



MATERA 2019
CAPITALE EUROPEA DELLA CULTURA



I Sassi e il Parco delle
Chiese Rupestri di Matera
inscritti nella Lista del Patrimonio Mondiale dal 1993

CITTA' DI MATERA REGOLAMENTO URBANISTICO 2013

STUDIO GEOLOGICO - TECNICO

RELAZIONE

GEO 0

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti
Geol. Ing. Michele Lupo (capogruppo)
Geol. Angelo Venezia (associato)

NOVEMBRE 2014

INDICE

1. PREMESSA.....	pag.	1
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	“	2
3. CARATTERI GEOLITOLOGICI.....	“	4
4. PUNTI STAZIONE.....	“	10
5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	“	27
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	“	40
6.1. Caratteristiche geotecniche delle Argille.....	“	40
6.2. Caratteristiche geotecniche delle Calcareniti.....	“	84
6.2.1 Risultati geotecnici delle stazioni di campionamento.....	“	92
7. CARTA DELLE PENDENZE.....	“	107
8. CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA.....	“	108
9. ANALISI DI STABILITA' DEI PENDII.....	“	113
10. CARTA DELLA PERICOLOSITA' E CRITICITA' GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	“	120

1. PREMESSA

Il Comune di Matera con Determinazione Dirigenziale n. 48 del 29-12-2006 dell'arch. Lorenzo Rota, Dirigente dell'Assessorato al Governo del Territorio e Urbanistica – Sistema Urbano, affidava al Raggruppamento Temporaneo di Professionisti, costituito dai geologi Michele Lupo (capogruppo) e Angelo Venezia (associato), l'incarico "per redazione dello studio geologico relativo al Regolamento Urbanistico del Comune di Matera". I rapporti d'incarico tra l'RTP e il Comune venivano definiti con la convenzione stipulata in data 19 febbraio 2007.

La rappresentazione dei tematismi geolitologici, geomorfologici, di microzonazione sismica e della pericolosità e criticità geologica e geomorfologica è avvenuta su una cartografia topografica di base, a curve di livello, in scala 1:2.000.

Per le indagini geognostiche, oltre a quelle di nuova realizzazione, si è fatto riferimento ai risultati di alcune indagini pregresse, ritenute significative per l'arricchimento delle informazioni.

Lo studio si è sviluppato attraverso una metodologia d'indagine, che ha portato ad arricchimenti progressivi degli aspetti geologico-applicativi, attraverso lo sviluppo delle seguenti fasi successive di lavoro:

- ricerca bibliografica ed esame degli studi pregressi su zone ricadenti nell'ambito del territorio soggetto alla disciplina del Regolamento Urbanistico in *itinere*;
- rilevamento geolitologico, geomorfologico esteso, con riferimento ai limiti della zona interessata dalla redazione del progetto urbanistico, ad un'area limitrofa sufficientemente rappresentativa dal punto di vista applicativo;

- progettazione e direzione delle indagini geognostiche di carattere meccanico e geofisico, ubicate sulla base dei nuovi indirizzi di sviluppo urbanistico;
- stesura dei prospetti stratigrafici ed analisi delle informazioni dei sondaggi meccanici e sismici;
- programmazione delle analisi geotecniche di laboratorio, sui campioni indisturbati e a parziale disturbo, per l'acquisizione dei parametri fisici e meccanici necessari per la caratterizzazione geotecnica dei terreni del sottosuolo dell'area di Serra Rifusa;
- verifiche di stabilità dei versanti di interesse applicativo da parte dell'RU;
- redazione della relazione esplicativa.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

La città di Matera sorge in una regione di territorio di demarcazione tra i terreni appartenenti al bacino sedimentario della Fossa Bradanica e i terreni dell'Avampaese apulo localmente rappresentato dalle Murge.

L'area esaminata ricade, pertanto, nell'ambito del sistema orogenico appenninico, configurato come una struttura geologica a falde di ricoprimento ed embrici, generatosi a partire dall'Oligocene superiore - Miocene inferiore per effetto della subduzione della placca adriatica verso W (fig. 2.1).

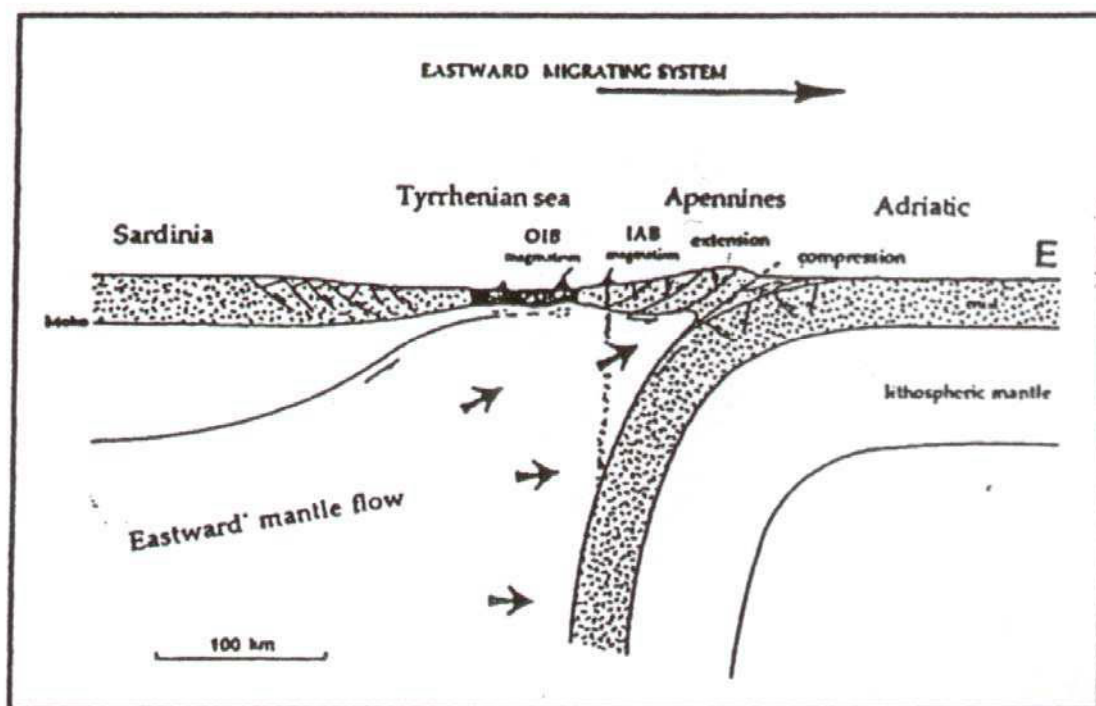


Fig. 2.1 – Shema geologico-strutturale

La fase tettonica tardomiocenica ha, da una parte, delineato l'arco appenninico e, dall'altra, ha determinato la formazione del bacino d'avanfossa, favorita dall'abbassamento del substrato carbonatico dovuto ad un sistema di faglie dirette ad andamento appenninico (fig. 2.2). La sedimentazione marina è stata interrotta dalla fase tettonica infrapliocenica che ha determinato la traslazione verso oriente di parte delle unità della catena appenninica.

