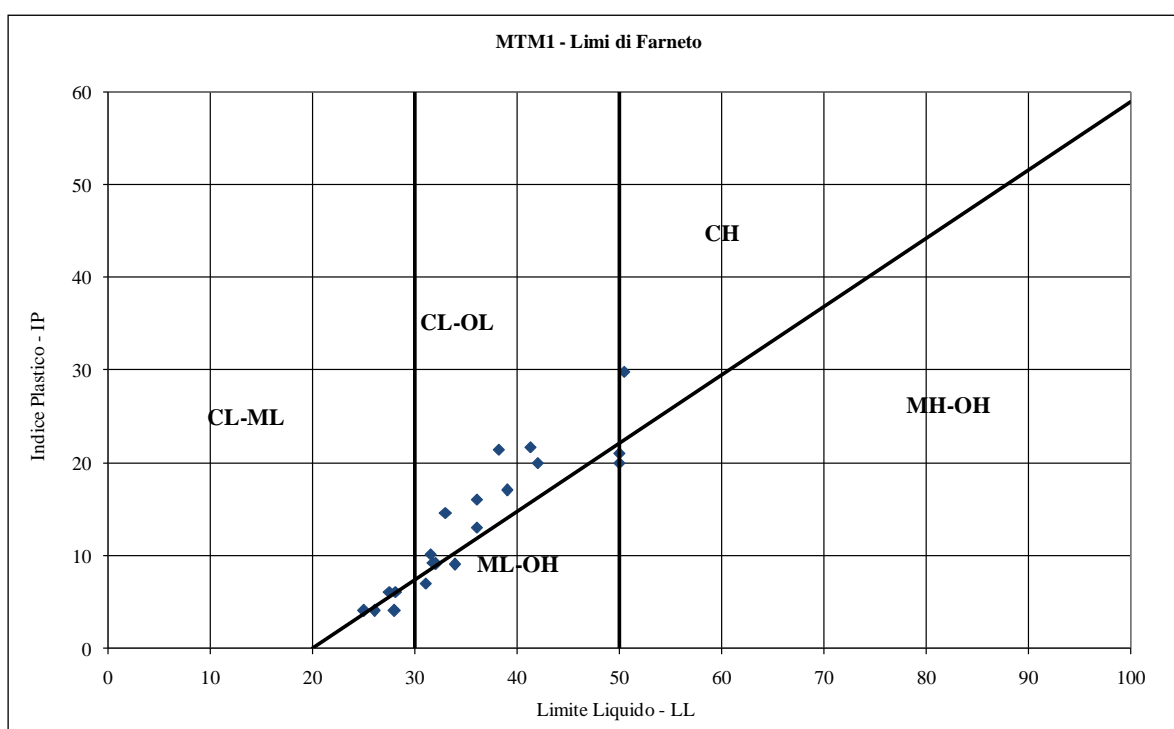


Figura 8 – Carta di Casagrande

L'Indice di Attività colloidale è intorno a 0,13-0,80 (con valori più frequenti di $A = 0,4-0,6$), individuando terreni "inattivi" e minerali argillosi prevalentemente caolinitici e subordinatamente illitici (SKEMPTON, 1953); non risultano sostanzialmente presenti minerali argillosi smentitici (Figura 9).

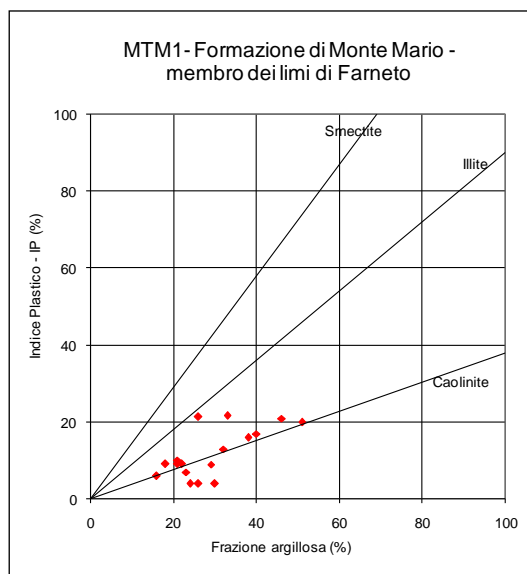


Figura 9 – Attività colloidale

Analizzando l'andamento dei valori del Limite Liquido, del contenuto in argilla e dell'Attività con la quota dei campioni si individua una variazione della sedimentazione che da termini limosi passa a termini più schiettamente argillosi (Figura 10).

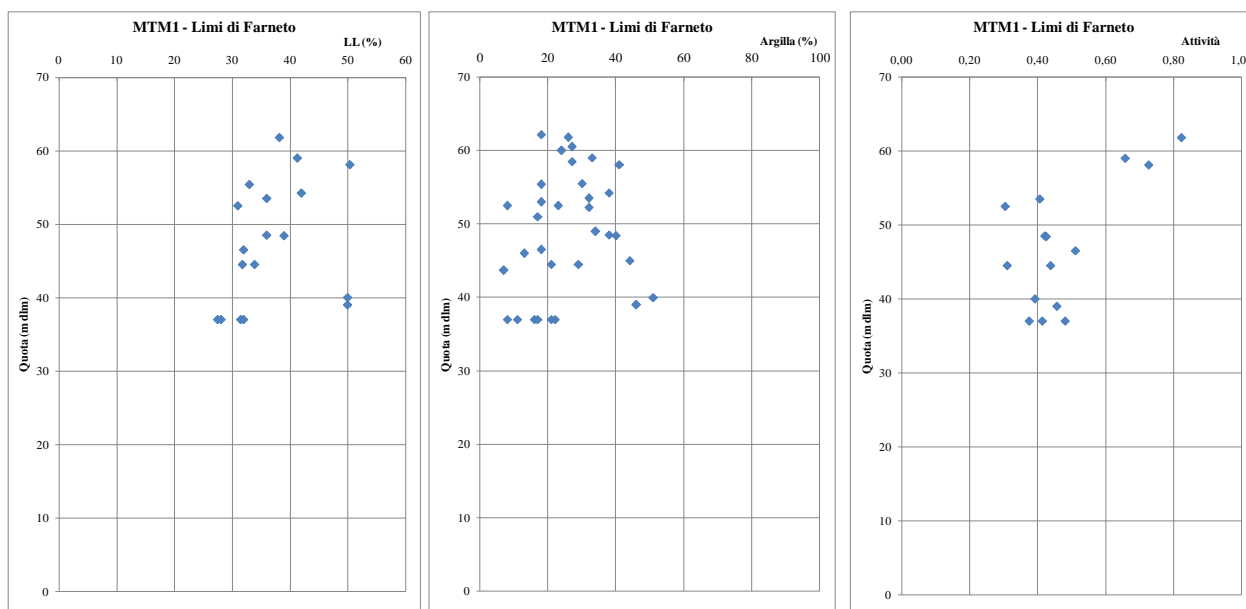


Figura 10 – Andamento di alcuni parametri fisici con la quota di campionamento (a sinistra; Limite Liquido; al centro: Argilla; a destra: Attività)

In base ai valori dei Limiti di Atterberg e dell'Umidità Naturale si calcola l'Indice di Consistenza con valori più frequenti di $I_c = 0,8-1,5$ e che individuano terreni da "solido-plastici" a "semisolidi".

La Figura 11 mostra la correlazione fra I_c e Umidità naturale.

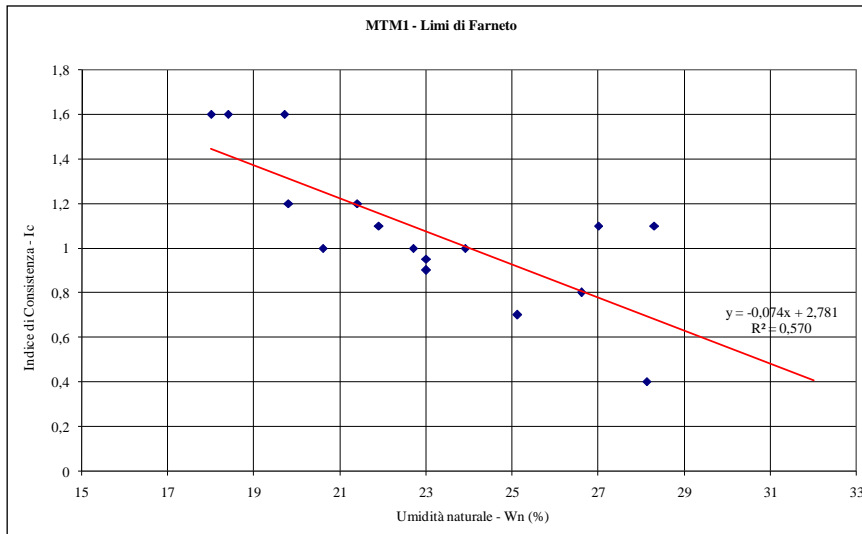


Figura 11 – Correlazione fra umidità naturale e Indice di consistenza

Dal punto di vista geomeccanico siamo in presenza di un comportamento prevalentemente coesivo con locale apporto di resistenza frizionale e con angolo di attrito molto variabile ed intorno a $\Phi = 15\text{-}30^\circ$ e coesione drenata $C' = 5\text{-}40$ kPa; localmente si individuano valori più elevati della coesione drenata con $C = 50\text{-}90$ kPa.

La figura 12 mostra i valori di Φ e di C' individuando i valori ottenuti da prove di Taglio Diretto e del Triassiale CD.

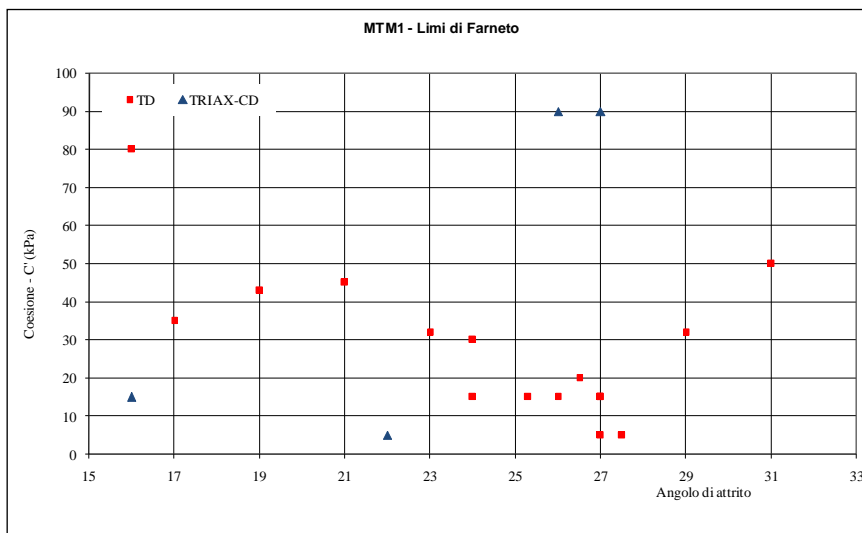


Figura 12 – Correlazione fra angolo di attrito e coesione drenata

Si ha a disposizione soltanto 1 prova per la definizione della coesione non drenata, con valori di $C_u = 156$ kPa

I parametri di deformazione sono ricavati da valori del Modulo Edometrico ottenuti da dati prevalentemente tabellari, senza esame diretto dei certificati di laboratorio.

I valori di Eed sono piuttosto dispersi con termini da 20 a 43 MPa; la Figura 13 mostra una correlazione fra Modulo Edometrico e Peso di Volume.

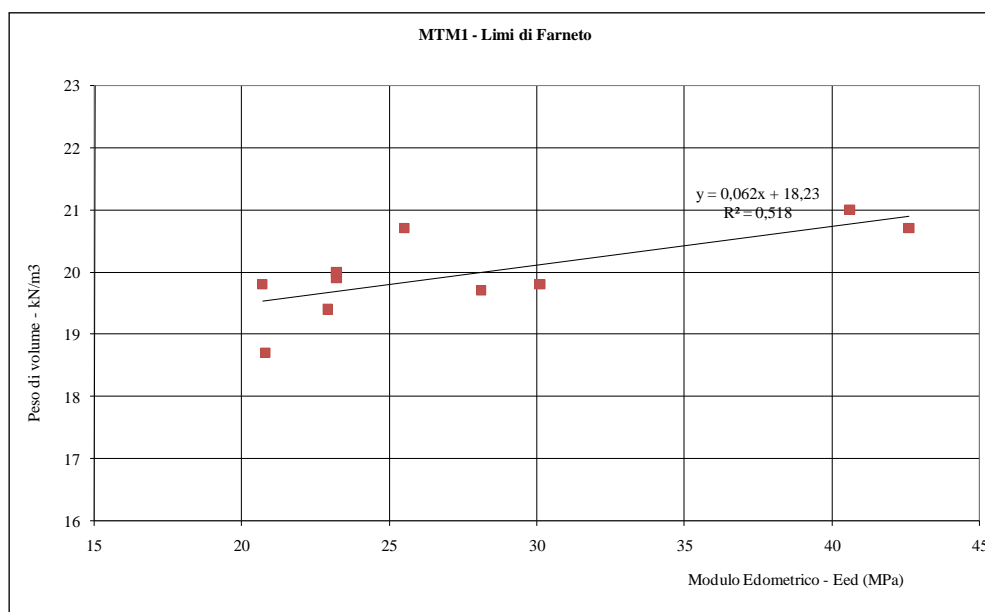


Figura 13 – Correlazione fra modulo edometrico e Peso di volume

Nella TAVOLA 1 sono mostrate le curve di frequenza dei valori di Peso di Volume, Umidità naturale, Indice di consistenza, angolo di attrito, coesione drenata e moduli di deformazione edometrica.

Si evidenzia un andamento tendenzialmente bimodale nei parametri geomeccanici, legati, come detto, alla variabilità della frazione limo-sabbiosa che aumenta dal letto verso il tetto dello strato, correlata alla variazione da ambienti deposizionali circolatori a transazionali.

6.1.2 Argille limose grigio-verdastre a *Cerastoderma*

Questa unità è presente in varie orizzonti, in corrispondenza del rilievo di M. Mario, al tetto delle sabbie gialle ed è caratterizzata da spessori limitati ed a quote superiori ai 70-75 m slm, mentre lo spessore aumenta decisamente verso nord e nord est, con quote di letto ribassate sino a 0/-10 m slm in corrispondenza dei Fossi dell'Acquatrasversa e delle Crescenza, a causa del forte ribassamento del substrato pliocenico a nord di Monte Mario stesso (faglia dell'Acquatrasversa); un simile abbassamento delle quote si ha anche nei settori a sud di M. Mario, con quote ribassate sino a +20/+30 m slm nel settore di Monteverde (Via Leone XIII, Via di Donna Olimpia, Via dei Quattro Venti).

L'alternanza di queste argille limose a *Cerastoderma* con strati di sabbie fini giallastre definisce un ambiente di transizione.

La Figura 14 mostra l'estensione in quota delle argille limose salmastre a *Cerastoderma*, al tetto della Formazione di Monte Mario e nelle varie zone di campionamento, con riferimento al contenuto della frazione argillosa.

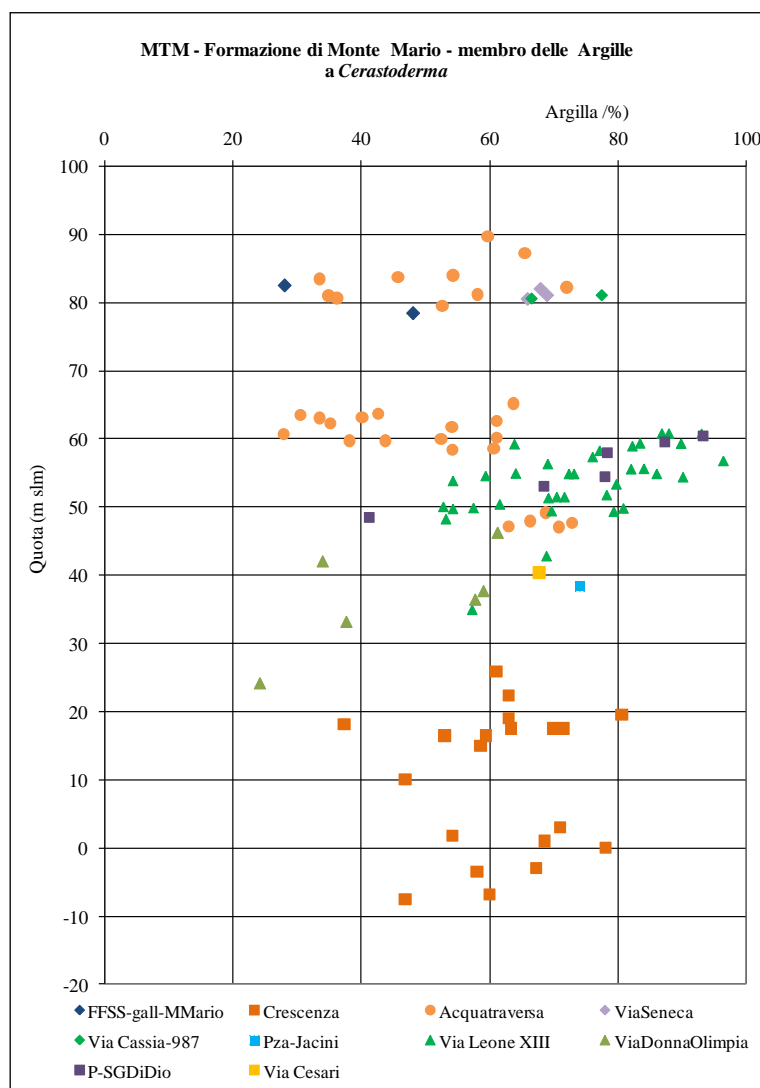


Figura 14 – Andamento della frazione argillosa con la quota e per le varie zone di campionamento

Questa unità è caratterizzata da litologie prevalentemente limose-argillose, con subordinato contenuto in sabbie fini.

Le analisi granulometriche evidenziano infatti un contenuto argilloso sempre prevalente ed intorno al 60 %, con limo subordinato intorno al 20-30 %; è praticamente assente la frazione sabbiosa e ghiaiosa (Figura 15).

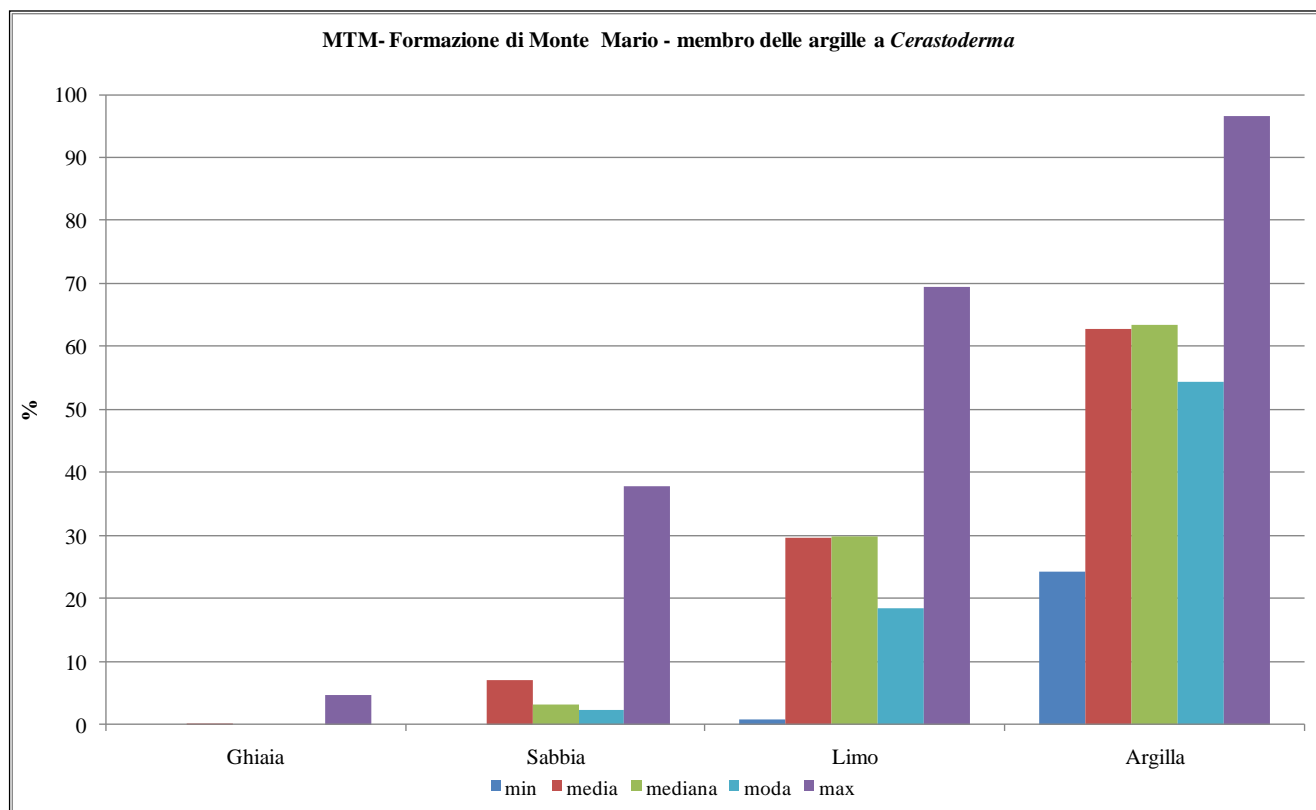


Figura 15 – Granulometria

La prevalenza della frazione argillosa, rispetto all'altra facies coesiva dei limi di Farneto (MTM₁) che presentano una prevalenza della frazione limosa, individua un ambiente di sedimentazione nella fase di transizione con depositi lagunari e salmastri (COSENTINO et alii, 2008).