Questa situazione geologico-strutturale è comprovata dai dati per la ricerca petrolifera condotta dall'ENI. In alcuni pozzi sono stati rinvenuti terreni più recenti sovrastati da quelli più antichi, intercalati come elementi alloctoni tra i sedimenti della Fossa Bradanica.

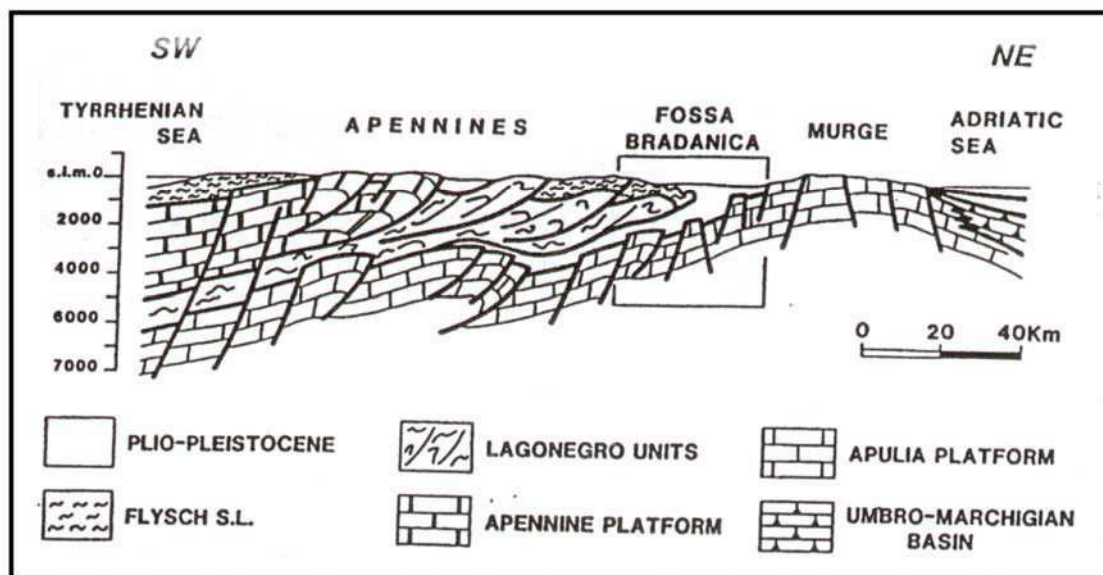


Fig. 2.2 – Assetto geologico-strutturale miocenico.

3. CARATTERI GEOLITOLOGICI

Nell'area rilevata sono presenti affioramenti marini appartenenti all'Unità della Piattaforma Apula e al ciclo sedimentario dell'Avanfossa Bradanica, e Depositi Continentali.

Unità della Piattaforma Apula

Questa unità è rappresentata dai Calcari di Altamura, di età Cretacico superiore, appartenenti al gruppo dei Calcari delle Murge. Questi formano l'ossatura dell'intera regione ed affiorano dove la copertura quaternaria è stata asportata dall'erosione. Si presentano più o meno fessurati e fratturati a seconda dei luoghi. Sotto il profilo litologico sono costituiti da una potente successione di calcari bianchi con rudiste e di calcari

dolomitici grigio-scuro in strati e banchi fino a qualche metro di spessore. Si tratta di depositi di ambiente marino poco profondo e contraddistinti da spessori di centinaia di metri, non ben definibili in quanto non affiora la base della formazione.

Con riferimento ai dintorni di Matera città, i Calcari affiorano nel fondovalle del torrente Gravina e lungo le sue sponde. Formano, inoltre, due alti strutturali; uno nella zona a SW di Matera, Horst di Zagarella, e l'altro a SE della città, Horst di Matera.

Affioramenti marini della Fossa Bradanica

Nell'ambito di questi affioramenti sono stati distinti, a partire dal basso verso l'alto, le Formazioni della Fossa Bradanica e i Depositi terrazzati della Fossa Bradanica, differenziati per le diverse caratteristiche dell'ambiente di deposizione.

Formazioni della Fossa Bradanica

Calcareniti di Gravina

Rappresentano l'unità basale trasgressiva del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica e poggiano in discordanza angolare sui Calcari di Altamura. Il piano di contatto immerge grossomodo a NW con una inclinazione di circa 10°-15°.

La parte basale della formazione è caratterizzata dalla presenza di un conglomerato, di spessore massimo di circa 2 m, formato da litoclasti calcarei di diametro variabile da pochi millimetri a 8-10 cm, derivanti dallo smantellamento del substrato mesozoico. La matrice è microconglomeratica o calcarenitica e il rapporto tra la frazione grossolana e quella fine è estremamente variabile da punto a punto. Il grado di cementazione è molto basso.

Il passaggio stratigrafico tra il conglomerato di base e le calcareniti è graduale e avviene in uno spessore di 3-4 metri.

Le calcareniti, di colore variabile dal giallastro al grigio-biancastro, si presentano massicce con irregolari accenni di stratificazione. L'assortimento granulometrico ed il grado di diagenesi è molto variabile da luoghi a luoghi. Dal basso verso l'alto si passa, in generale, da una sorta di sabbione debolmente cementato, talora frantumabile con le dita, a materiale a consistenza lapidea, e da una granulometria medio-grossolana a una medio-fine.

A luoghi la roccia, ricca in macrofossili (pecten, ostree, echinidi, briozoi) che indicano un ambiente di formazione litorale con intensa attività biologica, può essere considerata una vera e propria bioclastite, essendo la parte terrigena estremamente ridotta.

Il contenuto in carbonati varia da un minimo dell'85% circa ad un massimo del 98% circa. La frazione non carbonatica è costituita essenzialmente da quarzo, feldspati, idrossidi di ferro, ematite, miche, caolinite, montmorillonite, geothite ed illite.

Le calcareniti, localmente denominate "tufi", sono state molto usate come materiale da costruzione, per cui le cave abbandonate costituiscono luoghi di buone esposizioni e di osservazione delle loro caratteristiche litologiche.

Lo spessore massimo della formazione, dell'ordine di 50-60 m, si riscontra in destra del torrente Gravina, all'altezza del Rione Sassi dell'antico centro storico della città di Matera.

Argille Subappennine

Argille limose e limi-argilloso-marnosi, di colore grigio-azzurro allo stato inalterato, con variazioni cromatiche dal grigio-giallastro al giallastro in affioramento. Nella parte alta della formazione aumentano le frazioni limose e sabbiose che formano sottili intercalazioni e/o strati decimetrici e anche lenti di spessore metrico.

Procedendo dalle zone nord-orientali verso quelle sud-occidentali, lo spessore aumenta.

Nella zona rilevata poggiano sulle Calcareniti di Gravina. La stratificazione è poco evidente e gli unici elementi litologici che permettono di rilevarne la giacitura sono le intercalazioni e/o gli strati limosi e limoso-sabbiosi.

Depositi terrazzati della Fossa Bradanica

In questi depositi sono stati inclusi quei sedimenti sabbiosi e sabbioso-conglomeratici, connessi al ciclo della Fossa, che costituiscono gli altipiani presenti nel territorio rilevato di interesse progettuale.

Sono state distinte tre unità dalle caratteristiche litologiche differenti, denominate: Sabbie gialle, Sabbie rossastre, Depositi conglomeratici.

Sabbie gialle

Sabbie calcareo-quarzose a granulometria prevalentemente fine, da sciolte a debolmente cementate, di colore giallo o grigio-giallastro. La maggior parte dei grani ha forma per lo più irregolare e a spigoli vivi. In alcune zone queste sabbie sono straterellate e

presentano livelli più tenaci. Alla base sono state rinvenute lenti conglomeratiche e livelli fossiliferi (Ostrea, Pecten, Chlamys).

Gli affioramenti , poco estesi e con spessori dell'ordine della decina di metri, sono visibili in corrispondenza dei fianchi e talora delle sommità degli altipiani, quali Serra Rifusa, Serra Alta e Serra Venerdi.

Sabbie rossastre

Sabbie quarzoso-micacee a grana fine, di colore ocreo o rossastro, con livelli e lenti di microconglomerati ed inclusioni di concrezioni carbonatiche. A luoghi si rinvengono frammenti e gusci di gasteropodi. In terapia di facies con i Depositi conglomeratici.

Depositi conglomeratici

Conglomerati poligenici, costituiti da ciottoli di dimensioni medio-piccole, con lenti ed intercalazioni sabbiose giallo-rossastre.

Depositi eluvio-colluviali

Terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi con ciottolotti sparsi nella massa.

Detriti

Sono costituiti da materiali prevalentemente limoso-argillosi e subordinatamente sabbiosi, spesso a struttura caotica.

Riporto antropico

Accumuli di terreni prevalentemente sabbioso-limosi ed argillosi provenienti dai lavori di scavo, inglobanti frammenti e blocchi di materiali di demolizione delle strutture

edilizie e civili. Rappresentano i prodotti di risulta dell'attività dell'uomo, sono disposti in maniera caotica e casuale e riempiono quasi sempre le concavità morfologiche.

4. PUNTI STAZIONE

In questo paragrafo sono riportate le descrizioni dei luoghi più significativi per caratteristiche litologiche e/o stratigrafiche e la relativa documentazione fotografica.

Stazione 1

Contatto per trasgressione delle Calcareniti di Gravina sui Calcari di Altamura nella forra di Gravina di Matera.(Foto 4.1). Il contatto è marcato dalla rottura di pendenza dovuta all'erosione selettiva dei due litotipi a diverso comportamento geomeccanico.

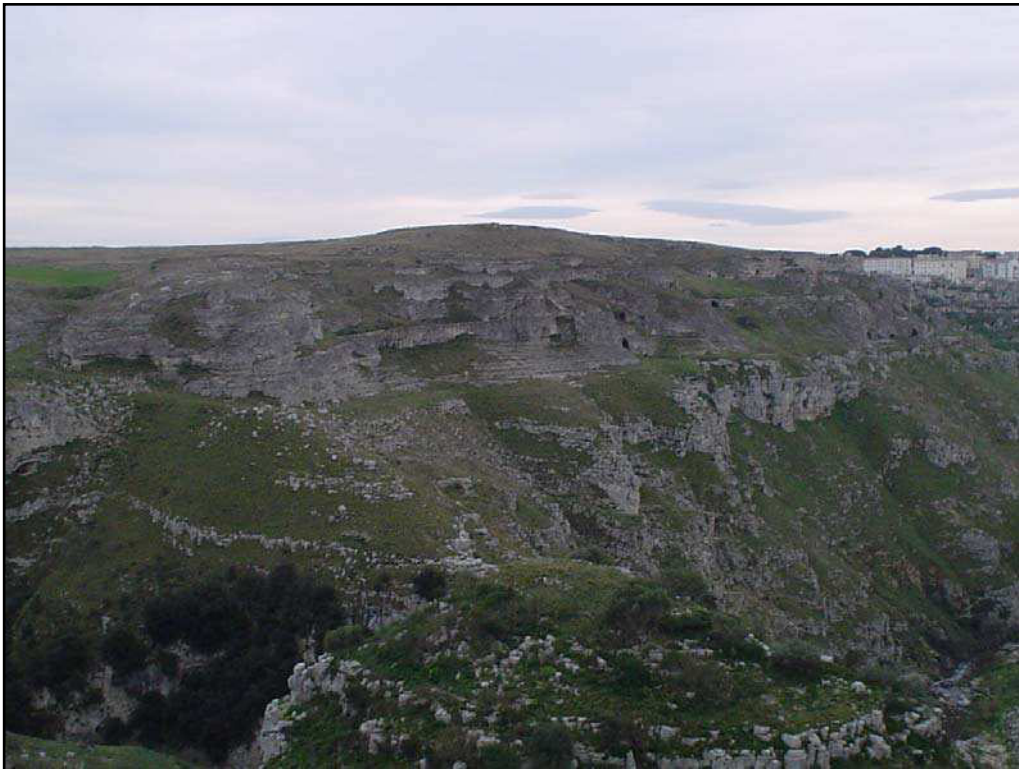


Foto 4.1 – Contatto trasgressivo delle Calcareniti di Gravina sui Calcari di Altamura.