L'Umidità Naturale ha valori molto estesi (15-40%), similmente ai valori del Peso di Volume (17-21 kN/m³); tale variabilità è legata ai limitati spessori dell'unità in corrispondenza del rilievo di M. Mario (con stratificazioni all'interno delle sabbie gialle), mentre ove raggiunge spessori fino a 10-15 m in corrispondenza dei fossi dell'Acquatrasversa e della Crescenza le argille sono interstratificate con sabbie grigie.

La Figura 16 mostra la relazione fra Umidità naturale e Peso di volume.

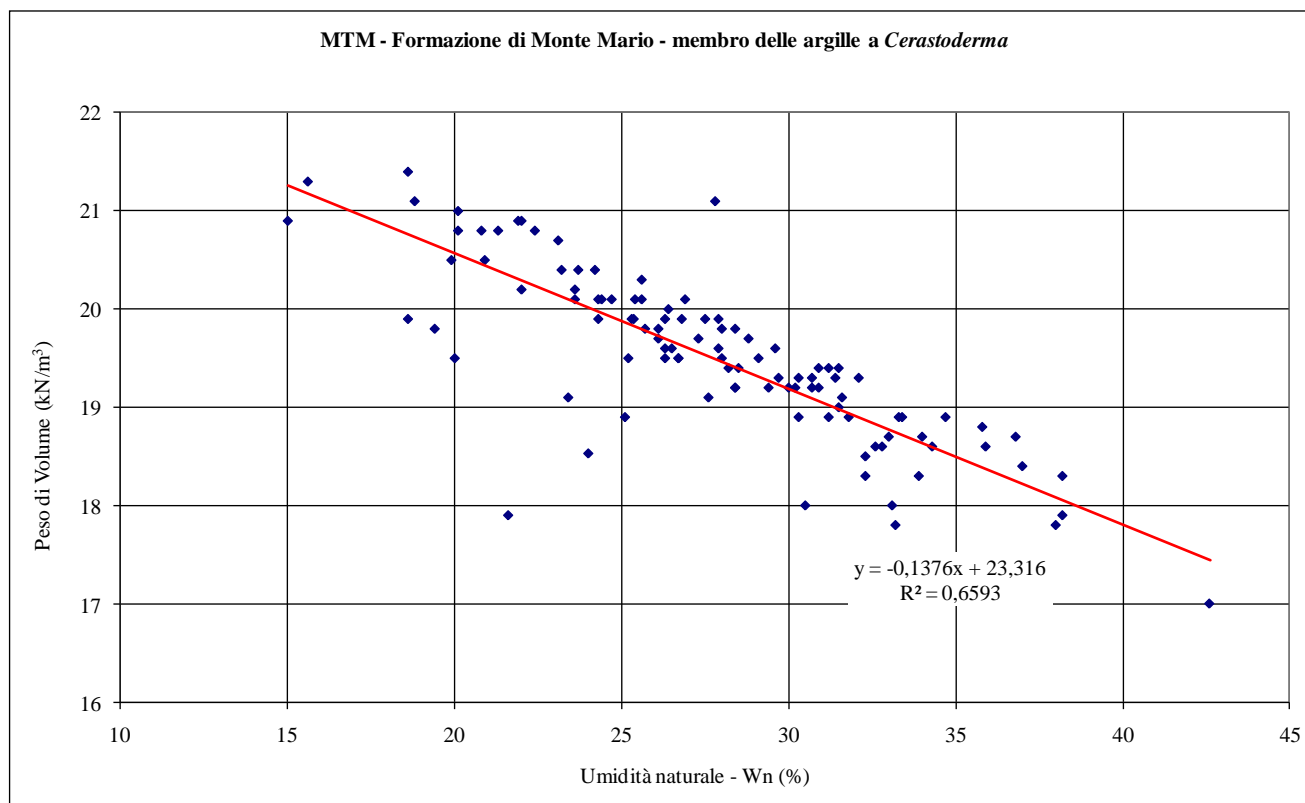


Figura 16 – Correlazione fra Umidità naturale e Peso di volume

Nella figura di cui sopra locali valori bassi del peso di volume correlati ad elevati valori di umidità possono essere ricondotti a disturbi di campionamento e/o a prelievi prossimi al passaggio verso interstrati sabbiosi con circolazione d'acqua che determinano locali fenomeni di plasticizzazione delle argille stesse.

Anche i Limiti di Atterberg individuano valori di Limite Liquido piuttosto estesi (LL = 26-90%), con Indice Plastico IP = 10-40.

Le caratteristiche di plasticità definiscono questi terreni prevalentemente come "argille ad alta plasticità" (CH-MH), con una certa percentuale di campioni costituiti da "argille e limi inorganici di bassa plasticità" (CL-ML); i valori di IP = 10-40 individuano terreni plastici.

La Carta di Plasticità mostra termini che si aggregano lungo la linea A (Figura 17)

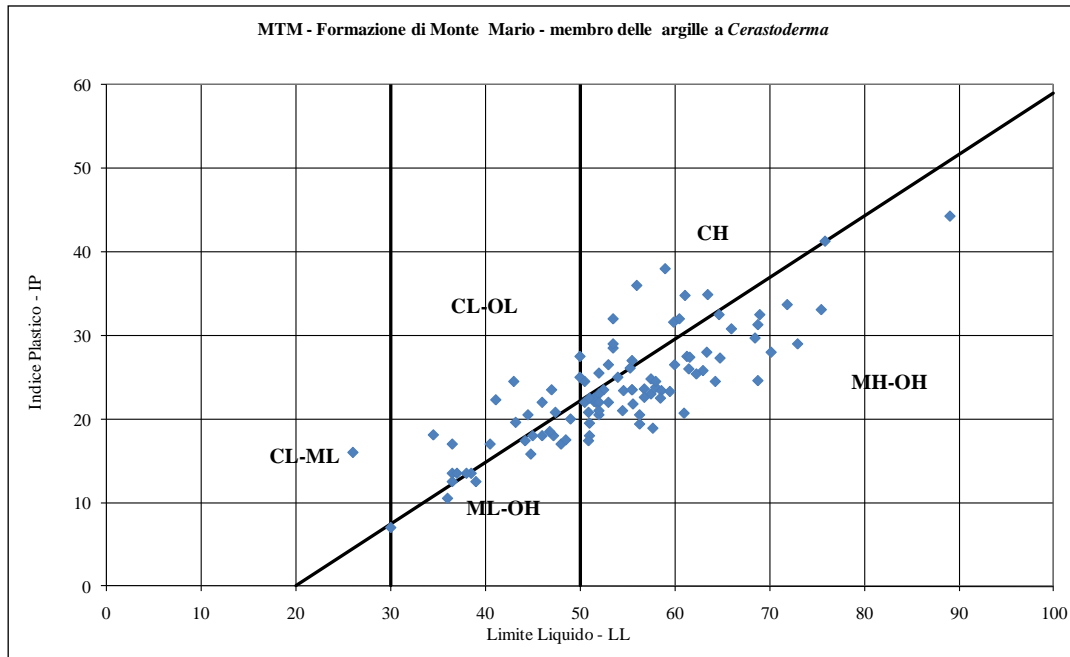


Figura 17 – Carta di Casagrande

Confrontando i limiti di Atterberg delle varie zone di prelievo risulta che i valori relativi ad una maggiore plasticità sono localizzati nei settori a sud di Monte Mario (Gianicolo-Monteverde) rispetto a quelli a nord di Monte Mario (Fossi dell'Acquatrasversa e delle Crescenza) (Figura 18).

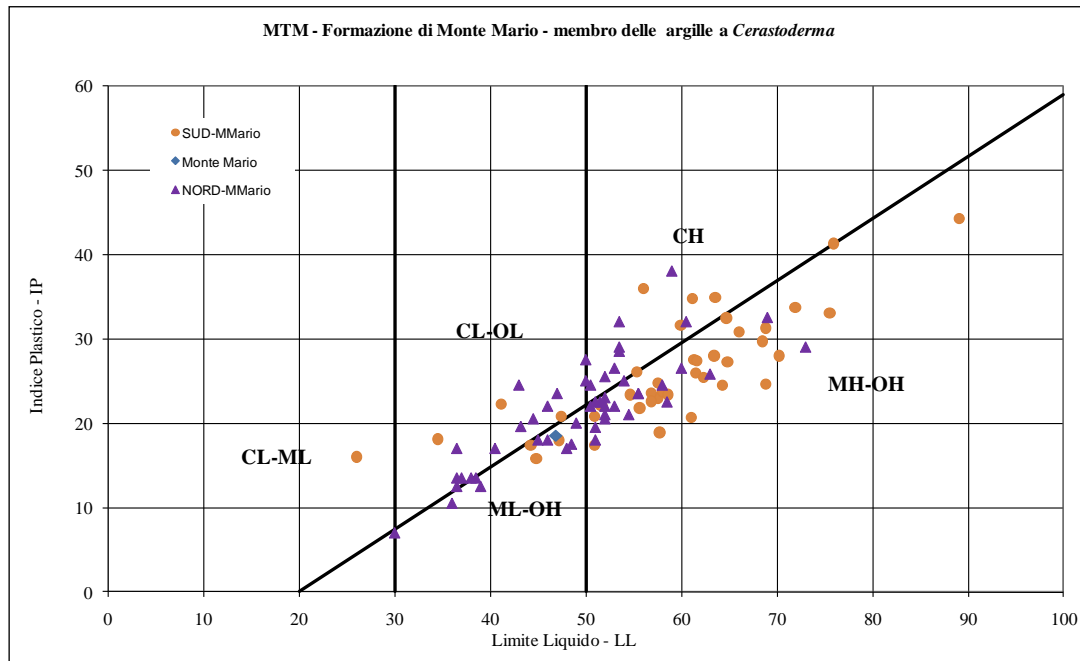


Figura 18 – Carta di Casagrande con valori relativi alle varie zone di campionamento

L'Indice di Attività colloidale assume valori molto estesi ed intorno a 0,30-1,20 (con valori più frequenti di $A = 0,30-0,60$), individuando terreni da "poco attivi" a "mediamente attivi" e minerali

argillosi prevalentemente caolinitici e subordinatamente illitici (SKEMPTON, 1953); non risultano sostanzialmente presenti minerali argillosi smentitici (Figura 19) .

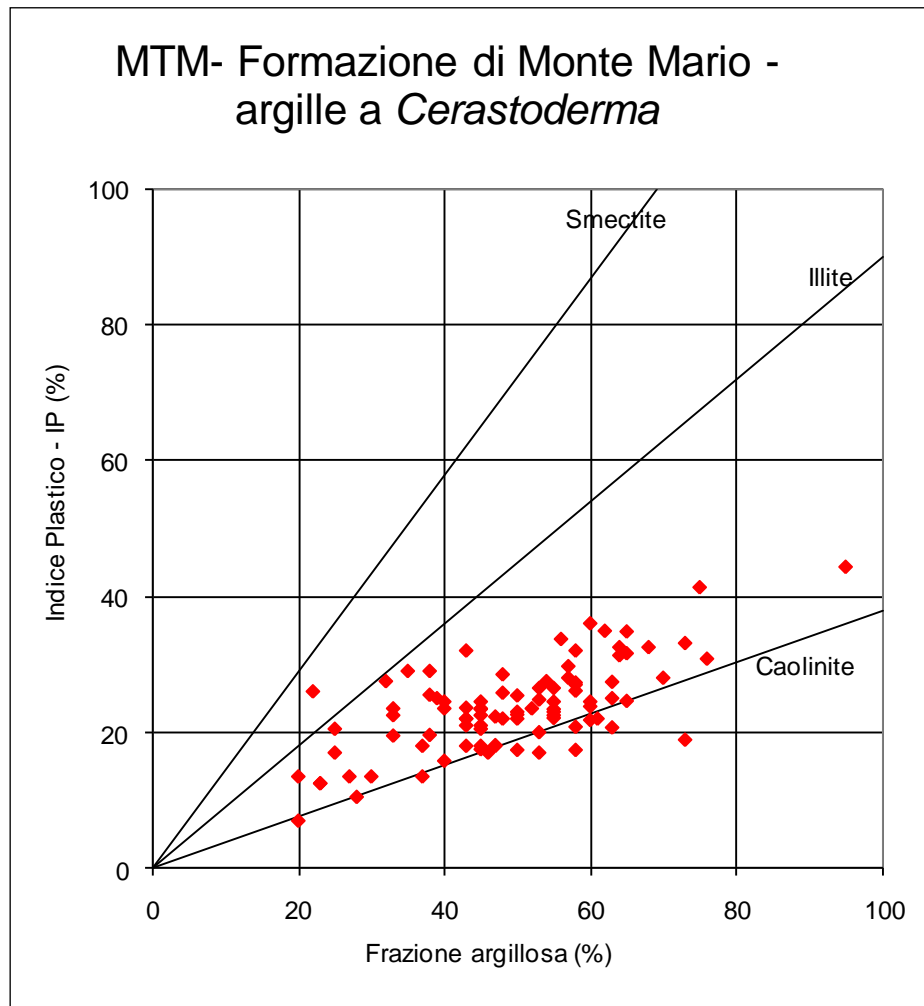


Figura 19 – Attività colloidale

In coerenza con i valori dei Limiti di Atterberg risulta che il contenuto argilloso più elevato si riscontra nei campionamenti a sud di Monte Mario rispetto a quelli dei Fossi dell'Acquatrasversa e della Crescenza (Figura 20).

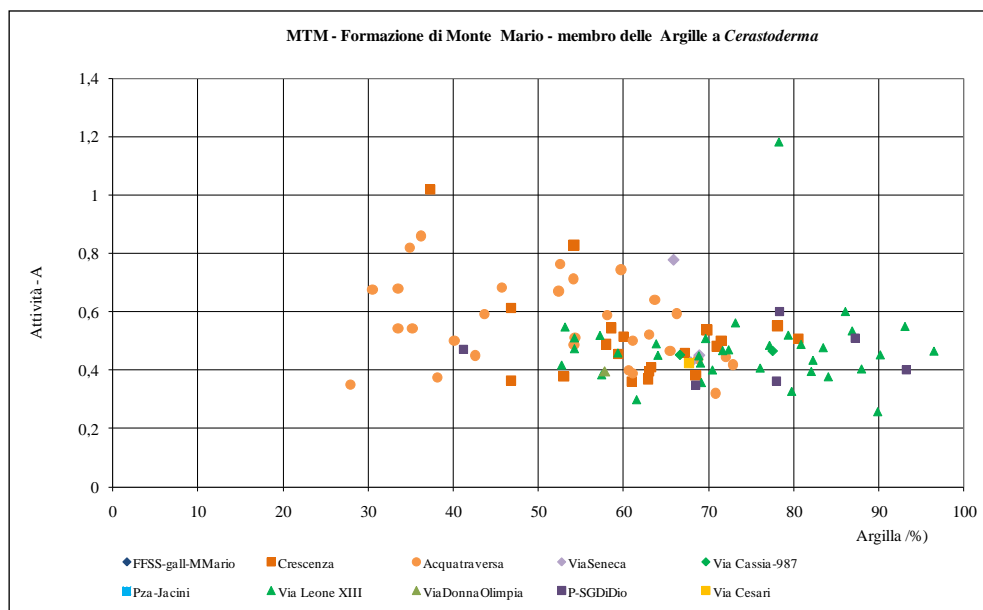


Figura 20 – Correlazione fra Attività e contenuto in argilla per varie zone di campionamento

In base ai valori dei Limiti di Atterberg e dell'Umidità Naturale si calcola l'Indice di Consistenza con valori frequenti $I_c = 0,8-1,5$ e che individuano terreni da "solido-plastici" a "semisolidi". La Figura 21 mostra la correlazione fra I_c e Umidità naturale.

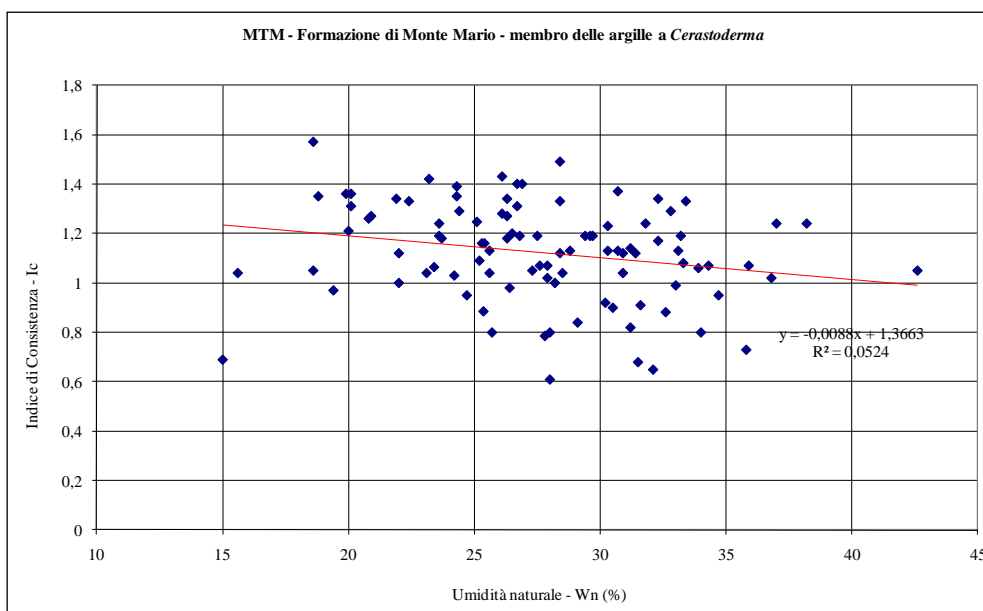


Figura 21 – Correlazione fra umidità naturale e Indice di consistenza

Dal punto di vista geomeccanico siamo in presenza di un comportamento prevalentemente coesivo con locale apporto di resistenza frizionale, con angolo di attrito che acquista termini estesi ($\Phi = 15-28^\circ$) e coesione drenata $C' = 10-60$ kPa, indice di una certa variabilità della frazione limosa.

La figura 22 mostra i valori di Φ e di C' individuando i valori ottenuti da prove di Taglio Diretto e del Triassiale CD.

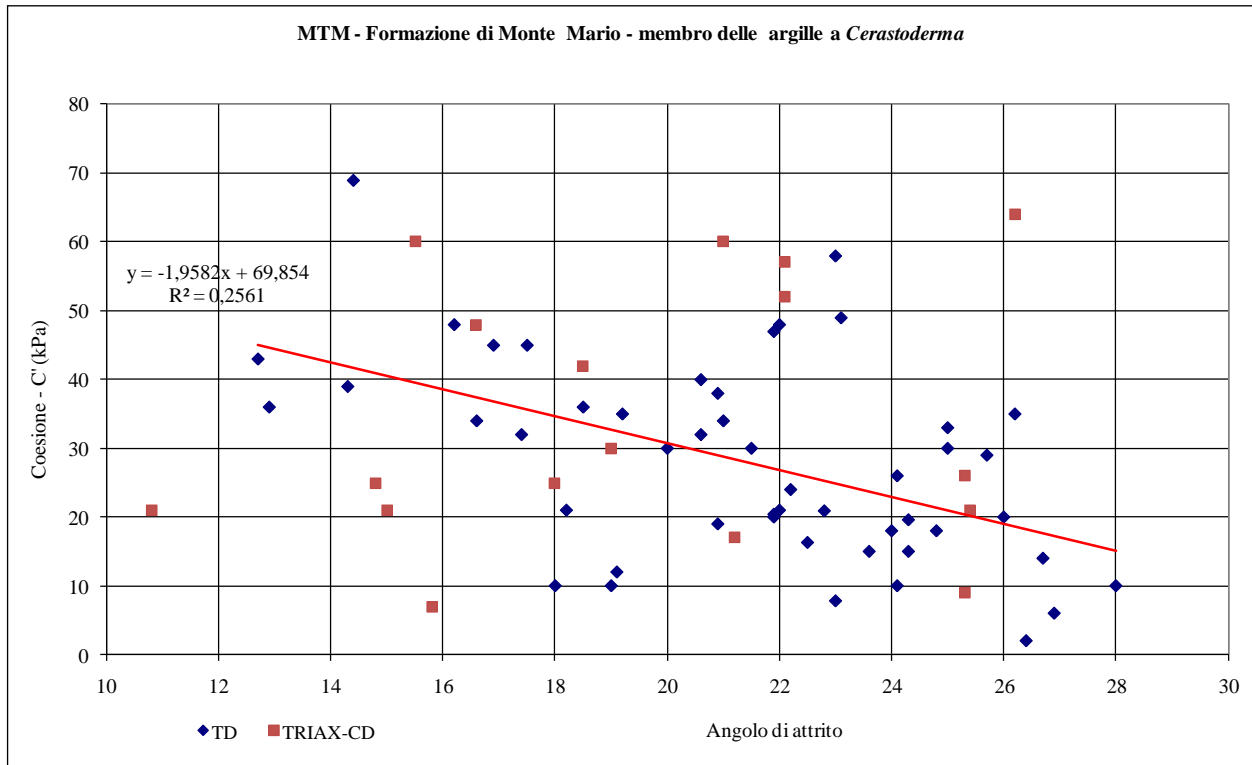


Figura 22 – Correlazione fra angolo di attrito e coesione drenata

La resistenza al taglio a breve termine è definita dalla coesione non drenata che acquista valori di $C_u = 50-300$ kPa.

la Figura 23 mostra la relazione fra la coesione non drenata e l'Indice di consistenza.