Stazione 2

Nei pressi dello svincolo di Matera Sud si può osservare il contatto tra le calcareniti e la formazione stratigraficamente sovrastante costituita dalle Argille Subappennine (Foto 4.2). Si può notare come, verso sinistra, le calcareniti si immergono al



di sotto delle Argille Subappennine.

Sul contatto stratigrafico si è impostato un corso d'acqua a carattere temporaneo. Verso valle il contatto, rettilineo, è probabilmente di tipo tettonico per faglia diretta.

Foto 4.2 – Matera sud: contatto calcareniti – argille.

Stazione 3

Solco erosivo che mette a nudo le calcareniti ricoperte da una sottile coltre di terreno vegetale brunastro a composizione limoso-argillosa (Foto 4.3).



Foto 4.3 – Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4501452.1 Long. E 2655892.6

Stazione 4

Cava di Tufo dismessa, zona a Sud dell'Ospedale.



Foto 4.4 – Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4500971.3 Long. E 2656246.5.

Stazione 5

Fronte di scavo lungo la S.S. 7. La calcarenite si presenta compatta con limitate fratture che tendono a chiudersi verso il basso. La granulometria varia da media a piccola con clasti in prevalenza litici e con frammenti di fossili (Foto 4.5).



Foto 4.5. – Fronte di scavo lungo la S.S. n. 7.

Stazione 6

Tessitura mista granulo-organogena della calcarenite situata in un anfratto del Parco delle Chiese Rupestri (Foto 4.6).



Foto 4.6 – Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga).
Lat. N 4501216.6
Long. E 2657060.2.

Stazione 7

Calcareniti giallastre di aspetto massivo affioranti in un taglio stradale nei pressi dello Svincolo di Matera nord. Si osserva la graduale immersione di questi terreni al di sotto della Formazione delle Argille Subappennine. (Foto 4.7).



Foto 4.7 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga).
Lat. N 4503175.7 Long. E 2653421.2

Stazione 8

Affioramento della calcarenite a circa 350 m dal sito precedente (stazione 7).

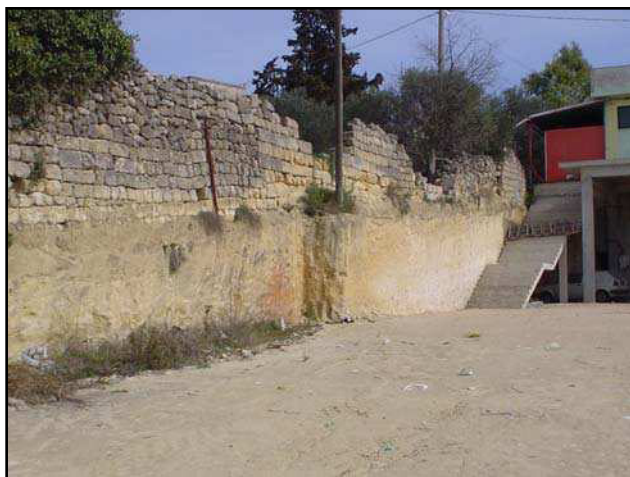


Foto 4.8 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4503156.1 Long. E 2653777.4

Stazione 9

Le Calcareniti di Gravina terminano verso W con passaggio di tipo tettonico. Una faglia diretta con andamento NW - SE, infatti, e' ben riconoscibile a valle della S.P. Matera – Grassano, dove si nota il netto passaggio da una zona a morfologia tabulare, costituita dalle calcareniti, ad una zona con morfologia piu' articolata tipica dei terreni limoso – argillosi. La dislocazione ad andamento rettilineo e direzione NW - SE provoca un rigetto morfologico non trascurabile (Foto 4.9)



Foto 4.9 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4502397.8 Long. E 2652740.7

Stazione 10

Il limite occidentale delle Calcareniti di Gravina a NE del Borgo La Martella è riconducibile ad un lineamento tettonico (Foto 4.10).



Foto 4.10 – Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga).
Lat. N 4503264.2 Long. E 2649948.3

Stazione 11

Sponda del Torrente Gravina di Picciano a S del nucleo abitato di Borgo La Martella nei pressi dell'impianto di depurazione. La profonda erosione ha messo a nudo la roccia carbonatica che presenta giacitura sub-orizzontale.



Foto 4.11 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga).
Lat. N 4501308.2 Long. E 2650015.8

Stazione 12

Argille limose grigio-azzurre, giallastre per alterazione, interessate da numerose strutture a scaglie e fessurazioni prismatiche da essiccazione. Il sito e' ubicato a sud di Contrada Spino Bianco e presenta pareti molto ripide soggette a periodici dilavamenti ed erosioni.



Foto 4.12 –Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga).

Lat. N 4502902.3 Long. E 2654198.6

Stazione 13

Limi argillosi grigio-giallastri notevolmente degradati ed alterati a tergo di un fabbricato di nuova costruzione.



Foto 4.13 –Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga).

Lat. N 4502902.3 Long. E 2654198.6

Stazione 14

Zona di passaggio tra le sabbie grigio-giallastre, a grana fine, e le argille grigio-azzurre in contrada Belvedere.



Foto 4.14 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga).
Lat. N 4502604.3 Long. E 2654449.3

Stazione 15

I livelli di transizione tra i depositi delle sabbie gialle e le argille subappennine sono caratterizzati dall'abbondanza di gusci e frammenti di lamellibranchi anche di grosse dimensioni, in prevalenza Pecten ed Ostrea.



Foto 4.15 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 45022608.3 Long. E 2654413.8

Stazione 16

Contatto tra le sabbie gialle e le argille subappennine, in località La zona di contatto è ben evidenziata dalla brusca variazione di colore (Foto 4.16).



Foto 4.16 – Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4501660.3 Long. E 2654256.7

Stazione 17

Passaggio stratigrafico tra i depositi di sabbie giallastre e le argille subappennine (Foto 4.17). I clasti biancastri visibili sono in realtà frammenti e gusci di lamellibranchi. Lo spessore delle sabbie non supera i 2 metri.