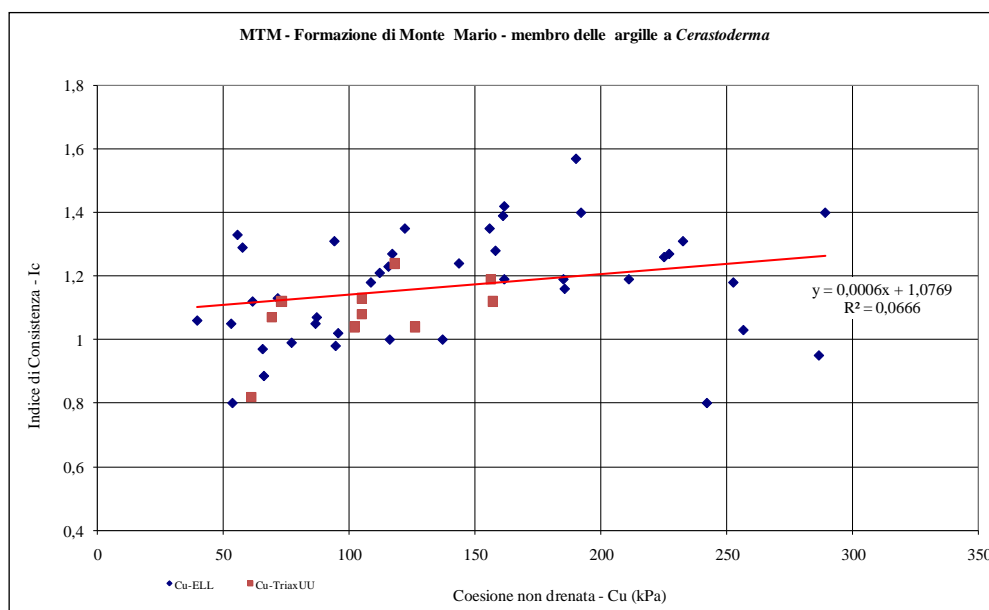


Figura 23 – Correlazione fra coesione non drenata e l'Indice di consistenza

I parametri di deformazione confinata hanno valori variabili da 6 a 15 MPa (tali valori sono riportati da elenchi tabellari, senza indicazione del riferimento all'intervallo di carico considerato). La Figura 24 mostra una correlazione fra il modulo edometrico e la coesione non drenata.

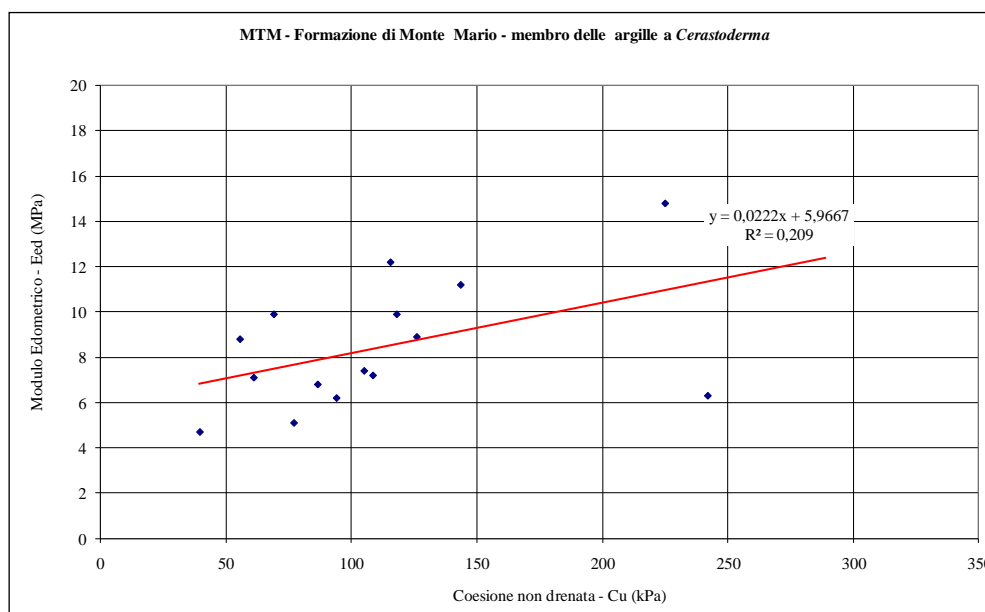


Figura 24 – Correlazione fra modulo edometrico e coesione non drenata

La Figura 25 mostra i valori del Modulo Edometrico in funzione della quota dei campioni e delle diverse zone di riferimento.

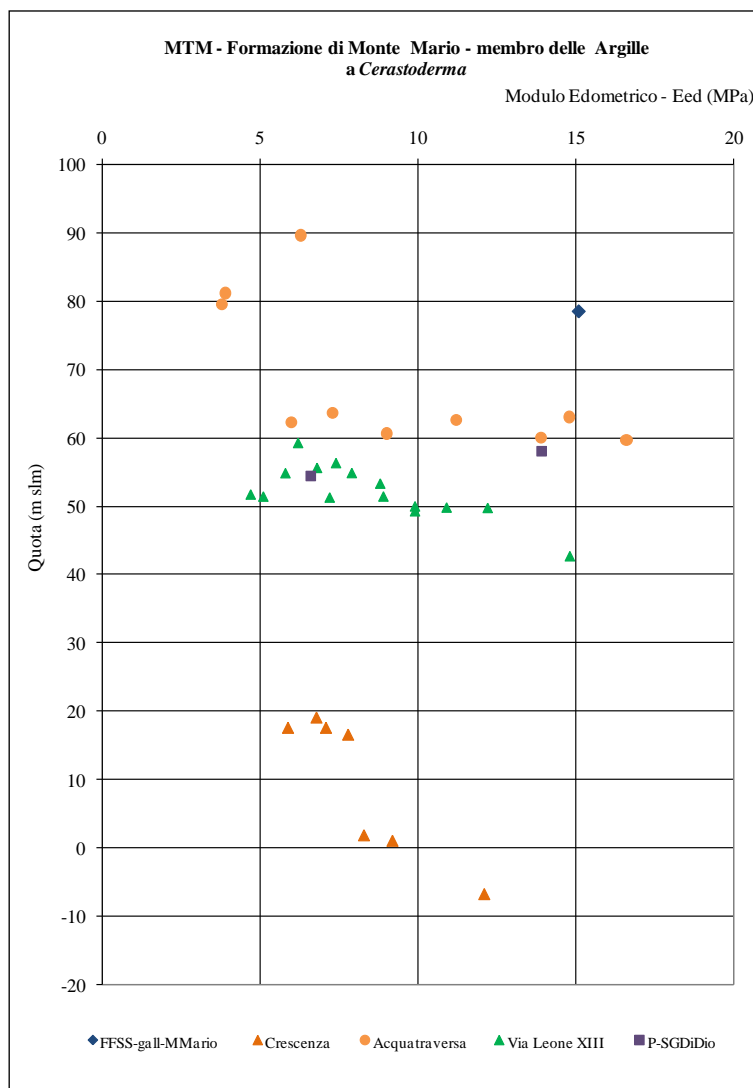


Figura 25 – Andamento de Modulo edometrico con la quota di campionamento

Nella TAVOLA 2 sono mostrate le curve di frequenza dei valori di Peso di Volume, Umidità naturale, Indice di consistenza, angolo di attrito, coesione drenata, coesione non drenata e moduli di deformazione edometrica.

Si evidenzia un andamento sostanzialmente modale dei vari parametri fisici, mentre si riscontra un andamento bimodale dei parametri geomeccanici, che può far suggerire una variazione di resistenza e deformabilità dovuta a fenomeni di plasticizzazione dei campioni da parte della circolazione d'acqua presente negli interstrati sabbiosi di questa facies.

6.2 – Facies incoerenti

I depositi qui trattati sono costituiti da granulometrie essenzialmente sabbiose, pur con una notevole variabilità sia stratigrafica che areale in relazione al contenuto limoso e argilloso.

Dal punto di vista geotecnico in corrispondenza del rilievo di Monte Mario, si individuano le seguenti unità litostratigrafiche, al di sopra del membro di Farneto (MTM₁), dal basso verso l'alto:

- Sabbie grigie ad *Arctica islandica*
- Sabbie gialle, localmente con livelli di panchina

Tale serie litotecnica presenta però significative variazioni a nord ed a sud del rilievo di Monte Mario a causa della tettonica ed in particolare:

1. Le sabbie grigie ad *Arctica islandica* acquistano spessori notevolmente superiori ed in alternanza con strati di argille grigie a *Cerastoderma* (già sopra descritte) nelle zone a nord di Monte Mario (Fosso dell'Acquatrasversa e Fosso della Crescenza); a sud invece sono assenti sui rilievi del Gianicolo-Monteverde, mentre ricompaiono, poco ad ovest di questo, in Via di Donna Olimpia (con spessore minore) e in Via Leone XIII (con spessori molto maggiori), sempre in alternanza con le argille grigie sopra descritte.
2. Le sabbie gialle sono sostanzialmente assenti a nord di Monte Mario (Fosso dell'Acquatrasversa e Fosso della Crescenza), mentre sono presenti, pur con spessori minori, a sud (zona di Gianicolo-Monteverde) con contatto trasgressivo diretto sulla formazione di Monte Vaticano (MVA)

La descrizione delle caratteristiche fisico-meccaniche è di seguito sviluppata separatamente per le sabbie grigie e per le sabbie gialle, individuando di volta in volta eventuali variabilità delle caratteristiche geotecniche sia stratigrafiche che areali nello schema sopra esposto.

In relazione alle sabbie gialle, queste vengono descritte geotecnicamente senza individuare il membro inferiore con livelli di "panchina", in quanto le prove di laboratorio fanno sempre riferimento a campioni prevalentemente sabbiosi (pur tuttavia si faranno alcune considerazioni circa la localizzazione delle quote con presenza di livelli di "panchina").

6.2.1 Sabbie grigie

I campioni appartenenti a questa unità litotecnica sono stati selezionati innanzitutto in base alle prove di resistenza al taglio che evidenziano elevati angoli di attrito ed includendo anche i campioni che, pur in assenza di prove meccaniche, evidenziavano significative percentuali della frazione sabbiosa.

Dal punto di vista granulometrico le sabbie sono sempre prevalenti (60-70%), con la frazione limosa intorno al 15-20%; argilla e ghiaia sono pressoché assenti (Figura 26):

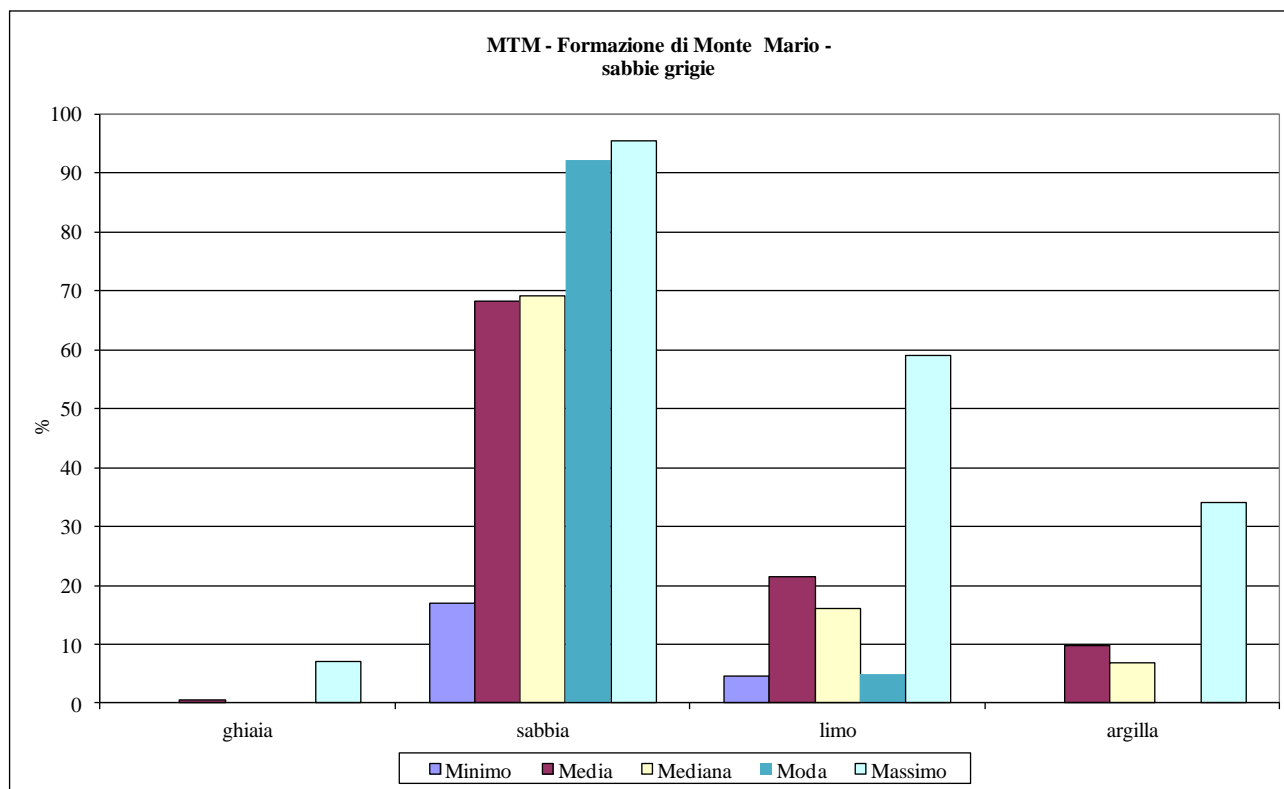


Figura 26 – Granulometria

La Figura 27 mostra, con riferimento al contenuto sabbioso, le quote di campionamento ed il riferimento alle varie zone considerate.

corrispondenza dei fossi dell'Acquatrasversa e della Crescenza, ove sono presenti interstrati argillosi grigi che condizionano la circolazione idrica sotterranea.

La Figura 28 mostra la relazione fra Umidità naturale e Peso di volume.

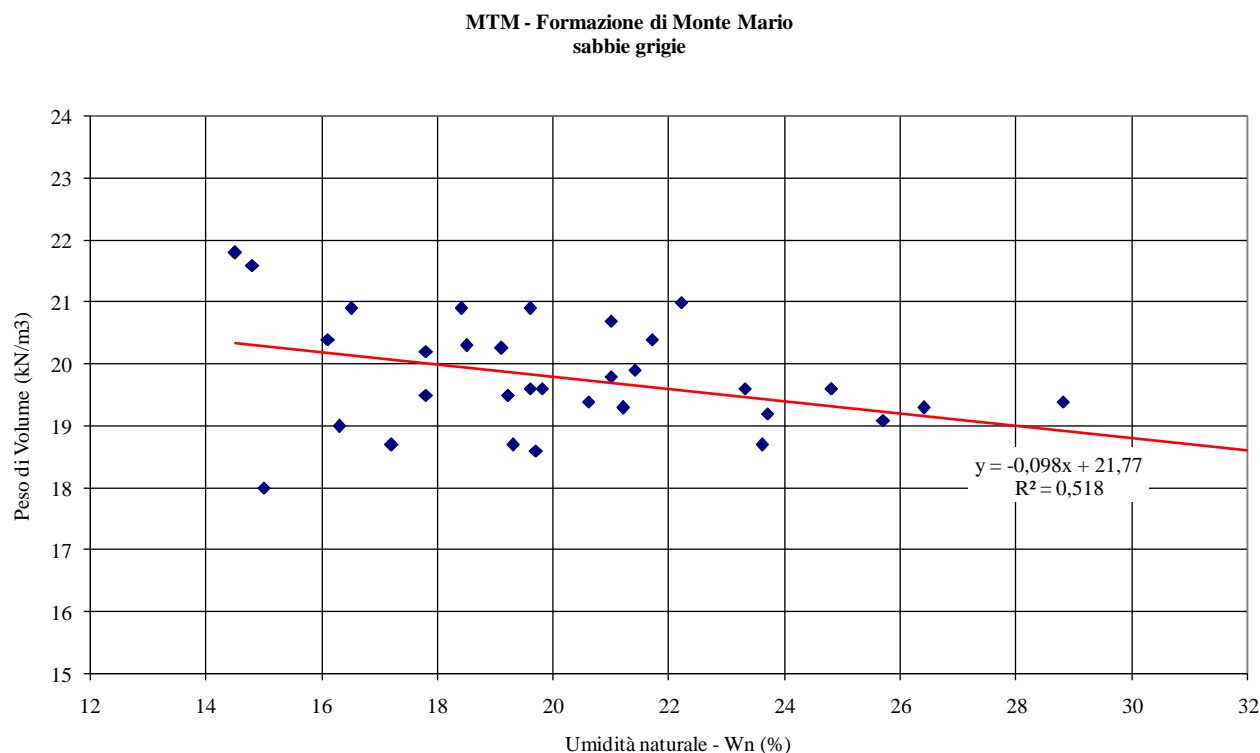


Figura 28 – Correlazione fra Umidità naturale e Peso di volume

Data la granulometria essenzialmente sabbiosa i campioni analizzati sono risultati non plastici; soltanto in 4 campioni su 44 è stato possibile misurare il Limite Liquido con Limite Plastico nullo (LL = 23-33 %; IP = 0) ed in 2 campioni anche il Limite Plastico (LL = 31-34%; IP = 12).

L'elemento che contraddistingue questa facies è comunque la resistenza al taglio che, data la granulometria essenzialmente sabbiosa, evidenzia elevati angoli di attrito: $\Phi' = 29-39^\circ$.

La coesione, escludendo il 15% dei campioni con coesione nulla, varia entro valori molto estesi (5-30 kPa); si segnalano alcune prove con coesione più elevata ($C' = 40-60$ kPa) da attribuire ad un relativamente maggiore contenuto della frazione limo-argillosa (Figura 29).

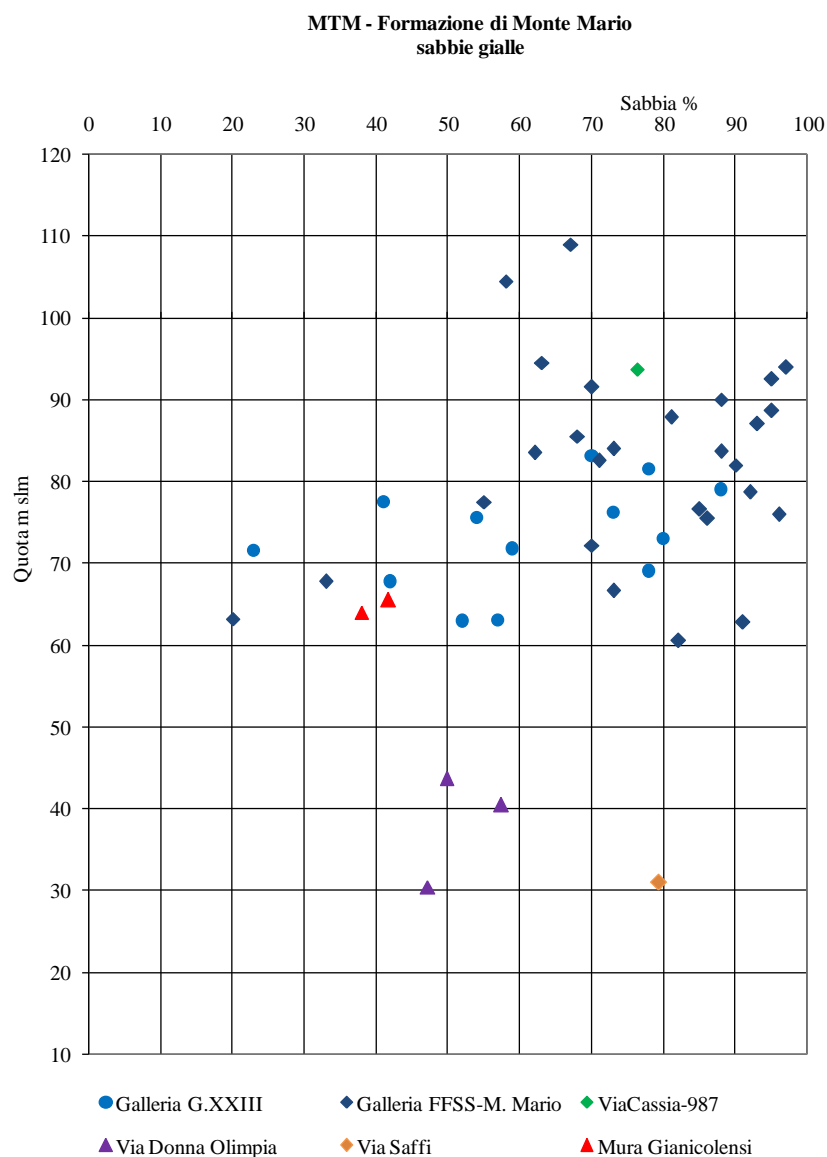


Figura 30 – Andamento della frazione sabbiosa gialla con la quota e nelle varie zone di campionamento

Le sabbie gialle, quasi esclusivamente in corrispondenza del rilievo di M. Mario, presentano nei livelli inferiori frequenti orizzonti decimetrici di sabbie concrezionate (panchina) che difficilmente sono state campionate e sottoposte a prove di laboratorio come facies ben individuata. La Figura 31 mostra, in base alle descrizioni litologiche tabellari, la localizzazione di tali livelli arenacei nel rilievo di M. Mario, che risulta presenti alle quote 60-70 m slm.