Foto 4.17 – Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4501760.8 Long. E 2654339.9

Stazioni 18 - 19

Affioramento dei depositi delle sabbie giallastre, ben evidenziato da un recente sbancamento, in località Serra Venerdi (Foto 4.18). Il limite delle sabbie, parallelo alla sovrastante via dei Normanni, segue una rottura di pendenza rettilinea per un lungo tratto.



Un particolare del contatto con le sottostanti argille è riprodotto nella Foto 4.19.

Foto 4.18 – Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4502887.9 Long. E 2654335.8



Foto 4.19 - Argille grigio-azzurre plastiche passanti verso l'alto a sabbie sciolte, fini e medie, di colore giallastro.

Stazioni 20 - 21

Località Serra Rifusa. Depositi di sabbie giallastre, a granulometria fine, per lo più sciolte, con rari livelli arenaci poco cementati affioranti in un taglio stradale (Foto 4.20).



Foto 4.20 – Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4505243.5 Long. E 2653667.5

I livelli arenacei ben evidenziano, a luoghi, la giacitura orizzontale dei depositi sabbiosi (Foto 4.21).



Foto 4.21 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4505261.1 Long. E 2653657.3

Stazioni 22 - 23

Serra Rifusa rappresenta un rilievo collinare con forma tabulare in cui sono conservati vari lembi di formazioni sia marine che continentali che testimoniano le fasi di regressione marina. In uno scavo recente (Foto 4.22), effettuato alla sommità del rilievo



per la costruzione di un fabbricato, si notano sabbie rossastre, a grana fine, passanti verso il basso a sabbie grigio-giallastre.

Foto 4.22 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4506539.7 Long. E 2653343.6

Le sabbie ocraceo – rossastre, a granulometria fine, presentano composizione prevalentemente quarzosa. Lo spessore è di circa 1.20 m.. Verso il basso passano ad un livello giallastro con spessore variabile da 10 a 30 cm.. Seguono sabbie grigiastre a grana

fine a composizione calcareo – quarzosa con laminazione piano-parallela.



Foto 4.23. – Particolare della foto precedente.

Stazioni 24 - 25

Località Serra Rifusa. Sabbie ocraceo - rossastre a grana fine affioranti in un taglio



stradale. E' possibile notare (Foto 4.24) che questi materiali a tratti presentano un buon grado di cementazione e sono interessati da sistemi di frattura ad andamento sub-verticale riempite da concrezioni carbonatiche.

Foto 4.24 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga).
Lat. N 4505707.7 Long. E 2653663.9

Nell'affioramento sono presenti parecchi fossili, in particolare gusci di gasteropodi (Foto 4.25).



Foto 4.25 – Particolare dell'affioramento precedente. Gusci di Gasteropodi.

Stazione 26

Affioramento dei depositi di sabbie rossastre molto degradate nei pressi del Castello Tramontano (Foto 4.26).



Foto 4.26 – Depositi di sabbie rossastre nei pressi del Castello.

Stazione 27

Nelle zone più elevate di Serra Rifusa si rinvencono lembi, di spessore limitato, di depositi conglomeratici, sovrapposti o in eteropia di facies con le Sabbie rossastre. In un taglio stradale (Foto 4.27) si possono osservare conglomerati con clasti eterogenei, di dimensioni medio – piccole, prevalentemente arrotondati. Il deposito si presenta prevalentemente clastosostenuto con matrice sabbiosa di colore rossastro ed è privo di fossili. Il contatto con i depositi sottostanti non è visibile in questo affioramento.



Foto 4.27 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4506032.9 Long. E 2653472.7

Stazione 28

Contatto stratigrafico tra i depositi conglomeratici e le Sabbie rossastre. La Foto 4.28 mostra i conglomerati pedogenizzati poggianti con contatto erosivo sulle sabbie rossastre a grana fine. Verso il basso e' presente una lente di microconglomerati clastosostenuti che denotano i caratteri di transizione tra i due depositi.



Foto 4.28 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4505956.3 Long. E 2653337.7

Stazione 29

In contrada Pozzo Miseso e' presente un piccolo affioramento non cartografabile di conglomerati di taglia medio - piccola che passano verso il basso, con contatto erosivo, alle Sabbie rossastre.



Foto 4.29 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4502057.6 Long. E 2654629.9

Stazione 30

Borgo Venusio. In uno scavo per la sistemazione del raccordo stradale (Foto 4.30) si osservano sabbie nerastre con ciottoli, passanti gradualmente verso il basso alle argille grigio-azzurre. Lo spessore delle alluvioni terrazzate si aggira intorno a 1.50 metri.



Foto 4.30 - Coordinate dell'affioramento (Gauss-Boaga). Lat. N 4508795 Long. E 2653376.9

Stazione 31

Località Piano di Chiattamura. Alluvioni recenti ciottoloso-sabbioso-siltose (Foto 4.31) in sinistra idraulica del torrente Gravina di Picciano. I ciottoli di dimensioni centimetriche e decimetriche sono di natura prevalentemente calcarea.



Foto 4.31 – Coordinate del sito (Gauss-Boaga)
Lat. N 4502309.2 Long. E 2648880.7

Stazione 32

Materiale di riporto utilizzato come riempimento di una concavità morfologica, soggetto a fenomeni di erosione intensa (Foto 4.32). Il deposito antropico, di spessore



elevato, si presenta eterogeneo essendo costituito da sabbie, limi ed argille provenienti da scavi e da frammenti e blocchi di materiali da costruzione.

Foto 4.32 – Deposito di materiali di riporto.

5. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il territorio della Città di Matera presenta un paesaggio dalle morfologie articolate che sono il riflesso di molteplici fattori, agenti e processi erosivi intervenuti nel modellamento del rilievo in fasi alterne o sovrapposte nei diversi momenti della storia geologica.

La morfogenesi del rilievo è stata condizionata essenzialmente dalla litologia, dagli elementi strutturali, dal clima e dal suo stesso tempo di azione. Un ruolo importante e significativo nel modellamento delle forme e nella dinamica geomorfologica in generale è stata svolta dalla neotettonica.

L'evoluzione del territorio, negli ultimi decenni, è stata condizionata anche dall'uomo che con le sue attività, non sempre rispettose della natura e della vocazione dei luoghi, ha determinato profonde variazioni morfologiche ed idrografiche. Oggi, la sua influenza negativa sull'evoluzione del paesaggio è diventata molto limitata, in relazione all'attuazione di normative tecniche sempre più rigorose che disciplinano gli interventi sul territorio e ne limitano, pertanto, l'azione incontrollata.

Sotto l'aspetto morfogenetico, l'area investigata può essere suddivisa in due zone: da una parte la zona degli affioramenti rocciosi (calcareniti e calcari), dall'altra la collina terrigena (sabbie e argille).

Zona calcarenitica e calcarea

Nella parte nord-orientale della città, l'elemento fisiografico principale è rappresentato dal Torrente Gravina di Matera che, impostatosi secondo un percorso

tracciato almeno nelle sue linee generali dagli accidenti tettonici, con la sua valle stretta,



profonda e sinuosa, caratterizza la morfologia dell'intera zona.

La sua sezione trasversale presenta generalmente una forma ad U svasata, localmente per la presenza di detriti assume una forma a V.

Foto 5.1 – Panoramica di un tratto della Gravina di Matera.

Lo sviluppo irregolare, tortuoso e quasi meandriforme del corso d'acqua, in relazione alla natura litologica dei luoghi percorsi, indica la complessità dei caratteri strutturali della zona per effetto delle vicissitudini tettoniche.

L'attuale configurazione del versante destro della Gravina di Matera, a gradinate multiple, con pareti verticali e subverticali allungate grosso modo parallelamente al corso d'acqua, deriva dall'azione degli agenti morfogenetici. Anche l'intervento antropico, nel corso dei secoli, ha influito sul modellamento dell'area alterandone la naturale fisionomia. Opera dell'uomo è la struttura edilizia dei Sassi: l'unicità e la peculiarità dell'antico insediamento urbano rendono i Sassi di Matera una delle zone più caratteristiche del pianeta, riconosciuta dall'UNESCO "patrimonio mondiale dell'umanità".

La Gravina di Matera, scavata da un corso d'acqua che ha inciso la copertura calcarenitica pleistocenica e che si è approfondito nei calcari cretacei per effetto

dell'abbassamento del livello di base conseguente alla regressione marina, limita oggi la sua attività erosiva a brevi periodi di intense precipitazioni.

Nell'area esaminata, ad E ed a S del Borgo La Martella, nei terreni calcarenitici si sviluppa la Gravina di Picciano (Foto 5.2). Il torrente ha generalmente un andamento regolare, tendente al rettilineo e dopo aver inciso i suoi stessi depositi ha scavato una forra di altezza variabile facendo affiorare la sottostante formazione delle Calcareniti di Gravina.



Foto 5.2 – Torrente Gravina di Picciano ad W del Borgo la Martella. Sul fondo e sui fianchi della depressione affiorano le Calcareniti di Gravina.

Le forme di dissesto che si osservano lungo le gravine interessano le calcareniti e sono riconducibili a crolli di blocchi di varie forme e dimensioni.

Collina terrigena

La zona collinosa terrigena mostra un complesso di forme sviluppate su depositi plio-pleistocenici. Le condizioni litologiche e giaciture hanno determinato forme di erosione differenziata. Si è in presenza di rilievi tabulari con fianchi a pendenza variabile per cause litologiche o strutturali. Le sommità pianeggianti, corrispondenti a lembi di

superfici di sedimentazione, sono limitate da gradini sub-verticali (affioramenti di placche residue dei depositi terrazzati conglomeratici e sabbiosi in giacitura suborizzontale); i fianchi dei rilievi, costituiti per lo più dagli affioramenti delle Argille Subappennine, presentano tratti a pendenza variabile in relazione sia all'intensità della attività erosiva sia dell'evoluzione geomorfologica della zona (Foto 5.3).



Foto 5.3 – Rilievo tabulare a NE di contrada Pozzo Misese nel centro urbano di Matera. Il salto morfologico e' dovuto ad erosione selettiva su litotipi con diversa risposta agli agenti esogeni.

Nei tratti in cui i fenomeni erosivi hanno asportato del tutto o quasi la copertura conglomeratico-sabbiosa, le dorsali mostrano nel loro insieme una forma a gobba arrotondata.

Nella parte settentrionale dell'area investigata (località Venusio), il fondovalle del torrente Gravina di Matera presenta una spessa ed estesa coltre alluvionale. L'andamento, a tratti rettilineo, di questo corso d'acqua fa presumere la realizzazione, nei decenni passati, di interventi idraulici di regimazione e di opere di bonifica. Nella stessa area, sui versanti, ad altezze variabili dai 330 ai 370 m s.l.m., si rinvengono tratti di superfici pianeggianti

disposte a gradinata, incise nelle Argille Subappennine, corrispondenti a lembi di terrazzi fluviali di diversa età (Foto 5.4). Dove la copertura alluvionale è stata asportata, le argille sono caratterizzate da superfici pianeggianti.



Foto 5.4. – Superficie terrazzata in località Borgo Venusio. Gran parte degli insediamenti urbani esistenti in questa zona sono localizzati su due lembi di terrazzi, in sinistra idraulica del Torrente Gravina di Matera.

Nella stessa località a NE degli insediamenti esistenti e' possibile osservare un esempio di sella morfologica (Foto 5.5) la cui genesi e' probabilmente legata ad un lineamento tettonico mascherato dalle litologie argillose.



Foto 5.5 – Sella morfologica, in località Venusio, a NE degli insediamenti esistenti.

In genere le condizioni climatiche locali e la natura prevalentemente argillosa dei terreni affioranti favoriscono l'insorgere di fenomeni erosivi. Si tratta di incisioni di varia ampiezza e profondità associate spesso a movimenti di massa. I solchi, isolati o in serie, diretti secondo la massima pendenza, si osservano in genere sui tratti di versante più acclivi ed evolvono spesso assai rapidamente in incisioni più larghe e profonde (Foto 5.6).



Foto 5.6 – Solco erosivo di neoformazione in materiali limoso-argillosi, lungo un tratturo che segue la linea di massima pendenza. Il dilavamento concentrato è stato favorito dalla mancanza di vegetazione.

Movimenti gravitativi di massa

Nell'area investigata si rinvengono numerosi e diffusi movimenti gravitativi di massa. I fattori predisponenti al dissesto sono rappresentati sia dalla pendenza che dalla litologia, mentre la causa determinante di tali movimenti può essere ricercata nell'attività erosiva delle acque correnti che produce scalzamento al piede e, in occasione di eventi

meteorologici, nell'elevata imbibizione delle masse di terreno che determina un aumento delle pressioni interstiziali con decremento della resistenza al taglio.