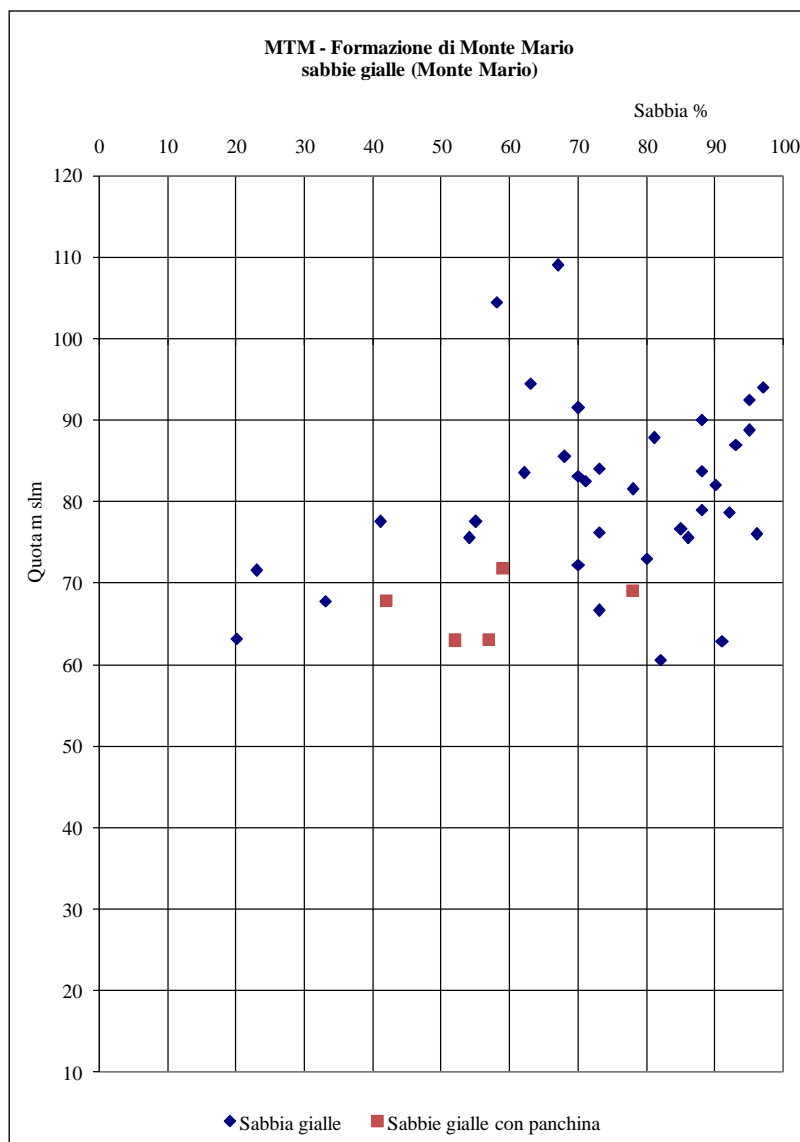


Figura 31 – Andamento della frazione sabbiosa con la quota nella zona di Monte Mario

Dal punto di vista granulometrico le sabbie sono sempre prevalenti (70%), con la frazione limosa intorno al 15-20%; argilla e ghiaia pressoché assenti (Figura 32).

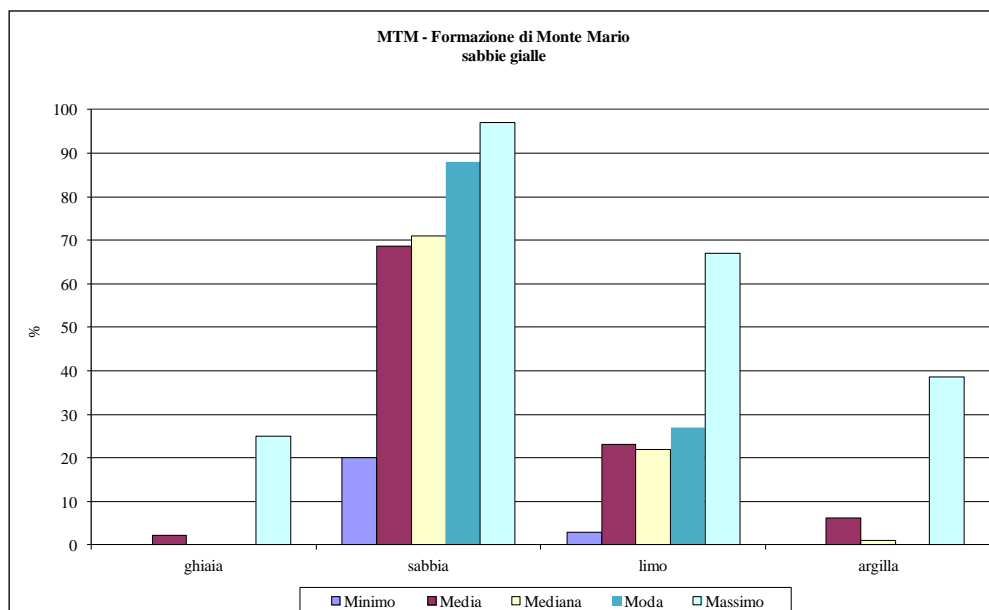


Figura 32 – Granulometria

Rispetto alle sottostanti sabbie grigie si evidenzia una sostanziale similarità granulometrica. L'Umidità Naturale ha valori molto estesi (15-30%), similmente ai valori del Peso di Volume (17-22 kN/m³). la Figura 33 mostra la relazione fra Umidità naturale e Peso di volume.

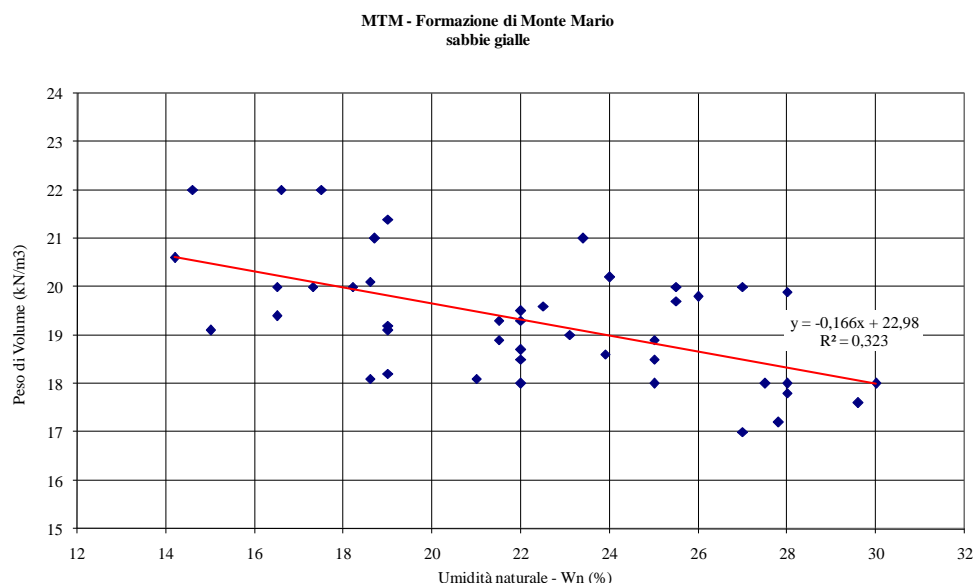


Figura 33 – Correlazione fra Umidità naturale e Peso di volume

Data la granulometria essenzialmente sabbiosa i campioni analizzati sono risultati non plastici; soltanto in un campione su 47 è stato possibile misurare i Limiti di Atterberg ((LL = 22,4%; IP = 5,5).

Data la prevalenza della frazione sabbiosa l'elemento che contraddistingue questa facies è la resistenza al taglio che evidenzia elevati angoli di attrito: $\Phi' = 28-43^\circ$; la coesione, escludendo il 15% dei campioni con coesione nulla, varia entro valori molto estesi (10-30 kPa); si segnala un valore molto elevato ($C' = 80$ kPa) riscontrato in un campione, da attribuire ad un relativamente maggiore contenuto della frazione limo-argillosa (77%).

La Figura 34 mostra la relazione fra angolo di attrito e coesione drenata, differenziando le prove di taglio diretto dai Triassiali c.d.

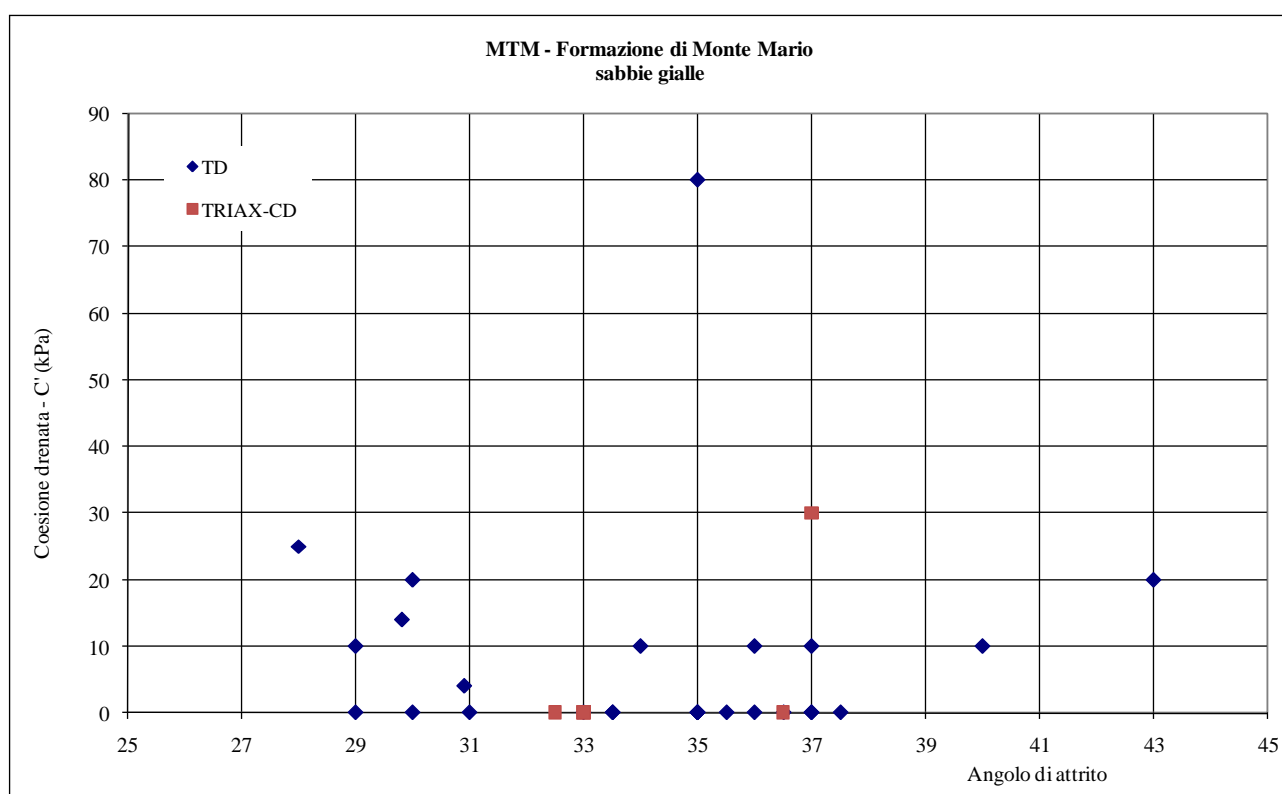


Figura 34 – Correlazione fra angolo di attrito e coesione drenata

Nonostante il comportamento frizionale di questa unità sono state eseguite 10 prove edometriche in corrispondenza di campioni con frazione limo-argillosa relativamente più elevata (> 35-40%); si sono ottenuti valori di $E_{ed} = 20-35$ MPa (Figura 35).

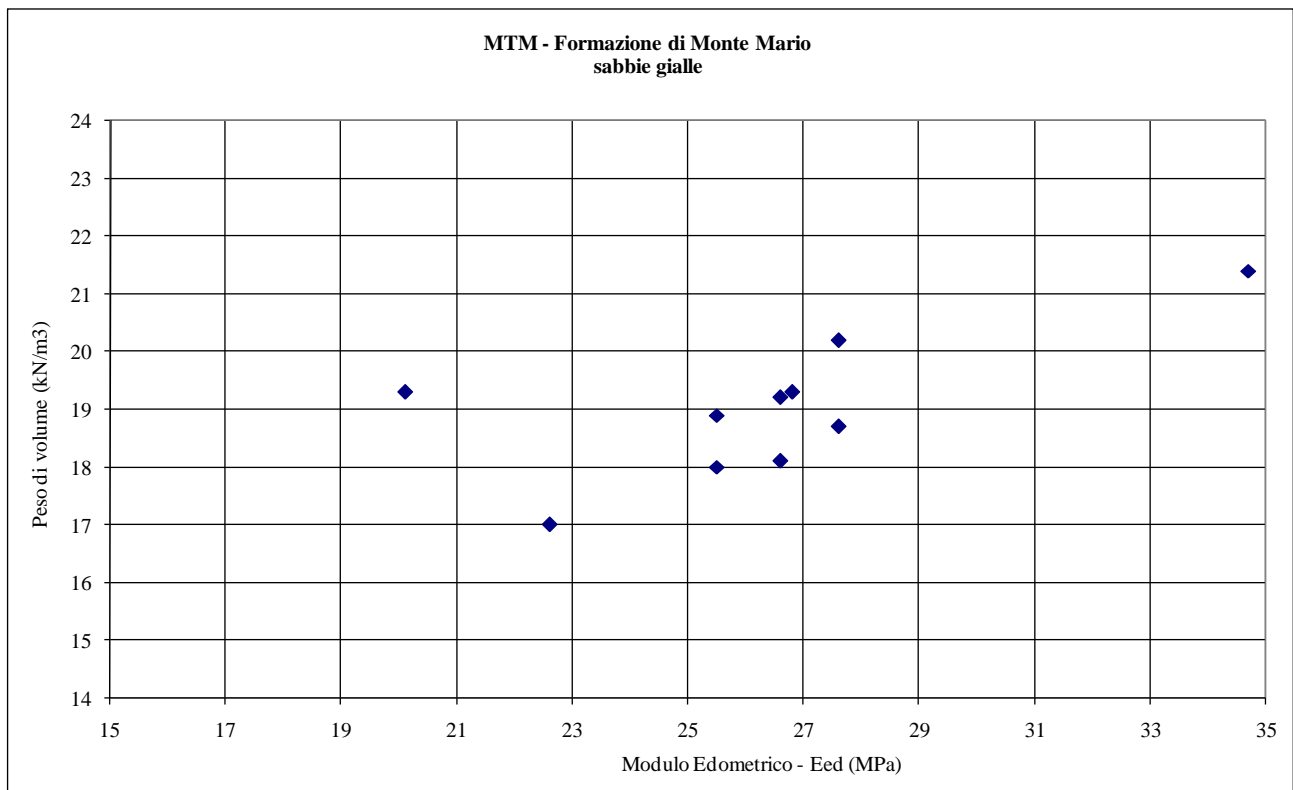


Figura 35 – Correlazione fra Modulo edometrico e Peso di Volume

Nella TAVOLA 4 sono mostrate le curve di frequenza dei valori di Peso di Volume, Umidità naturale, angolo di attrito e coesione drenata.

Si evidenzia un andamento sostanzialmente bimodale. dei vari parametri dovuto probabilmente al variabile rapporto fra le frazioni sabbiose e limose ed alle interstratificazioni con le argille a *Cerastoderma* nei settori di tetto di questa facies.

7. CARATTERI FISICO MECCANICI DELLA FORMAZIONE DI MONTE DELLE PICHE (MDP)

La formazione di Monte delle Piche non presenta attualmente affioramenti e la cava ove era stata segnalata nel sito omonimo, lungo Via della Magliana, è attualmente obliterata.

Pertanto, la descrizione di questa unità è basata su dati di sondaggio a varie profondità eseguiti lungo il Fosso della Maglianella, in zona Pescaccio e nel nuovo Canile Municipale (Via della Magliana), tutti siti localizzati ad ovest della dorsale di Monte-Mario-Gianicolo-Monteverde ed in prossimità del GRA.

La Figura 36 mostra la localizzazione dei suddetti siti di campionamento nell'ambito della carta del tetto della formazione di Monte delle Piche (FUNICIELLO, 1985)

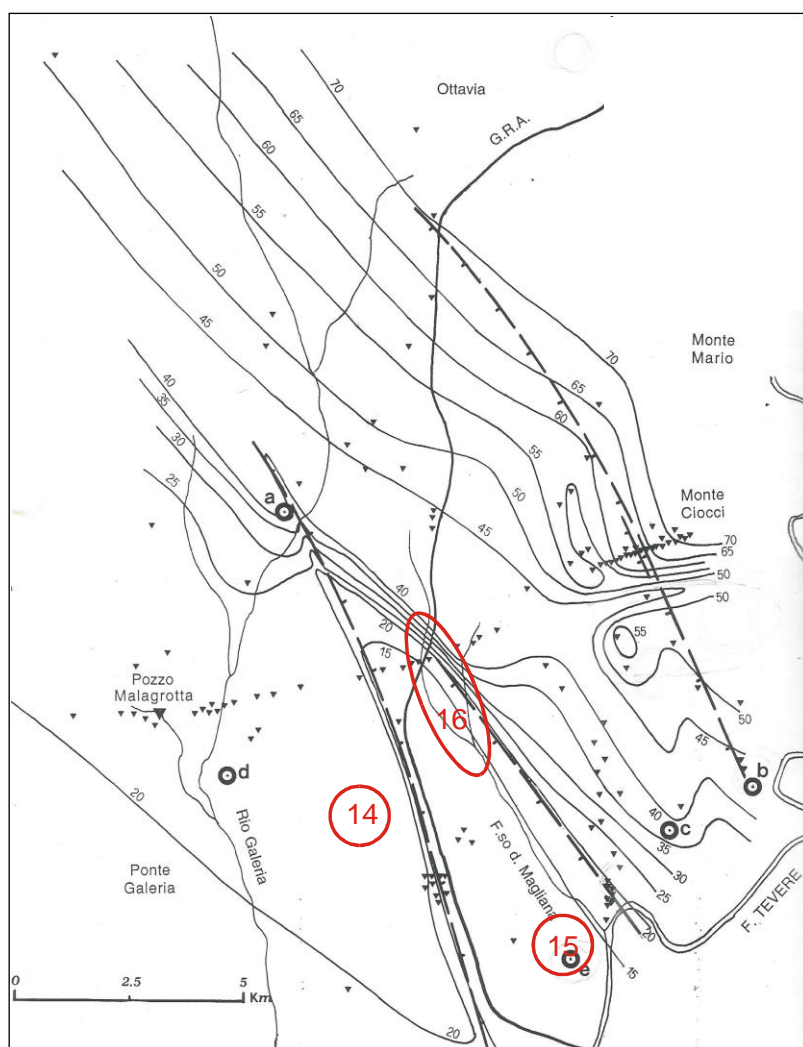


Figura 36 - Quote di tetto della Formazione di Monte delle Piche (MDP) ed ubicazione aree di campionamento (FUNICIELLO, 1995)

Le analisi granulometriche evidenziano un contenuto limoso sempre prevalente ed intorno al 50 %, con argilla e sabbia subordinate, intorno al 15-30 %; è assente la frazione ghiaiosa (Figura 37).