I movimenti franosi, rappresentati nella Carta Geomorfologica, sono stati suddivisi in antichi stabilizzati, quiescenti e recenti . Con il termine creep sono state definite le deformazioni gravitative lente di natura essenzialmente viscoso-plastica, che interessano per lo più modesti spessori di terreni superficiali.

Movimenti franosi antichi stabilizzati

Sono localizzati essenzialmente sul versante orientale di Serra Rifusa dove sono ben individuabili gli elementi che caratterizzano gli antichi movimenti di massa di tipo traslazione o roto-traslazionale. I relativi corpi sono stabilizzati e non vi sono, nell'attuale configurazione dei luoghi, fossi che, con la loro attività erosiva, potrebbero determinare una ripresa dei movimenti per effetto di scalzamento al piede. L'unico impluvio presente, a leggera concavità, sottende un bacino imbrifero di modesta superficie e non rappresenta, quindi, un elemento d'instabilità nell'attuale stato conservativo della zona.

Sul versante occidentale di Serra Rifusa, disposto verso la zona della lottizzazione Giada, sono visibili solo alcuni cigli di distacco e residui di accumuli di frana non più definibili per il loro reale sviluppo, in quanto i lavori per le recenti opere di sostegno (Foto 5.7) e gli sbancamenti effettuati per l'urbanizzazione dell'area (Foto 5.8) hanno portato cambiamenti morfologici importanti con rimozione dei corpi di frana.



Foto 5.7 – PdL Giada.
Paratia di protezione
dell'area.



Foto 5.8 – PdL Giada.
Lavori di sbancamento
effettuati..

Movimenti franosi quiescenti

Movimenti di massa suscettibili di rimobilizzazione parziale o totale essenzialmente per erosione al piede degli accumuli. Nell'ambito territoriale rilevato per la redazione del Regolamento Urbanistico, questi movimenti quiescenti ricadono fuori dal perimetro urbano e sono localizzati principalmente:

- sul versante situato nella parte nord-occidentale di Serra Rifusa dove gli accumuli sono minacciati dall'attività erosiva delle due incisioni, affluenti del fosso Valle Guirro, che solcano il versante in contrada Grotta Pignata e nella zona di Mass. del Duchino;
- sulla zona del versante compreso tra lo svincolo Matera Sud e lo svincolo Matera Nord dove i fossi esistenti, per il loro stato evolutivo, rappresentano una seria minaccia per la stabilità di ampie zone del territorio; in particolare, la parte medio-alta dei due fossi che interessano c.da Papalione e c.da Belvedere è caratterizzata da un'intensa attività erosiva il cui ulteriore progredire potrebbe innescare condizioni di instabilità generalizzata dell'area.

Movimenti franosi recenti

Recenti sono stati definiti quei movimenti di massa i cui accumuli non sono stabilizzati e presentano ancora una elevata criticità. Sono diffusi sia sul versante nord-occidentale di Serra Rifusa che sul versante tra gli svincoli Matera Sud – Matera Nord (Foto 5.9).

Foto 5.9 – Cumulo di frana di notevole spessore derivante dalla fusione di movimenti coalescenti di tipo scoscendimento e colamento.

Area periurbana di Matera Centro.

Coordinate del sito
(Gauss-Boaga) Lat. N
4501576.6 Long. E
2654251.8.



In corrispondenza di c.da Belvedere le frane recenti sono a ridosso del perimetro urbano ed una loro evoluzione costituirebbe una situazione di rischio per i fabbricati della zona.

Creep

Movimenti contraddistinti da lenti deformazioni di natura visco-plastica che nei terreni argillosi danno luogo alle tipiche ondulazioni della superficie topografica, caratterizzate da raggi di curvatura variabili, da pochi metri a poche decine di metri, a seconda dello spessore coinvolto nel movimento. Interessano le parti superficiali alterate e rimaneggiate dei terreni argillosi che migrano verso valle senza una superficie di appoggio ben definita e con sagoma irregolare (Foto 5.10). Presentano carattere intermittente in relazione agli eventi piovosi. A luoghi, in concomitanza di piogge durature e copiose, possono evolversi in vere e proprie colate di fango in seguito alla diminuzione della

resistenza al taglio dovuta al raggiungimento di un contenuto in acqua eguale o superiore al limite di liquidità.



Foto 5.10 – Fenomeni di creep. Coordinate del sito (Gauss-Boaga) Lat. N 4502261.1 Long. E 2654221.3.

Forme di origine antropica

Le forme di origine antropica sono molto diffuse nell'area esaminata e sono rappresentate soprattutto dalle numerose cave aperte nelle calcareniti di Gravina, oggi ormai dismesse (Foto 5.11 – 5.12). Le cave venivano coltivate a cielo aperto con tecnica di scavo per lo più a gradoni; rare sono le cave a fossa. Le calcareniti, dette *Tufi calcarei*, costituiscono utili materiali da costruzione, utilizzati per le fondazioni e per le murature in elevazione e di recinzione.

Foto 5.11 – Cava di tufo a N di Matera lungo la direttrice Matera - Altamura. Sono visibili le tracce delle incisioni della sega da roccia per la separazione in blocchetti dalla forma prevalente a parallelepipedo.



Foto 5.12 – Esempio di vecchio piazzale di cava riutilizzato, al giorno d’oggi, sia per insediamenti commerciali che per la costruzione di fabbricati.

La facilità di lavorazione della calcarenite permise, nei secoli passati, lo sviluppo di insediamenti rupestri prima pastorali e poi anche religiosi (Foto 5.13).



Foto 5.13 – Architettura religiosa nel Parco Archeologico Storico Naturale delle Chiese Rupestri.

Terrazzamenti antropici si osservano anche a nord di Borgo Venusio, dove è attiva una grande cava nelle Argille Subappennine, adoperate come materia prima per la preparazione di laterizi.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

La descrizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche generali dei terreni affioranti nell'ambito del territorio oggetto del Regolamento Urbanistico è stata effettuata sulla base dei numerosi dati geotecnici a disposizione tratti dalla tesi di laurea in Ingegneria Civile dell'ing. Michele Lupo e dalle sue note scientifiche prodotte con il prof. C. Cherubini (Politecnico di Bari), con i prof.ri G. Dalerci e R. Passalacqua (Università degli Studi di Genova). Per le calcareniti si è fatto riferimento ai dati dell'attività di ricerca svolta con il prof. R. Genevois (Università degli Studi di Padova) e con la prof.ssa Monica Ghirotti (Università degli Studi di Bologna).