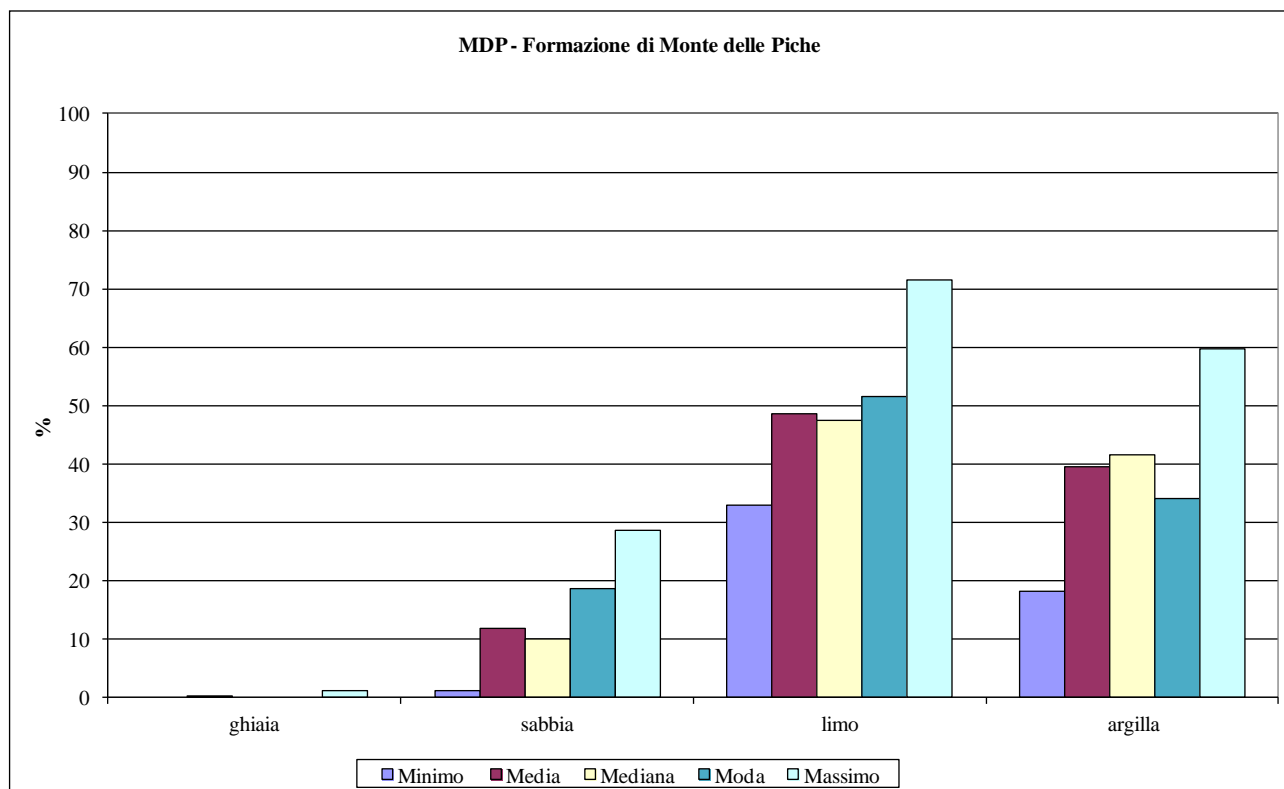


Figura 37 - Granulometria

La Figura 38 mostra la localizzazione delle quote di campionamento nelle varie zone, con riferimento al totale della frazione limosa e argillosa. Si evidenziano valori maggiori della frazione limo-argillosa alle quote più basse in corrispondenza del fosso della Maglianella ed una loro diminuzione alle quote più elevate. Tale variazione potrebbe essere correlata a passaggi verso ambienti più continentali dei sovrastanti depositi di Ponte Galeria (PGL).

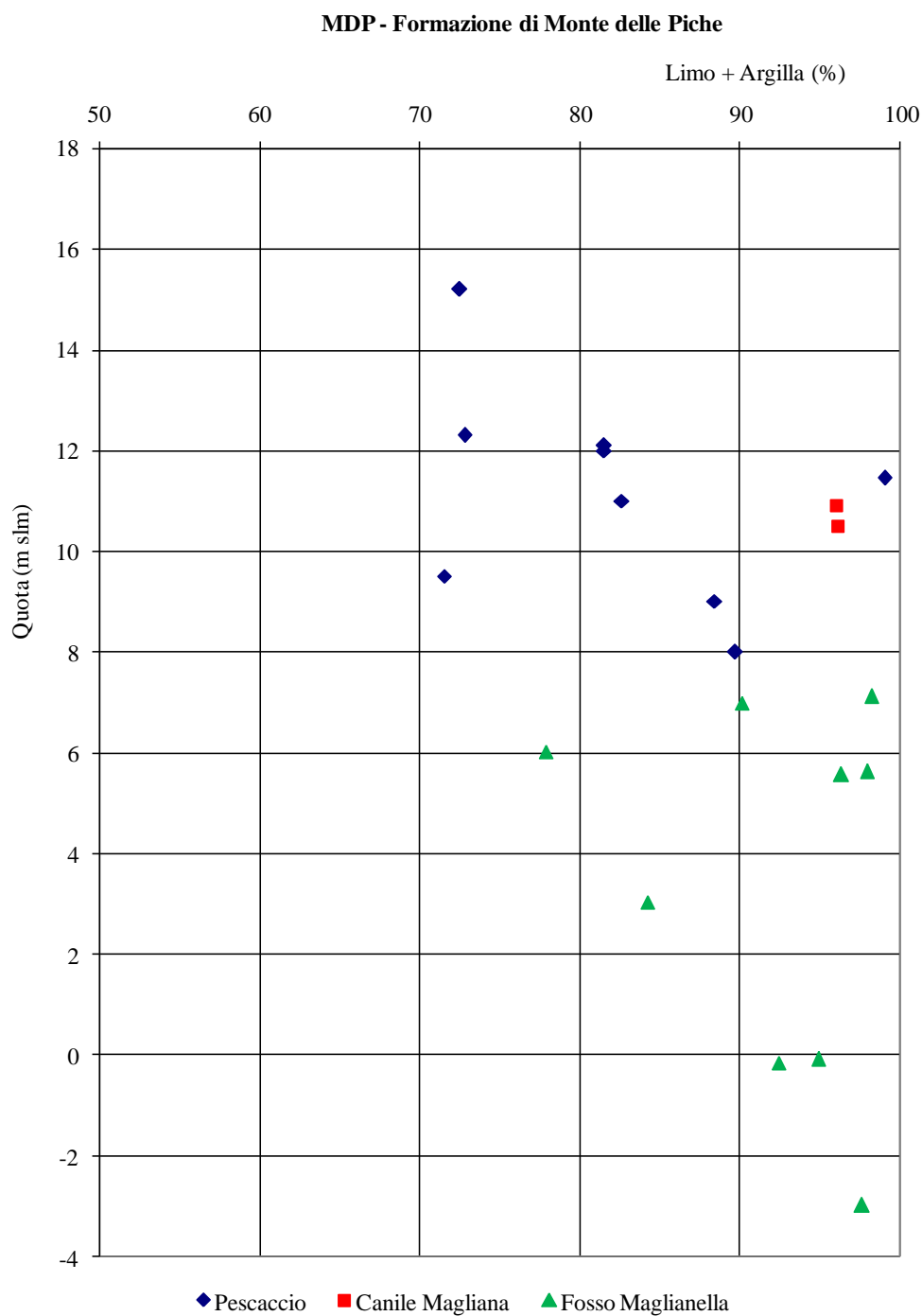


Figura 38 – Variazione della frazione limo-argillosa con la quota e per le varie zone di campionamento

L'Umidità Naturale ha valori in genere medio-bassi (20-30%), con medio-elevati valori del Peso di Volume (18,5-20,5 kN/m³); la Figura 39 mostra la relazione fra Umidità naturale e Peso di volume.

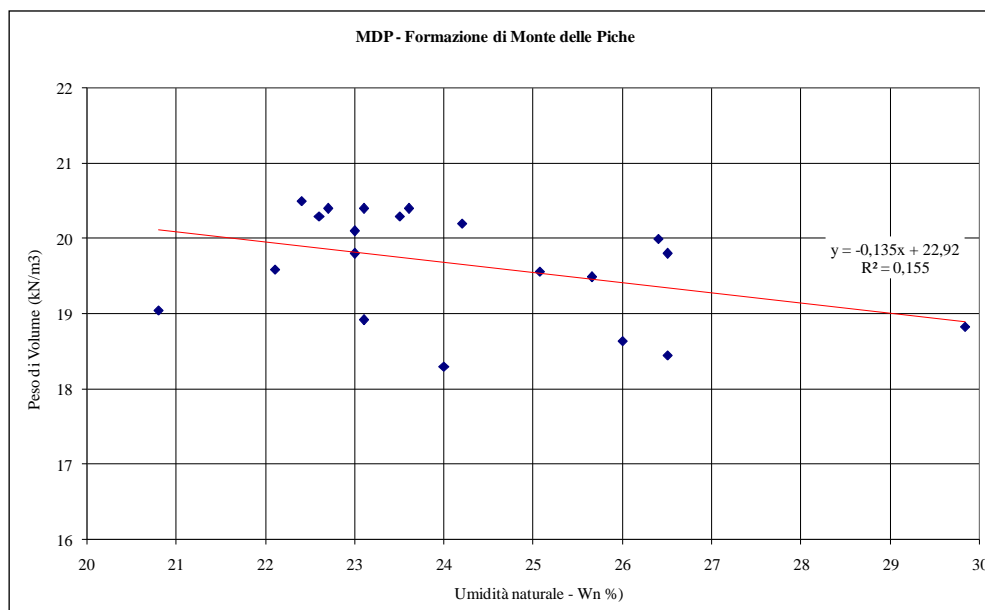


Figura 39 – Correlazione fra Umidità naturale e Peso di volume

Le caratteristiche di plasticità definiscono questi terreni prevalentemente come “argille e limi inorganici e organici di media plasticità” (CL-ML-OL), con una certa percentuale di campioni a “bassa plasticità” (CL-ML); l’Indice Plastico (IP = 3-20) individua terreni da poco plastici a plastici. La Carta di Plasticità individua termini che si aggregano lungo la linea A (Figura 40)

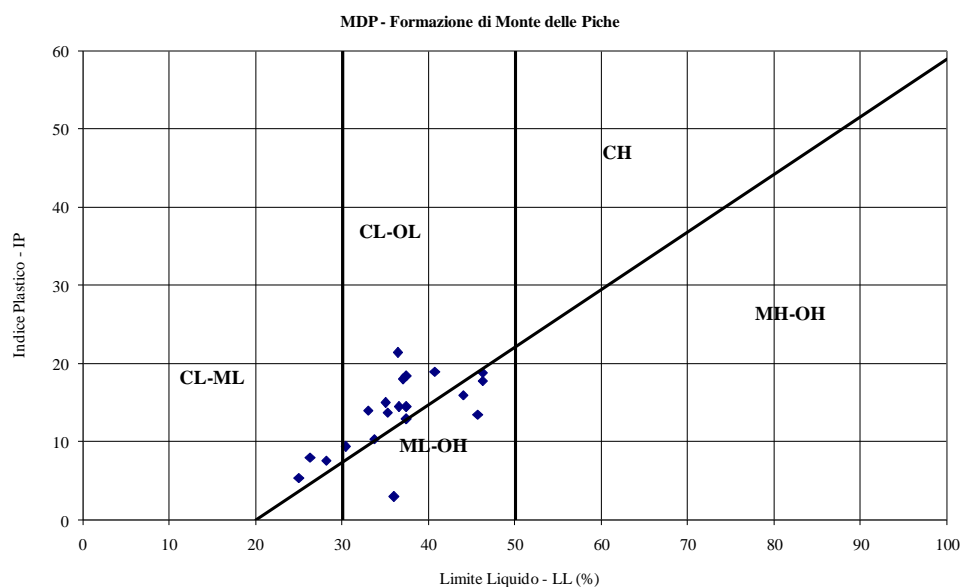


Figura 40 – Carta di Casagrande

L’Indice di Attività colloidale è intorno a 0,20-0,70, individuando terreni “inattivi” e minerali argillosi prevalentemente caolinici e subordinatamente illitici (SKEMPTON, 1953); non risultano sostanzialmente presenti minerali argillosi smentitici.

Considerando i valori dell'Attività colloidale emerge che in corrispondenza dei campioni prelevati nell'area di Pescaccio (Via della Pisana) risultano valori molto bassi ($A = 0,2-0,4$) rispetto alle altre due zone (Figura 41).

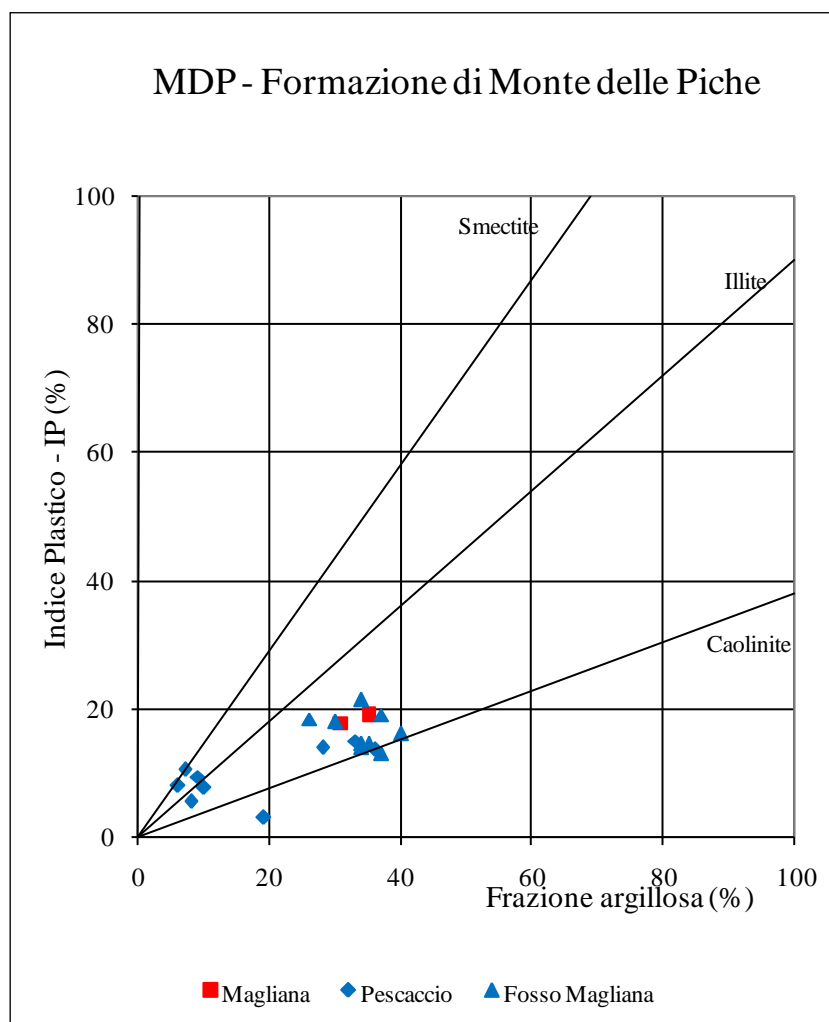


Figura 41 – Attività colloidale

In base ai valori dei Limiti di Atterberg e dell'Umidità Naturale si calcola l'Indice di Consistenza con valori frequenti $I_c = 0,5-1,5$ e che individuano terreni a consistenza molto variabile da "plastici" a "semisolidi". La Figura 42 mostra la correlazione fra l'Indice di Consistenza e l'Umidità naturale.

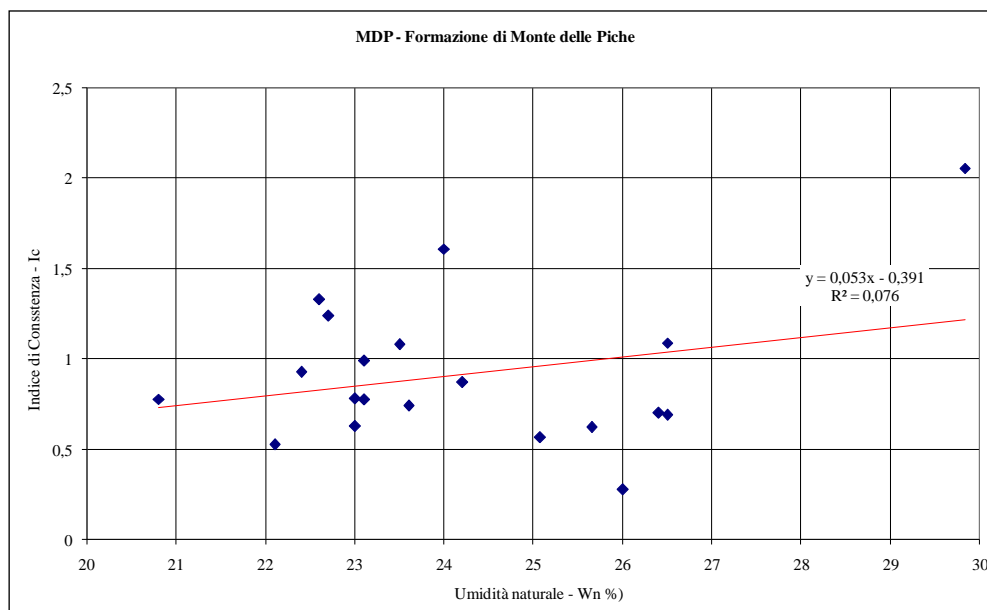


Figura 42 – Correlazione fra umidità naturale e Indice di consistenza

Dal punto di vista geomeccanico, coerentemente con la prevalenza della frazione limosa, siamo in presenza di un comportamento congiuntamente frizionale e coesivo con angolo di attrito intorno a $\Phi = 23-29$ e coesione drenata $C' = 5-20$ kPa.

La figura 43 mostra i valori di Φ e di C' ottenuti da prove di Taglio Diretto.

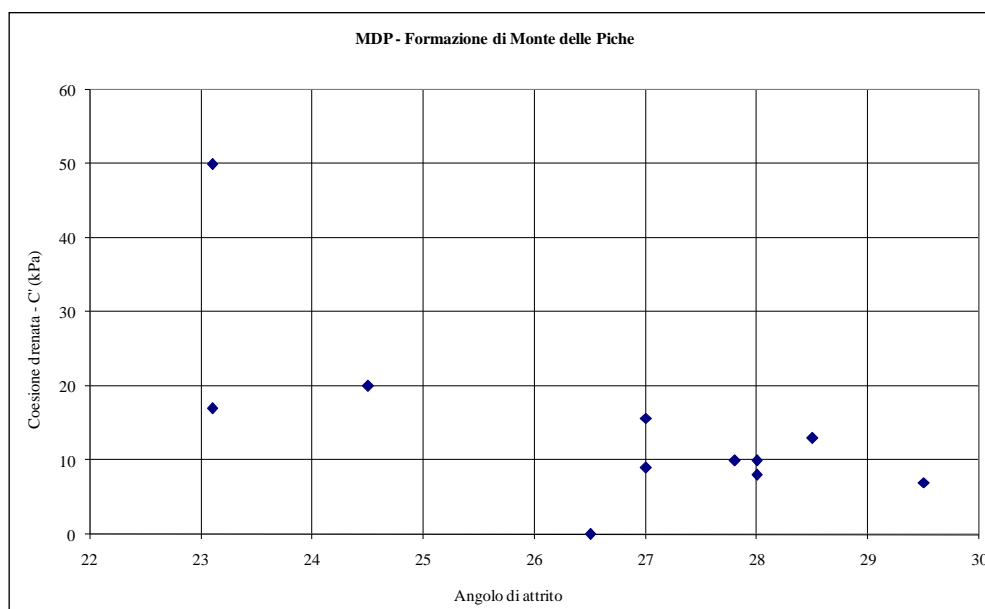


Figura 43 – Correlazione fra angolo di attrito e coesione drenata

La resistenza al taglio non drenata è caratterizzata da valori di $C_u = 50-150$ kPa, mentre dalle prove udometriche emergono valori di E_{ed} variabili da 10 a 20 Mpa.

La Figura 44 mostra una correlazione fra il modulo edometrico e la coesione non drenata.

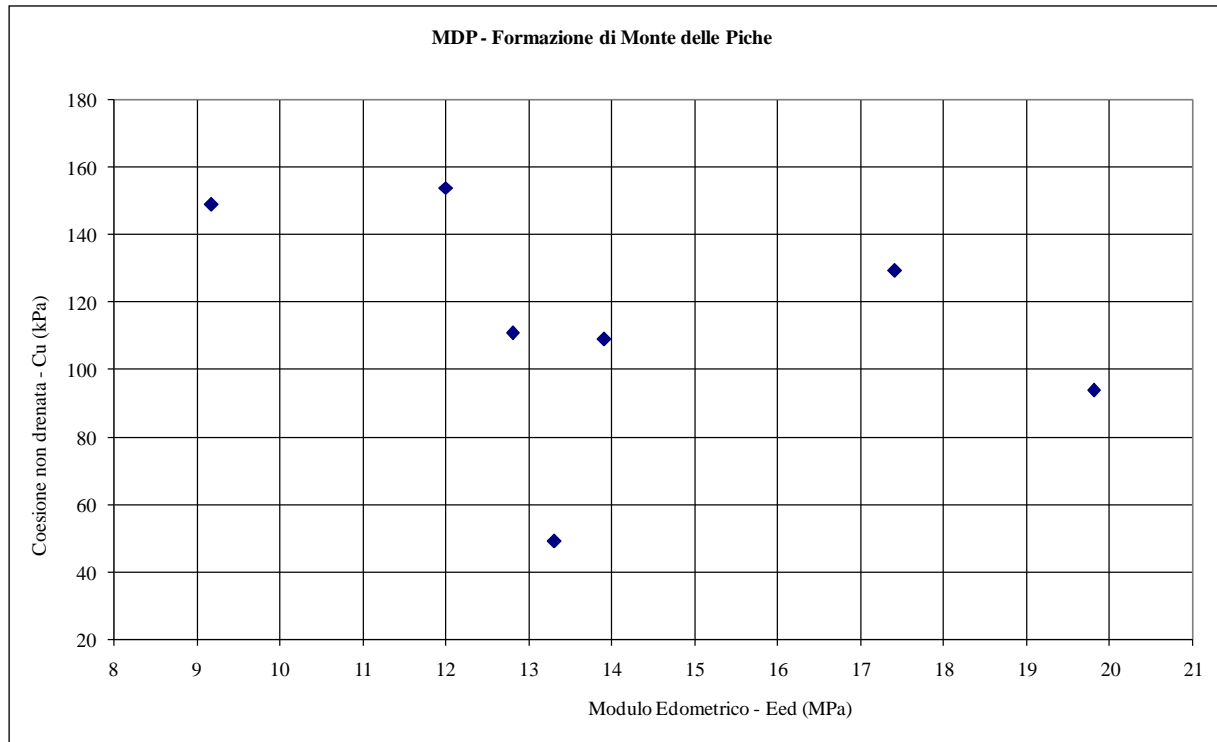


Figura 44 – Correlazione fra modulo edometrico e coesione non drenata

Nella TAVOLA 5 sono mostrate le curve di frequenza dei valori di Peso di Volume, Umidità naturale, indice di consistenza, angolo di attrito, coesione drenata, coesione non drenata e moduli di deformazione edometrica.

Si evidenzia un andamento sostanzialmente modale. dei vari parametri.

8. CONSIDERAZIONI E CONFRONTI

Dopo aver descritto separatamente le varie unità litotecniche della Formazione di Monte Mario (MTM, MTM₁) e di Monte delle Piche (MDP) può essere utile fare alcuni confronti fra le unità pelitiche siltose e fra quelle sabbiose.

8.1 Facies pelitico-siltose

Una prima analisi può essere fatta confrontando alcuni parametri fisici (γ , W_n) del Membro di Farneto (MTM₁) e della sottostante Formazione di Monte Vaticano (MVA) attribuita al Pliocene, separate da una superficie di *unconformity* (nella formazione MVA si sono selezionati solo i valori in destra idrografica) (Figura 45).

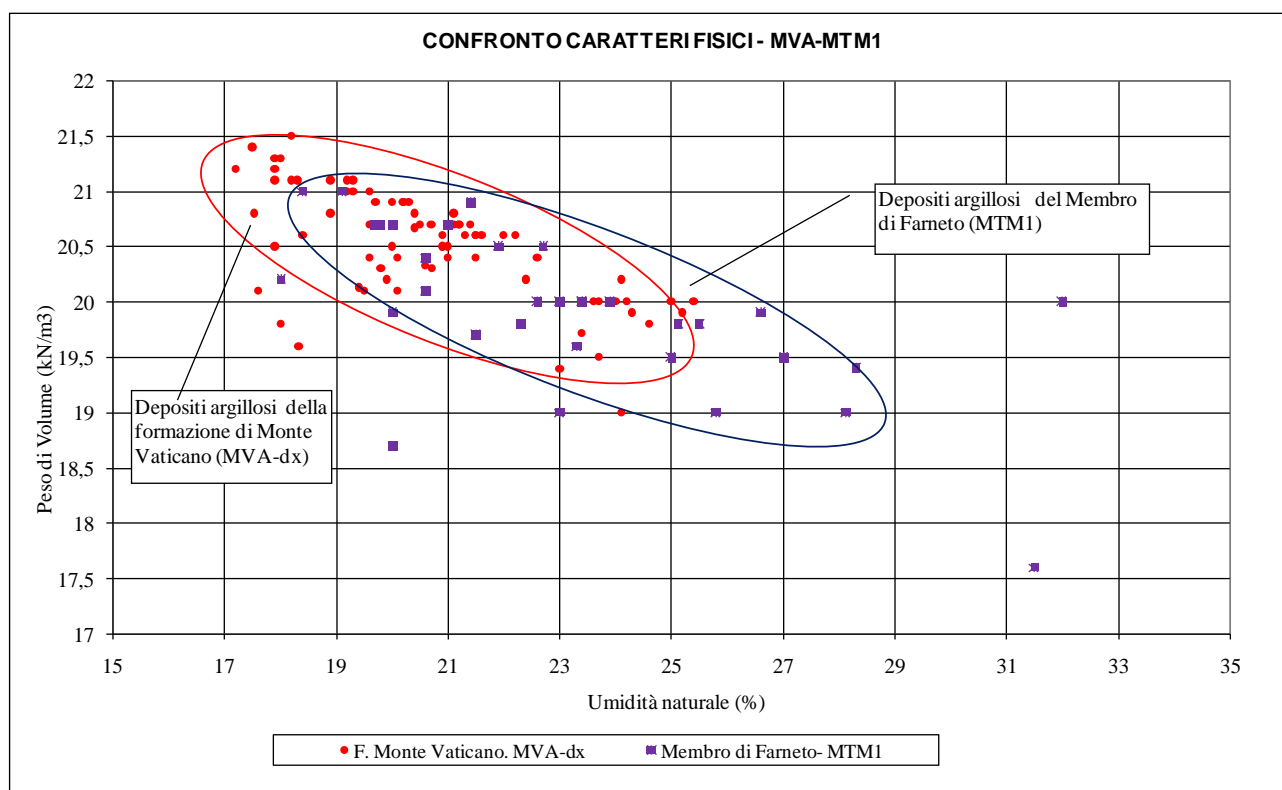


Figura 45 – Confronto di parametri fisici fra il membro di Farneto ed il substrato pliocenico

Coerentemente con le datazioni si evidenziano maggiori valori del peso di volume e minore contenuto in acqua delle argille plioceniche rispetto al membro di Farneto, pur con un'ampia zona di sovrapposizione.

Si confrontano qui di seguito i valori granulometrici modali delle facies pelitico-siltose fra i limi di farneto (MTM₁), la facies argillosa con *Cerastoderma* (MTM) e la formazione di Monte delle Piche (MDP), da cui emerge sempre una prevalenza delle frazioni limo-argillose, ma con variazioni legate alla variabilità dell'ambiente deposizionale marino (Figura 46)

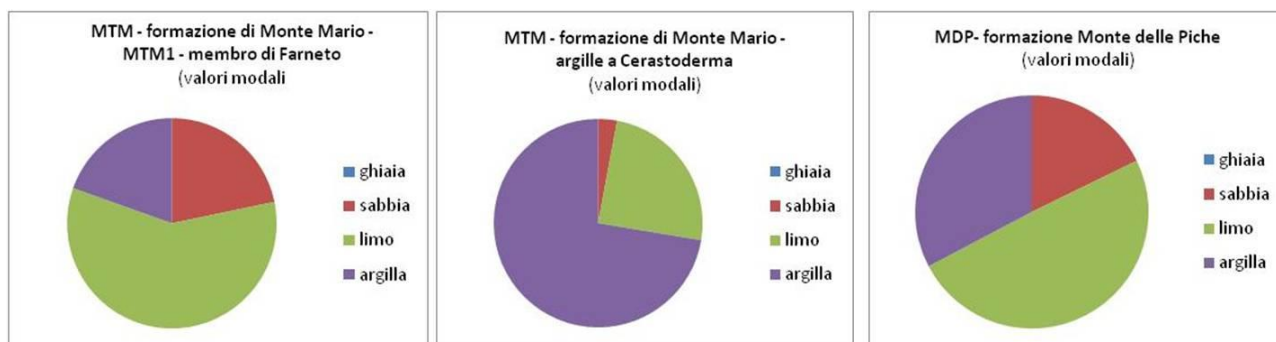


Figura 46 – Confronto fra le granulometrie delle facies pelitico-siltose (MTM1, MTM a Cerastoderma, MDP)

La Figura 47 mostra il confronto fra i valori di Peso di Volume e Umidità naturale del Membro di Farneto (MTM₁), delle argille a *Cerastoderma* (MTM-arg) e di Monte delle Piche (MDP), da cui emerge una maggiore variabilità di tali parametri nelle argille a *Cerastoderma*, rispetto alle altre due unità.

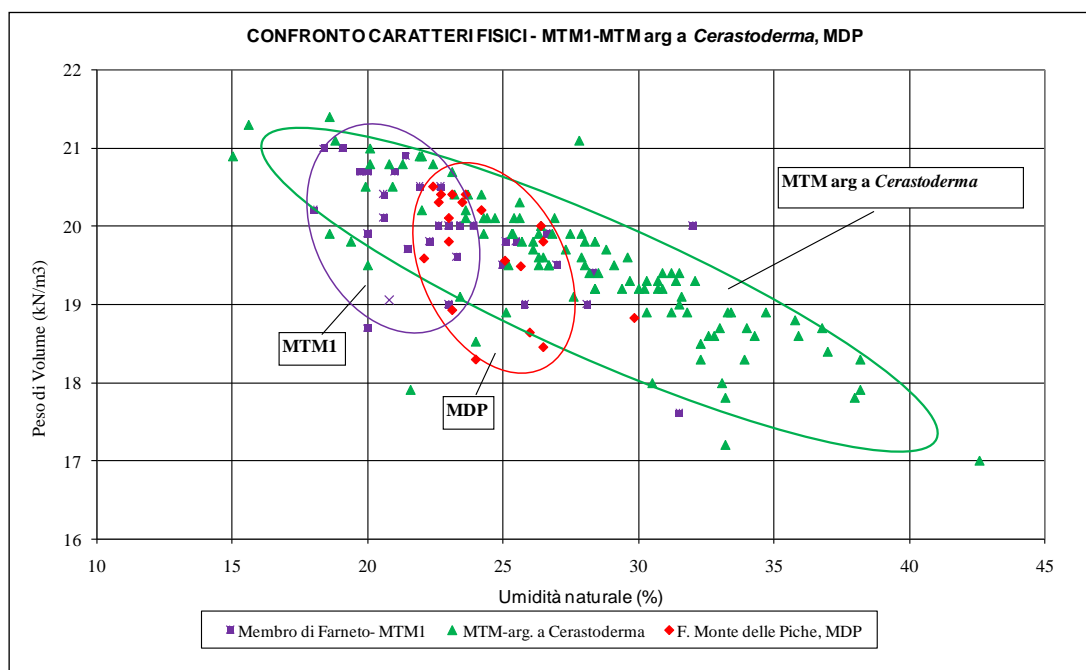


Figura 47 – Confronto dei valori di Umidità naturale e Peso di Volume delle unità pelitiche MTM₁, MTM_{arg} e MDP

La Figure 48 e 49 mostrano i valori di plasticità (LL, IP) e di Attività colloidale (A) delle unità pelitico-siltose qui analizzate.

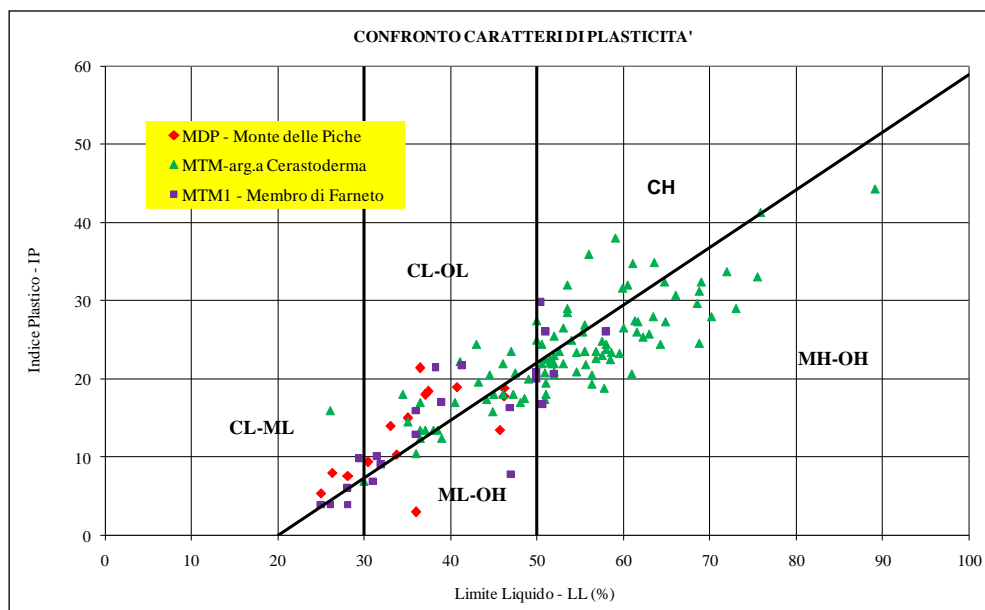


Figura 48 - Confronto dei caratteri di plasticità delle unità pelitiche MTM1, MTM arg e MDP

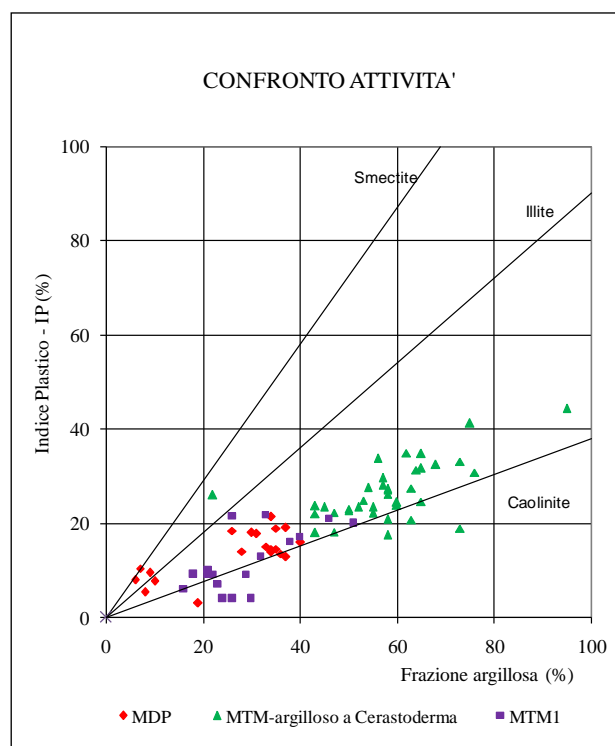


Figura 49 – Confronto dell'Attività colloidale delle unità pelitiche MTM1, MTM arg e MDP

Da tale confronto è evidente la maggiore plasticità delle argille a *Cerastoderma* associata a maggiori valori dell'umidità e minori valori dei pesi di volume, rispetto alla Formazione di Farneto e di Monte delle Piche; queste ultime presentano inoltre una minore estensione dei parametri considerati.

Tali dati sono correlabili ad ambienti di sedimentazione di transizione con depositi lagunari e salmastri (COSENTINO et alii, 2008) per le argille a *Cerastoderma*, a fronte di ambienti sedimentari circa litorali per le altre due litologie pelitiche.

Il confronto dei parametri geomeccanici drenati mostra un aumento dei valori dell'angolo di attrito ed una parallela diminuzione della coesione drenata passando dalle argille a *Cerastoderma*, al membro di Farneto sino alla formazione di Monte delle Piche (Figura 50).

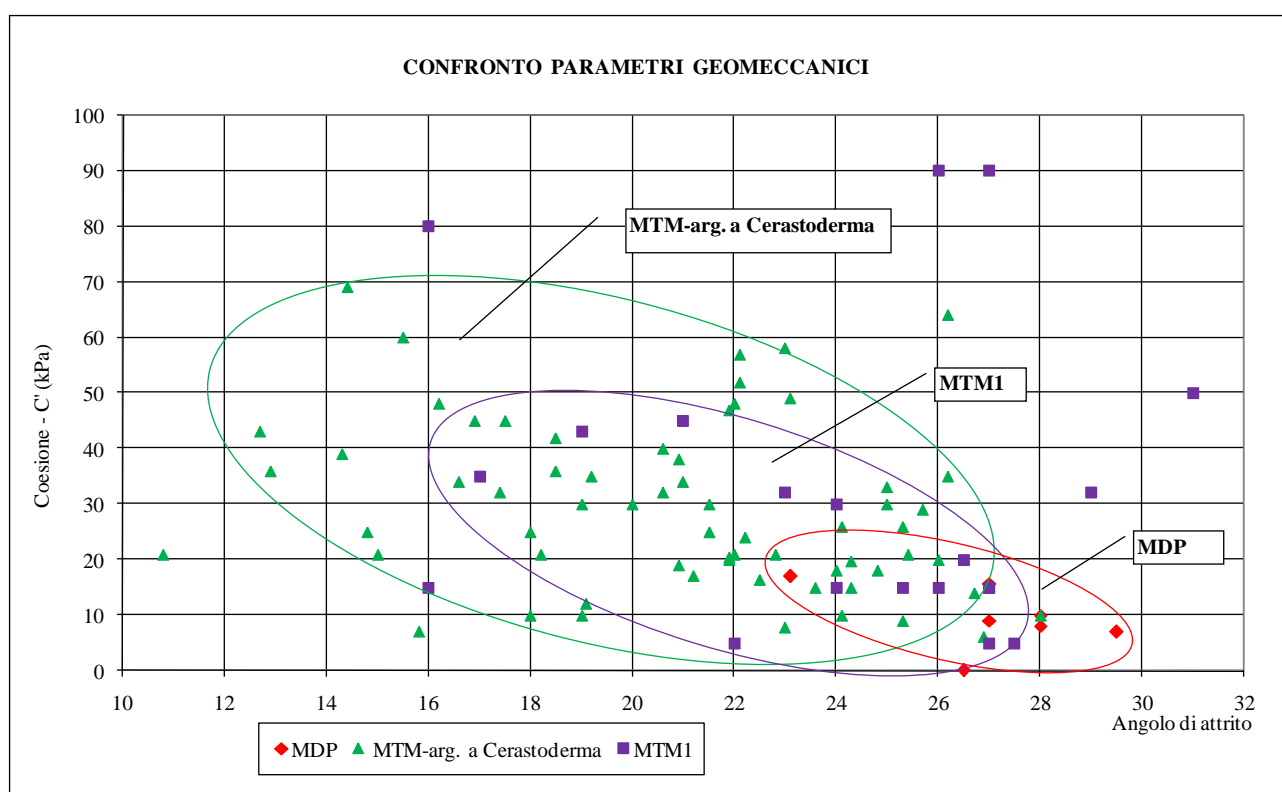


Figura 50 – Confronto fra i parametri geomeccanici delle unità pelitiche MTM1, MTM arg e MDP

I parametri deformazionali con riferimento a prove di compressione edometrica evidenziano un aumento dei valori di Eed dalle argille a *Cerastoderma*, alla formazione di Monte delle Piche sino al membro di Farneto (Figura 51).

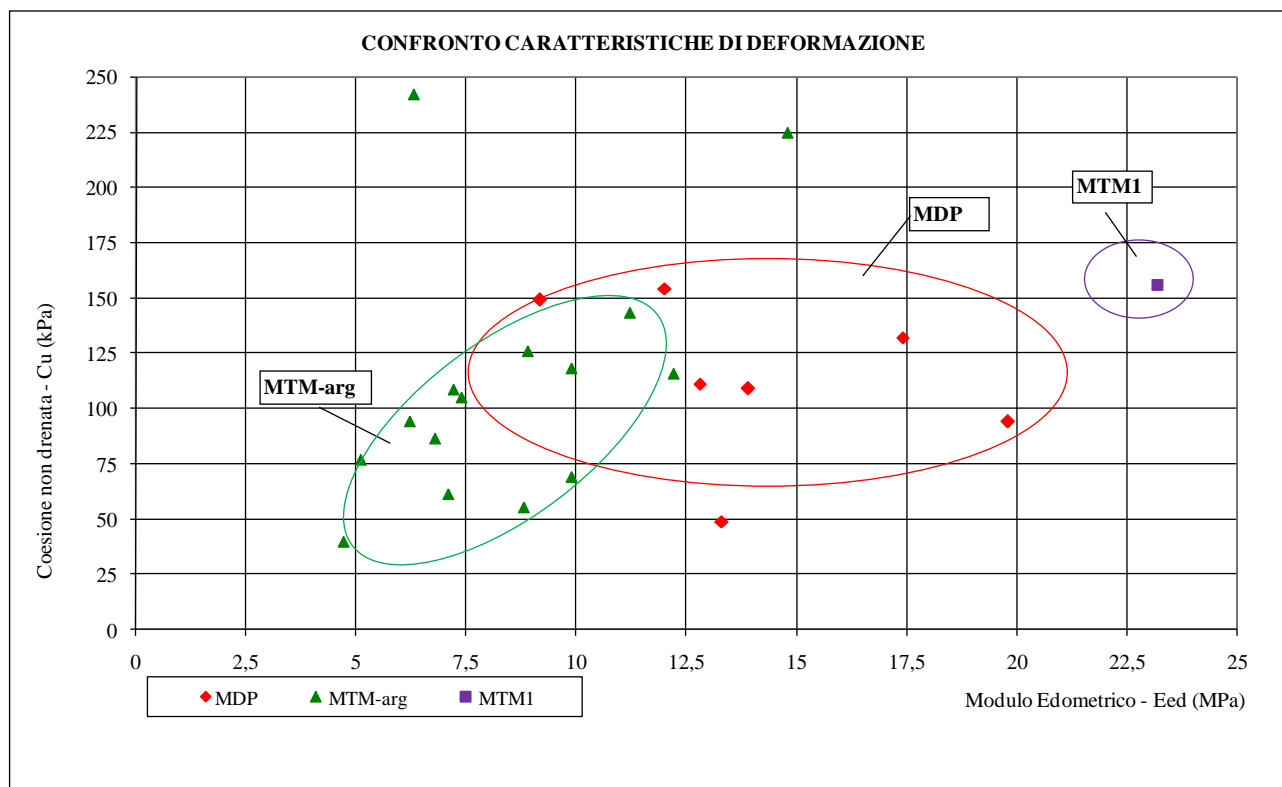


Figura 51 – Confronto fra i caratteri di deformabilità delle unità pelitiche MTM1, MTM arg e MDP

Mentre i parametri di resistenza al taglio sono correlabili con le granulometrie, i parametri edometrici sono correlabili all'epoca di sedimentazione nel confronto fra MTM 1 e MDP; invece i valori più bassi di Eed delle argille a *Cerastoderma* sono probabilmente legati alla mineralogie delle argille quest'ultime legate ad ambienti di sedimentazione di transizione e lagunari.