Data la differente natura litologica dei terreni costituenti la zona di interesse dell'RU, vengono esposte prima le caratteristiche geotecniche delle argille e poi quelle delle calcareniti.

6.1 Caratteristiche geotecniche delle argille

Vengono esaminate le caratteristiche fisiche (granulometria, plasticità, peso di volume, contenuto naturale in acqua), la resistenza al taglio attraverso l'analisi dei parametri c (coesione) e ϕ (angolo d'attrito) in termini di tensioni totali ed effettive, i caratteri di deformabilità e il grado di sovraconsolidazione.

Granulometria

La composizione granulometrica è stata esaminata su un numero di 178 campioni.

La definizione del campo di variabilità delle varie componenti è avvenuta attraverso la costruzione di un fuso granulometrico (Fig. 6.1). Le curve limiti hanno la seguente composizione percentuale:

	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	%	%	%	%
Curva superiore	-	-	42	58
Curva inferiore	1	21	46	32

Sulla base di tali percentuali possiamo definire, adottando il criterio di classificazione dell'AGI, le argille di Matera terreni a caratteri granulometrici mediamente compresi tra le “argille con limo” e i “limi sabbiosi con argilla”. Insignificante in genere la componente ghiaiosa (1%), la cui presenza anche in condizioni estreme raggiunge al massimo il 4%.

Dal fuso si evince la presenza di parti di curve ad andamento anomalo. Nelle sabbie e nei limi tale situazione è determinata da una variabilità di percentuale tra le frazioni fina, media e grossa. Per la componente argillosa tali anomalie portano ad un arricchimento in percentuale sino a raggiungere valori superiori al 90%.

I campioni analizzati sono stati definiti sotto il profilo granulometrico anche attraverso la classificazione del Bureau of Soils. I punti rappresentativi ricadono essenzialmente nel settore delle “argille” e “argille limose”. Molto bassa la percentuale dei campioni classificabili “loam argillo-limoso” e “loam limoso” (Fig. 6.2).

In generale possiamo asserire che viene, indipendentemente dal criterio di classificazione adottato, evidenziato il carattere predominante argilloso-limoso delle argille di Matera.

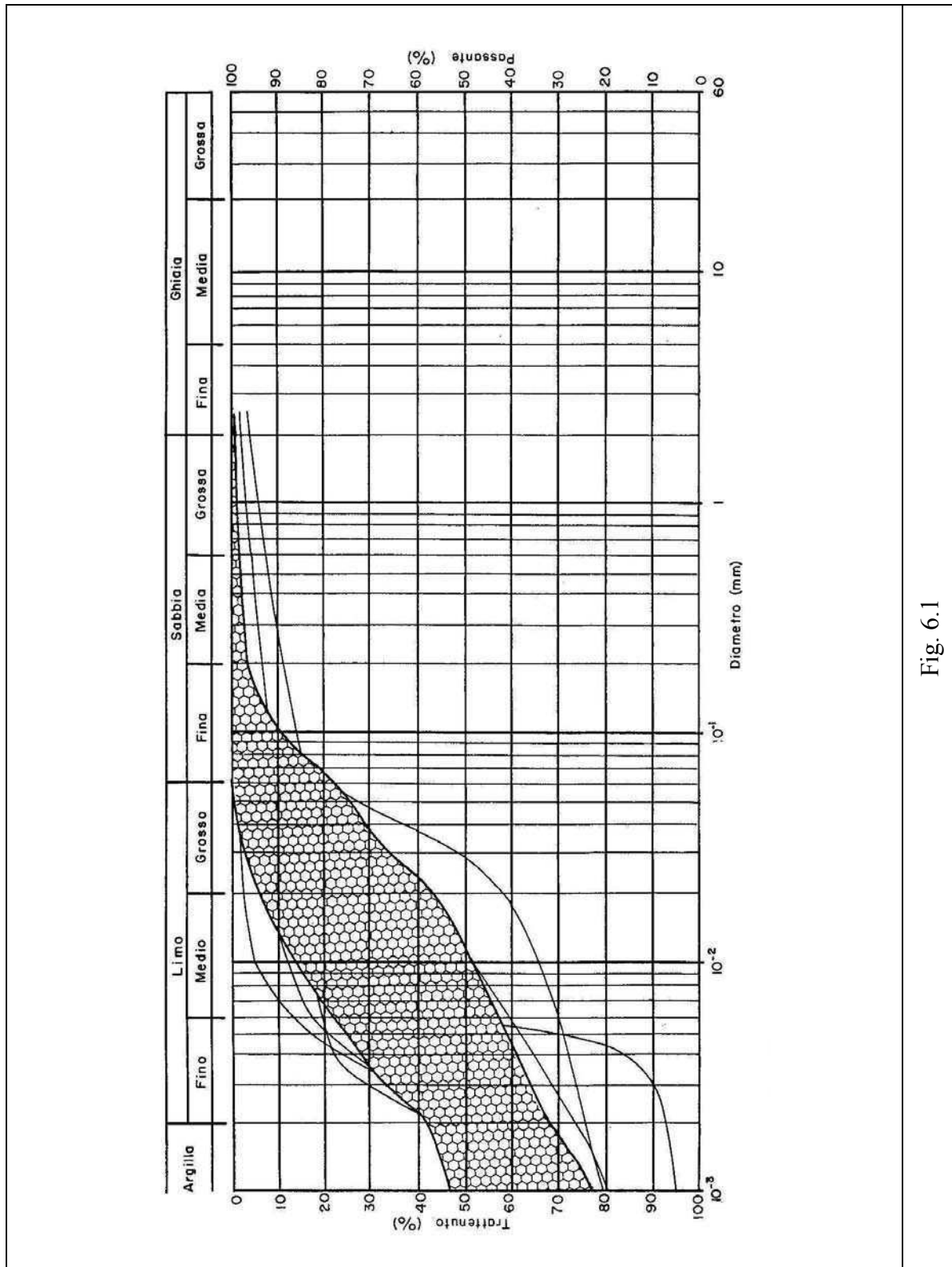