8.2 Facies sabbiose

Il confronto delle facies sabbiose impegna le sabbie grigie e le sabbie gialle della formazione di Monte Mario.

Il contenuto della frazione sabbiosa è sostanzialmente simile, mentre diminuisce la frazione ghiaiosa passando dalle sabbie grigie verso le soprastanti sabbie gialle; tale diminuzione è probabilmente legata al graduale passaggio verso le soprastanti argille a *Cerastoderma* (Figura 52)

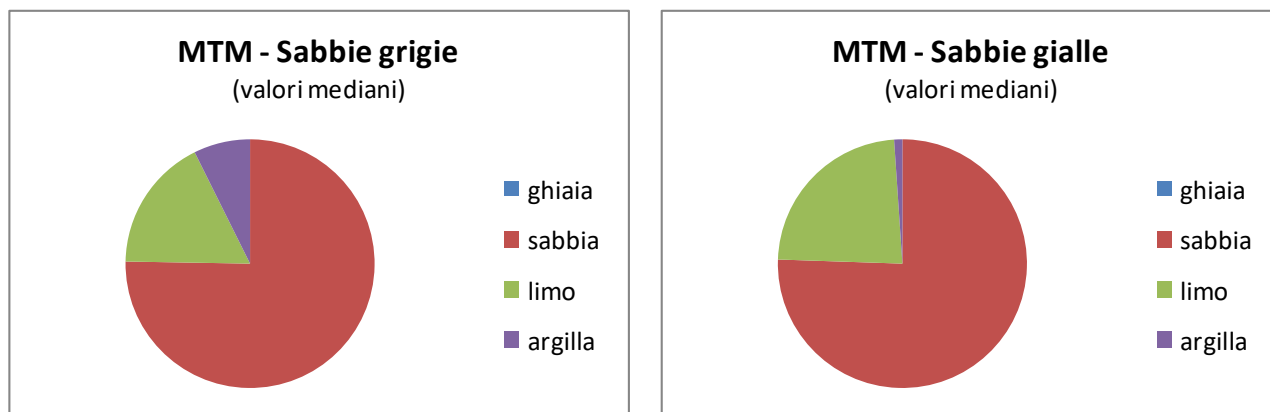


Figura 52 – Confronto fra le frazioni granulometriche delle unità sabbiose grigie e gialle (MTM)

Per quanto riguarda la correlazione fra Peso di Volume e Umidità naturale non emergono differenze sostanziali fra le due unità sabbiose (Figura 53).

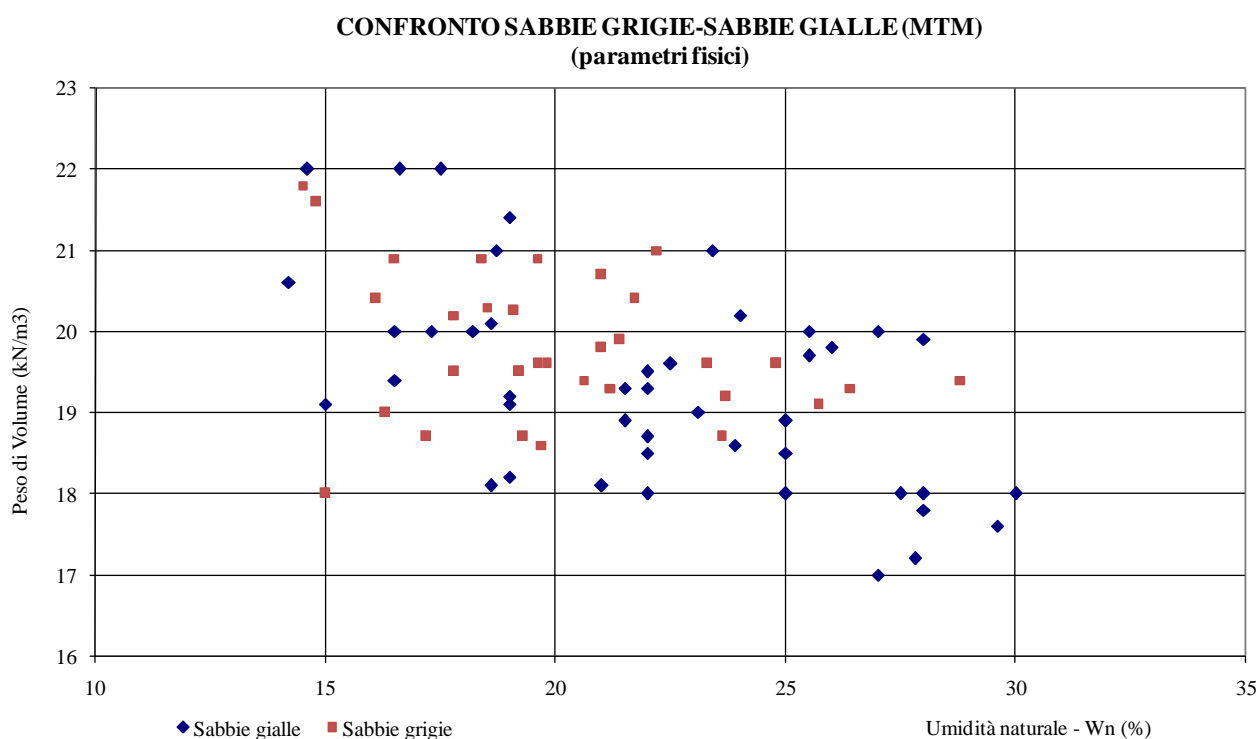


Figura 53 – Confronto dei valori di W_n e γ , delle unità sabbiose grigie e gialle (MTM)

Similmente il confronto dei parametri geomeccanici drenati non evidenziano differenze significative dei parametri stessi (Figura 54).

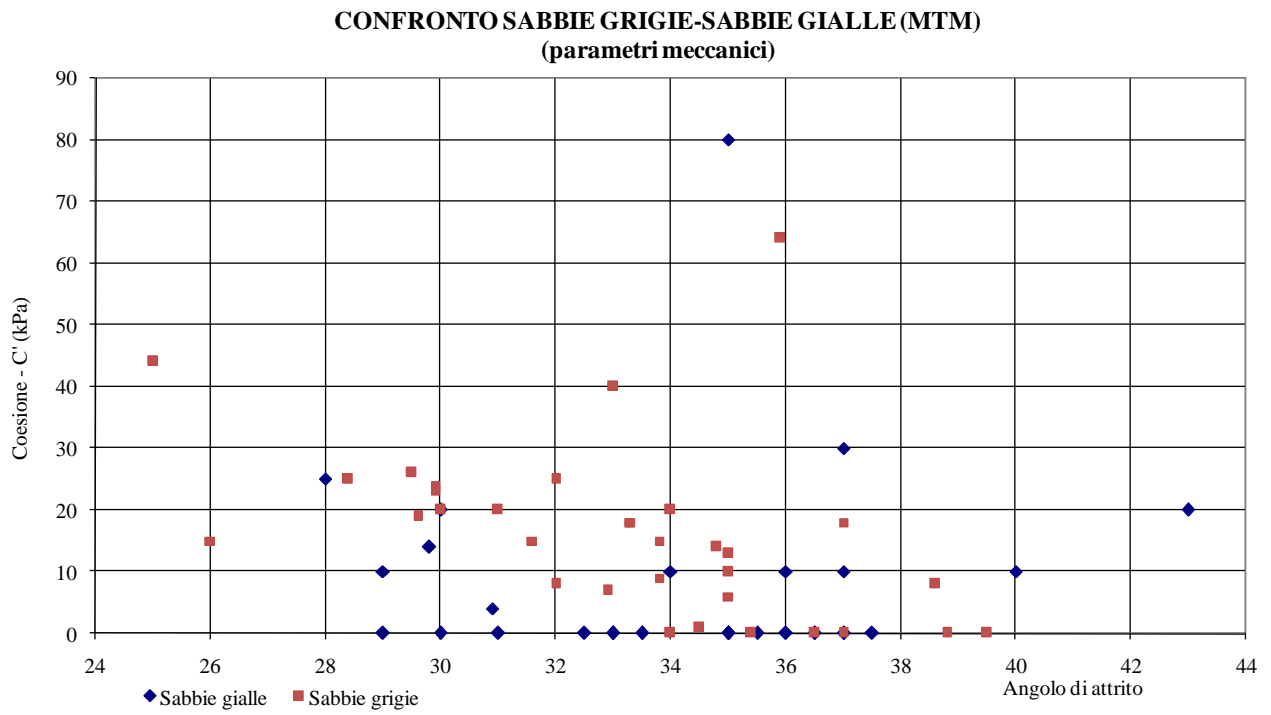


Figura 54 – Confronto dei valori geomeccanici delle unità sabbiose grigie e gialle (MTM)

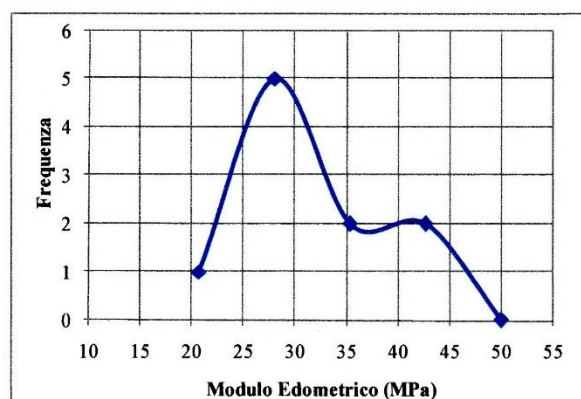
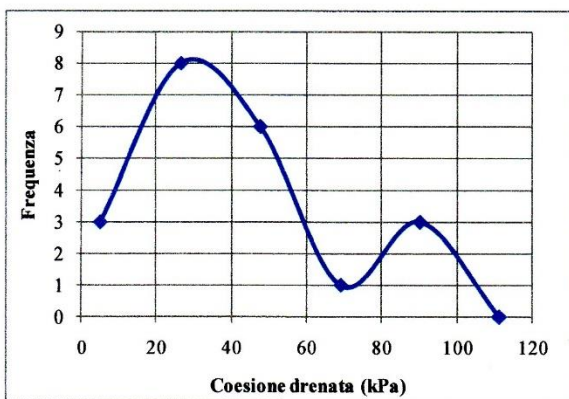
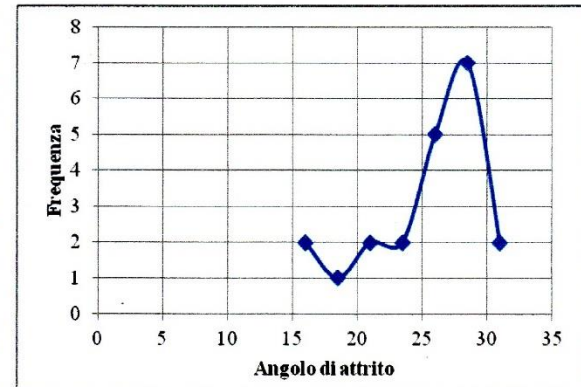
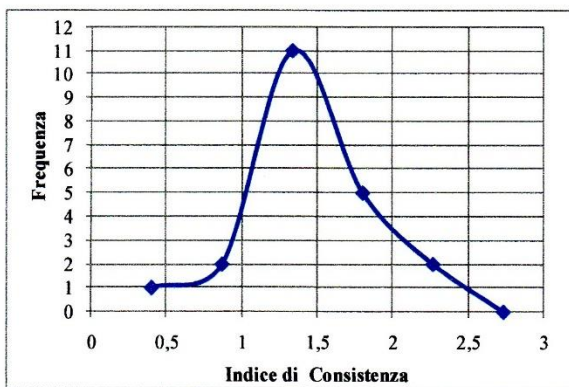
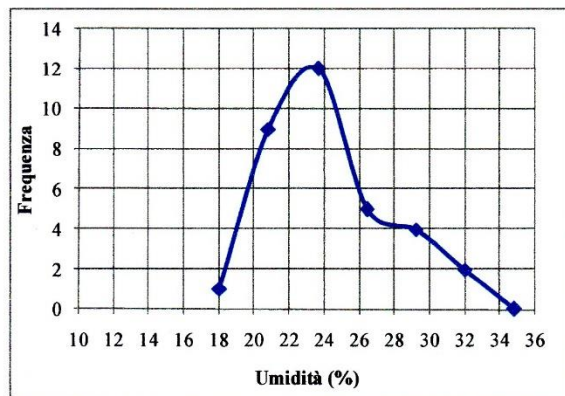
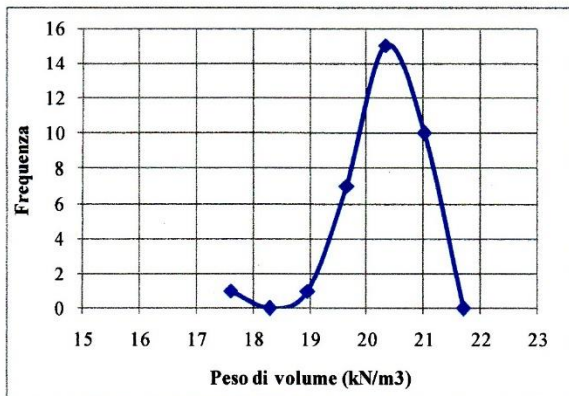
9. BIBLIOGRAFIA

- AMANTI M., GISOTTI, G., PECCI M., (1995) - I Dissesti Di Roma, In "La Geologia Di Roma. Il Centro Storico" (Funicello R. Ed.), Mem. Descr. Carta Geol. D'it., 50, Pag. 219-248
- BELLOTTI P., CHIOCCHINI U., CASTORINA F., TOLOMEO L., (1994) - Le Unità Clastiche Plio-Pleistoceniche Tra Monte Mario E La Costa Tirrenica. Boll. Soc. Geol. It., 113, 3-24
- BIGAZZI G., BONADONNA F.P. & IACCARINO S. (1973) - Geochronological Hypothesis On Plio-Pleistocene Boundary In Latium Region (Italy). Boll. Soc. Geol. It. 92, 391-422.
- BLANC A.C., TONGIORGI E., TREVISAN L., (1953) - La Pliocene Et Le Quaternaire Aux Alesantour De Rome. Livret Guide Du Iv Congr. Inter. Inqua, 35pp. 16 Ff., Roma.
- BOZZANO F., GAETA M., TERRINOSI M., G. (1998) - Slope Stability of Monte Mario Urban Park in Rome (Italy), Proceedings Of The 8th International Association Engineering Geology Congress (Vancouver, 1998) **3**: 1601-1608.
- BOZZANO F. (2008) - Caratteristiche Geologico-tecniche del substrato sedimentario dell'area romana, in Note Illustrative della carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio Roma n. 374 (a cura di R. Funicello e G. Giordano)
- BRANCALEONI R., CORAZZA A., GARBIN F., MARASCHINI C, SCARAPAZZI M. (2003) - Il Rilievo di Monte Mario a Roma: sviluppo urbanistico e dissesti. Un caso di geologia Urbana, Geologia dell'Ambiente, anno XI, **3**, 2-14
- BRANCALEONI R., STORONI R., (2007) - I terreni del Pleistocene a Roma: peculiarità geologiche e caratteristiche geotecniche (dati Geoplanning); in FABBRI M. ET ALII (207), Interpretazione dei parametri geotecnici di laboratorio, SIGEA, Collana LaSintesi, Ed. Virgilio, Roma
- CALZONA V., FERRUCCIO F., PIGORINI A., ROTUNDI F. & SCIOTTI A. (2002) - Il passante a Nord-Ovest della Città di Roma: scelte progettuali ed aspetti tecnologici. Atti del XXI Convegno Nazionale Di Geotecnica (L'Aquila, 11-14 Settembre 2002), 447-453.
- CAMPA E., CAPATA V. (1993) - Scavo Di Una Galleria Di Grande Sezione In Zona Urbana Con Bassa Copertura. Atti Del Xviii Convegno Nazionale Di Geotecnica (Rimini 11-13 Maggio 1993), Vol.1, 105-111.
- CARBONI M.G., IORIO D. (1997) - Nuovi Dati Sul Plio-Pleistocene Marino Del Sottosuolo Di Roma. Boll. Soc. Geol. It. 116, 435-451.
- COSENTINO D., CIPOLLARI P., DI BELLA L., ESPOSITO A., FARANDA C., GIORDANO G., GLIOZZI E., MAZZINI I., MORETTI S. & FUNICIELLO R., (2004) - Il Limite Pliocene/Pleistocene Nell'area Della Città Di Roma: Nuovi Dati Di Sottosuolo Dal Giovanni XXIII (Monti Della Farnesina), Riassunti Riunione Geosed, Roma
- COSENTINO D., CIPOLLARI P., DI BELLA L., ESPOSITO A., FARANDA C., FUNICIELLO R., GIORDANO G., GLIOZZI E., MATTEI M., MAZZINI I., PORRECA M., (2008) - Geologia dei Monti della Farnesina (Roma): Nuovi Dati Di Sottosuolo Dal Giovanni XXIII, in Memorie della Carta Geologica d'Italia, Vol. LXXX, pag. 285-313
- FABBRI M., GARBIN F., LANZINI M., SCARAPAZZI M., (2007) - Interpretazione dei parametri geotecnici di laboratorio, SIGEA, Collana LaSintesi, Ed. Virgilio, Roma

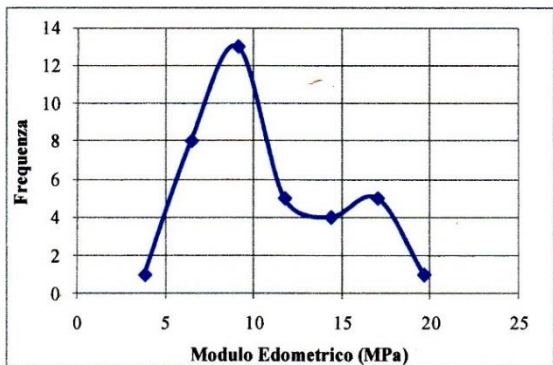
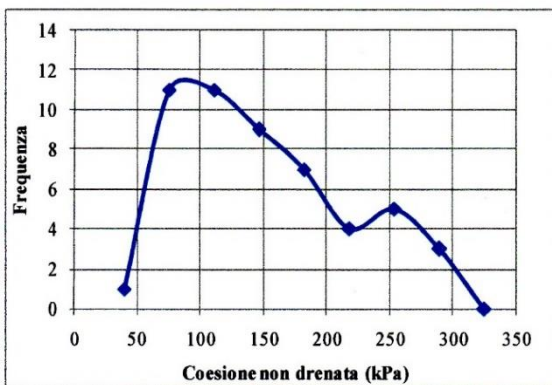
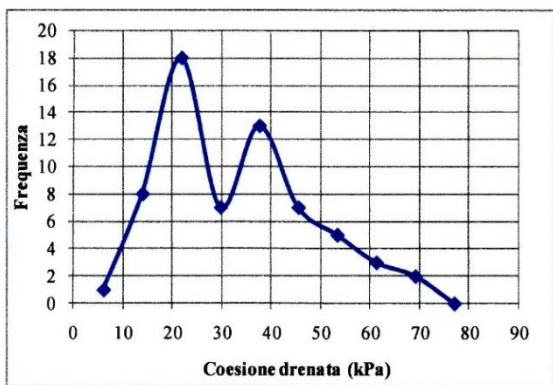
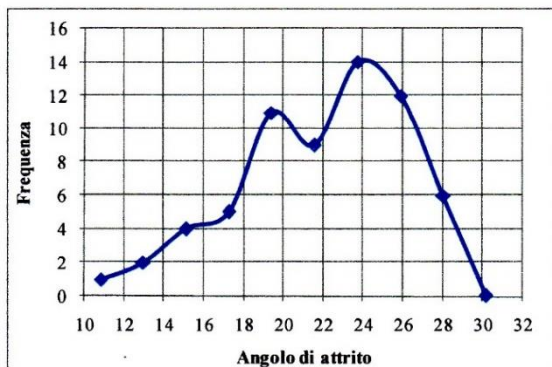
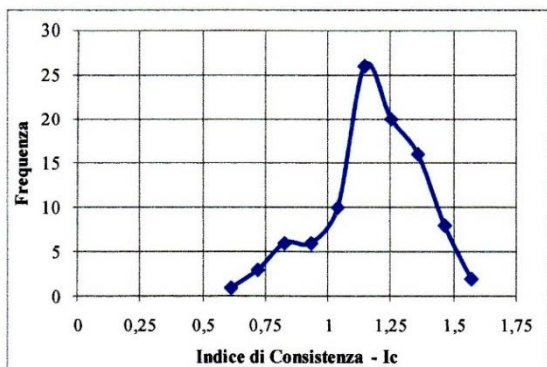
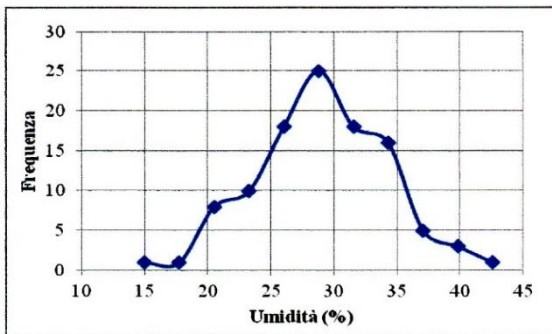
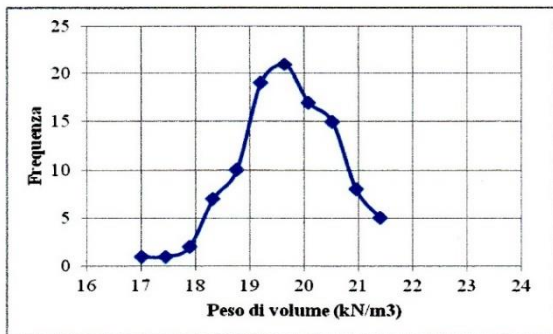
- FUNICIELLO R. (Ed), (1995) - La Geologia Di Roma – Il Centro Storico. Mem. Soc. Geol. It, **L** FUNICIELLO R., GIORDANO G., (2008) – Note Illustrative della carta Geologica del Foglio Roma n. 374 . scala 1:50.000, Servizio Geologico, 2008
- FUNICIELLO, PRATURLON, GIORDANO, (2008) - Memorie della Carta Geologica d'Italia, Vol. LXXX.
- GIORDANO G., ESPOSITO A., DE RITA D., FABBRI M., FUNICIELLO R., (2002a), Evoluzione Geologica Del Margine Tirrenico Laziale Tra Il Pliocene Inferiore Ed Il Pleistocene Medio. Riassunti 81° Riunione Estiva Società Geologica Italiana 2002, 184-186.
- LEONE I. (1986) - Problemi Connessi Al Consolidamento Di Una Pendice Del Colle Del Granicolo In Roma Interessata Da Moti Franosi. Atti Del Xvi Convegno Nazionale Di Geotecnica (Bologna, 14-16 Maggio 1986), Vol. 2, 101-109.
- LUBERTI G.M., MARRA F., FLORINDO F., (2017) -A review of the stratigraphy of Rome (Italy) according to geochronologically and paleomagnetically constrained aggradational succession, glacio-eustatic forcing and volcano-tectonic processes, Quaternary International, Elsevier, **438** (2017) 40-67
- MARRA F. & ROSA C. (1995) - Stratigrafia Ed Assetto Geologico Dell'area Romana. . In “La Geologia Di Roma. Il Centro Storico” (Funicello R. Ed.), Mem. Descr. Della Carta Geol. D'it. 50, 48-118.
- MARRA F., CARBONI M.G., DI BELLA L., FACCENNA C., FUNICIELLO R. & ROSA C. (1995) - Il Substrato Plio-Pleistocenico Nell'area Romana. Boll. Soc. Geol. It. 114, 195-214.
- PONZI G., (1875), Dei Monti Mario E Vaticano E Del Loro Sollevamento. Atti R. Acc. Lincei, 2, Roma
- MARRA F., FLORINDO F., (2014) - The subsurface geology of Rome: Sedimentary processes, sea level changes and astronomical forcing, Earth-Science Reviews, Elsevier, **36** (2014) 1-20
- SCIOTTI M., (1986) - Alcune Osservazioni Sulla Situazione Stratigrafica Di Un'area Franosa A Roma, Atti Xvi Convegno Nazionale Di Geotecnica, Agi, Bologna, Pag. 247-249
- SPINA G., (1958) - Risultati Di Prove Eseguite Sull'argilla Di Monte Mario (Roma). Giornale Del Genio Civile 112-115.
- VENTRIGLIA U., (2002), Caratteristiche Geotecniche Dei Terreni Del Comune Di Roma, In: La Geologia Del Territorio Del Comune Di Roma – Amministrazione Provinciale Di Roma, 39-105.

10. TAVOLE

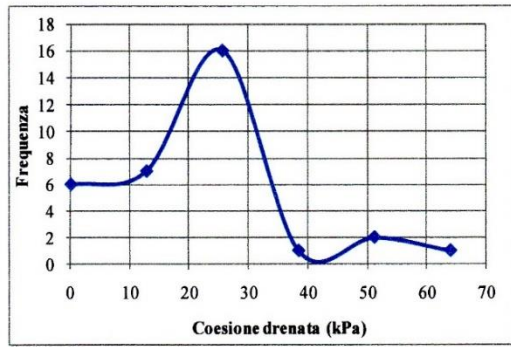
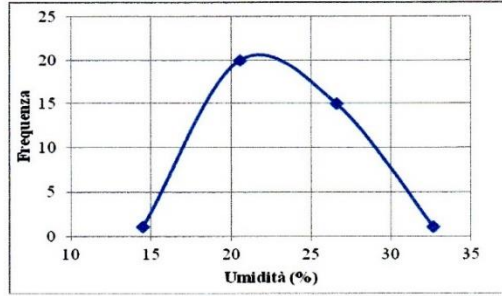
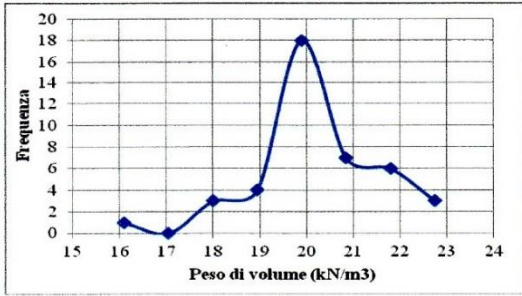
FORMAZIONE DI MONTE MARIO
MTM1 - Membro di Farneto
 TAV. 1 - Caratteristiche fisico-meccaniche - (38 campioni)



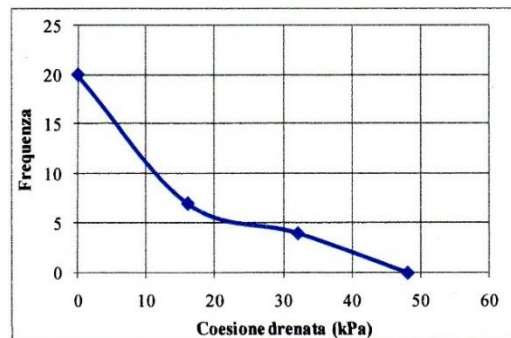
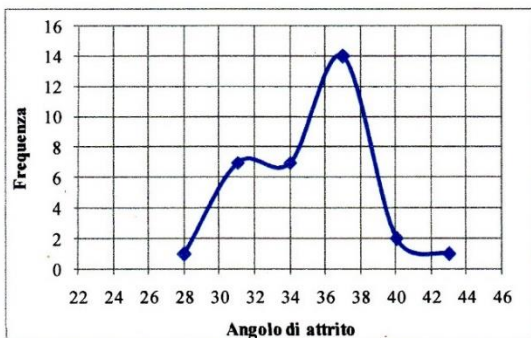
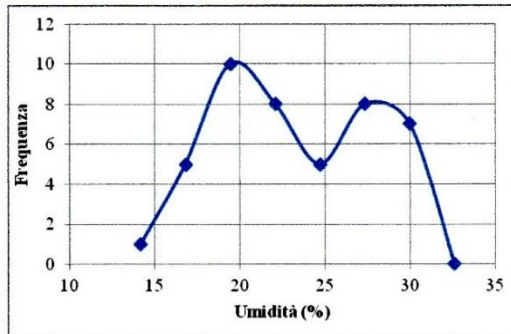
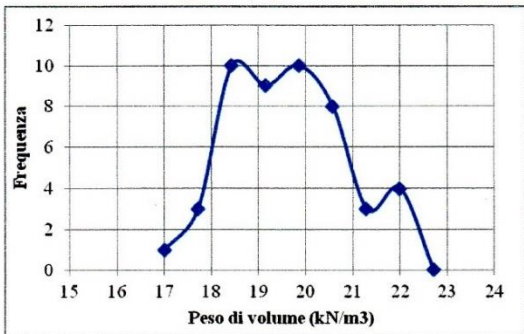
FORMAZIONE DI MONTE MARIO
MTM – Argille a *Cerastoderma*
TAV. 2 - Caratteristiche fisico-meccaniche - (110 campioni)



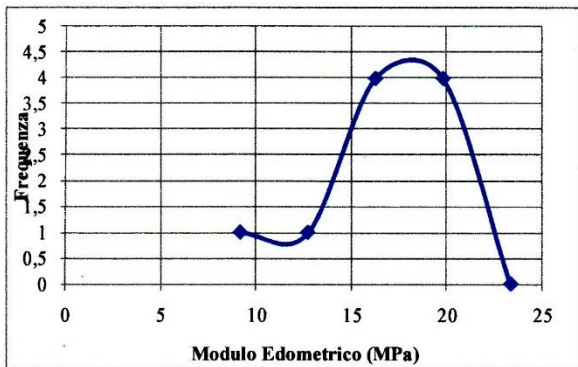
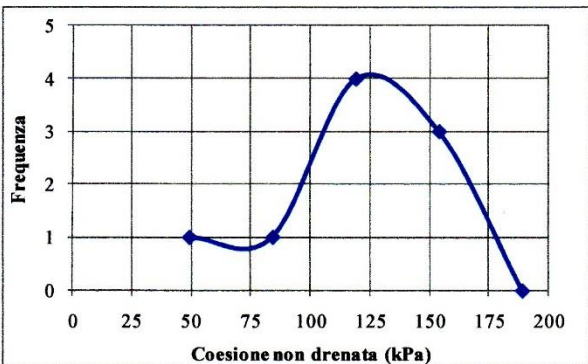
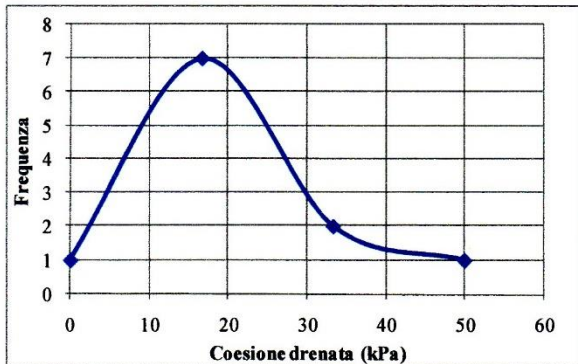
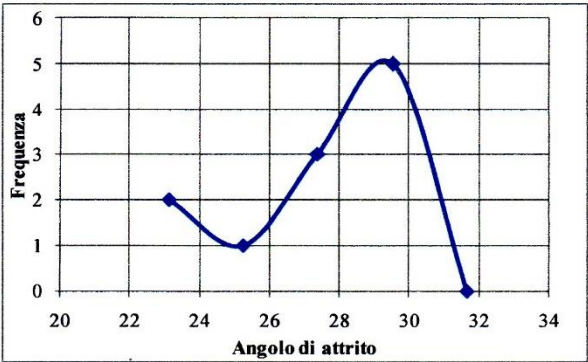
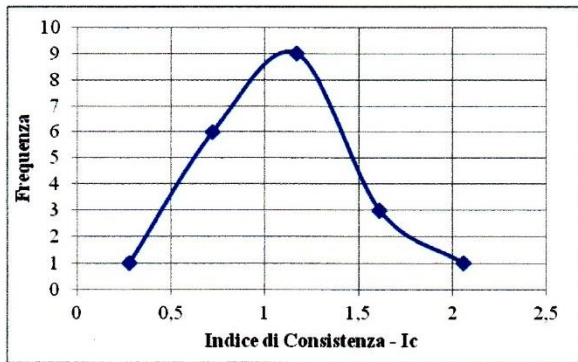
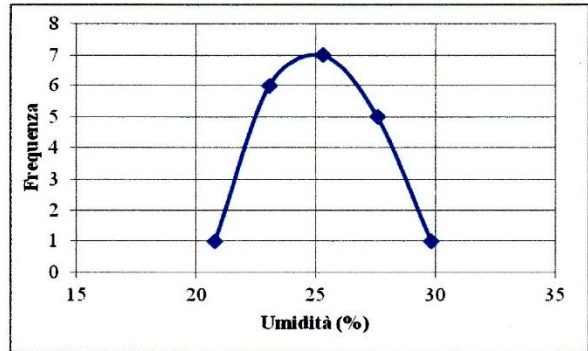
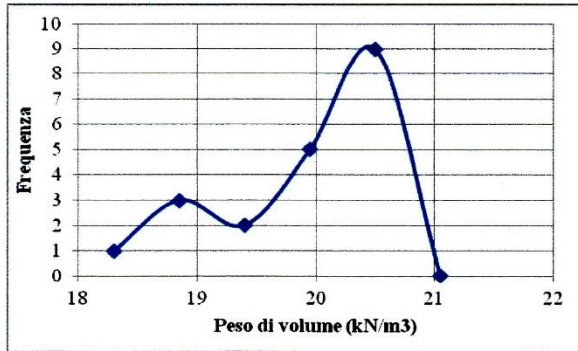
FORMAZIONE DI MONTE MARIO
MTM – Sabbie grigie
TAV. 3 - Caratteristiche fisico-meccaniche - (44 campioni)



FORMAZIONE DI MONTE MARIO
MTM – Sabbie gialle
TAV. 4 - Caratteristiche fisico-meccaniche - (47 campioni)



FORMAZIONE DI MONTE DELLE PICHE - MDP
TAV. 5 - Caratteristiche fisico-meccaniche - (20 campioni)



TAV. 6

FORMAZIONE DI MONTE MARIO MTMI - Membro di Farneto

	Wn %	γ kN/mc	γ_s kN/mc	e	Sr %	n %	LL %	IP	k	Att	G %	S %	L %	A %	CF %	ϕ' °	C' kPa	Cu kPa
<i>n. campioni</i>	33	34	7	3	3	3	21	21	17	18	36	36	36	36	33	21	21	1
<i>minimo</i>	18,00	17,60	26,00	0,50	92,40	33,00	25,00	4,00	0,40	0,13	0,00	0,00	26,00	7,00	7,00	16,00	5,00	156,00
<i>media</i>	23,17	19,94	26,69	0,66	96,20	38,93	33,37	12,96	1,07	0,42	0,06	20,33	53,83	25,78	25,91	24,20	31,76	156,00
<i>mediana</i>	22,70	20,00	26,00	0,70	96,20	40,40	33,00	10,10	1,00	0,42	0,00	20,00	54,00	25,00	26,00	26,00	20,00	156,00
<i>moda</i>	20,00	20,00	26,00	#N/D	#N/D	#N/D	36,00	4,00	1,00	#N/D	0,00	20,00	54,00	18,00	18,00	27,00	15,00	#N/D
<i>massimo</i>	32,00	21,00	28,00	0,77	100,00	43,46	50,40	29,80	1,60	0,82	2,00	56,00	82,00	31,00	51,00	31,00	90,00	156,00
<i>dev.st.pop.</i>	3,44	0,71	0,84	0,11	3,10	4,39	7,55	7,12	0,31	0,18	0,33	15,19	9,99	10,91	11,01	4,15	25,83	0,00

FORMAZIONE DI MONTE MARIO MTM - Sabbie grigie

	Wn %	γ kN/mc	γ_s kN/mc	e	Sr %	n %	LL %	IP	k	Att	G %	S %	L %	A %	CF %	ϕ' °	C' kPa
<i>n. campioni</i>	40	39	21	18	18	18	44	44	2	2	44	44	44	44	18	33	33
<i>minimo</i>	14,50	16,10	24,80	0,38	56,40	27,60	23,30	12,50	0,42	0,40	0,00	17,00	4,50	0,00	3,00	25,00	0,00
<i>media</i>	22,33	19,57	26,48	0,72	88,31	40,31	27,94	12,50	0,69	0,44	0,62	68,28	21,55	9,77	14,44	33,21	15,91
<i>mediana</i>	19,75	19,60	26,50	0,63	89,85	38,70	25,80	12,50	0,69	0,44	0,00	69,25	16,00	6,75	13,00	33,80	15,00
<i>moda</i>	19,20	19,60	26,00	0,58	100,00	36,50	#N/D	12,50	#N/D	#N/D	0,00	92,20	5,00	0,00	13,00	35,00	0,00
<i>massimo</i>	50,80	21,80	27,20	1,45	100,00	59,30	34,00	12,50	0,95	0,48	7,10	95,50	59,00	34,10	31,00	39,50	64,00
<i>dev.st.pop.</i>	8,24	1,15	0,56	0,29	11,02	8,48	4,38	0,00	0,27	0,04	1,56	20,45	14,94	10,00	8,04	3,39	13,79

TAV. 7

FORMAZIONE DI MONTE MARIO
MTM – Sabbie gialle

	Wn %	γ kN/mc	γ_s kN/mc	e	Sr %	n %	LL %	IP	G %	S %	L %	A %	CF %	ϕ' °	C' kPa	Ecd MPa
n. campioni	44	45	9	7	7	7	47	47	48	48	47	47	5	32	32	10
min	14,20	17,00	25,90	0,57	54,90	36,40	22,40	5,50	0,00	20,00	3,00	0,00	3,00	28,00	0,00	20,10
media	22,14	19,27	26,58	0,71	79,73	40,39	22,40	5,50	2,31	68,65	23,09	6,32	16,40	34,19	7,59	26,36
mediana	22,00	19,20	26,80	0,70	85,70	41,40	22,40	5,50	0,00	71,00	22,00	1,00	10,00	35,00	0,00	26,60
moda	22,00	18,00	26,00	#N/D	#N/D	41,40	#N/D	#N/D	0,00	88,00	27,00	0,00	#N/D	35,00	0,00	27,60
max	30,00	22,00	27,10	0,97	89,30	44,20	22,40	5,50	25,00	97,00	67,00	38,50	35,00	43,00	80,00	34,70
Dev.St.pop.	4,27	1,26	0,45	0,12	11,51	2,64	0,00	0,00	5,16	19,85	15,60	9,27	12,39	3,32	15,40	3,57

FORMAZIONE DI MONTE MARIO
MTM – Argille a Cerastoderma

	Wn %	γ kN/mc	γ_s kN/mc	e	Sr %	n %	LL %	IP	Ic	Att	G %	S %	L %	A %	CF	ϕ' °	C' kPa	Cu kPa
n. campioni	106	106	105	100	100	100	99	99	98	98	108	108	108	108	103	64	64	52
minimo	15,00	17,00	17,40	0,43	79,40	30,20	26,00	7,00	0,61	0,26	0,00	0,00	0,84	24,20	18,00	10,80	6,00	39,50
media	27,79	19,49	26,68	0,75	97,92	42,63	53,81	23,58	1,12	0,51	0,24	7,11	29,72	62,66	48,04	20,90	29,23	134,12
mediana	27,85	19,50	26,80	0,74	99,65	42,65	53,50	23,30	1,13	0,47	0,00	3,20	29,90	63,50	48,00	21,70	26,00	116,50
moda	26,30	19,90	27,50	0,71	100,00	42,70	52,00	22,00	1,19	0,50	0,00	2,20	18,50	54,30	45,00	21,90	21,00	105,00
massimo	42,60	21,40	28,00	1,11	100,00	52,70	89,10	44,30	1,57	1,18	4,70	37,90	69,40	96,50	95,00	28,00	69,00	289,00
dev.st.pop.	5,23	0,89	1,17	0,13	3,74	4,37	10,48	6,46	0,20	0,15	0,71	8,19	13,36	16,16	14,06	3,95	15,04	65,22

TAV. 8

FORMAZIONE DI MONTE DELLE PICCHE - MDP

	Wn	γ	γ_s	e	Sr	n	LL	IP	lc	Att	G	S	L	A	CF	ϕ'	C'
	%	kN/mc			%	%	%			%	%	%	%	%	%	°	kPa
n. campioni	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	11	11
min	20,80	18,30	26,06	0,61	81,90	37,90	25,00	3,00	0,28	0,16	0,00	1,00	33,00	18,20	19,00	23,10	0,00
media	24,20	19,65	26,70	0,69	94,85	40,68	36,38	13,58	0,91	0,43	0,16	11,79	48,57	39,49	31,55	26,64	14,52
mediana	23,55	19,80	26,90	0,67	98,42	40,19	36,45	14,25	0,78	0,41	0,00	10,00	47,50	41,45	34,00	27,00	10,00
moda	26,50	20,40	27,00	0,64	99,00	38,90	37,40	14,50	#N/D	#N/D	0,00	18,50	51,50	34,00	34,00	23,10	10,00
max	29,83	20,50	27,10	0,81	100,00	44,81	46,20	21,40	2,06	0,71	1,10	28,50	71,50	59,80	40,00	29,50	50,00
dev. st. pop.	2,04	0,70	0,35	0,06	5,93	2,17	5,99	4,81	0,40	0,14	0,30	9,13	7,48	11,04	5,41	2,06	12,36



ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO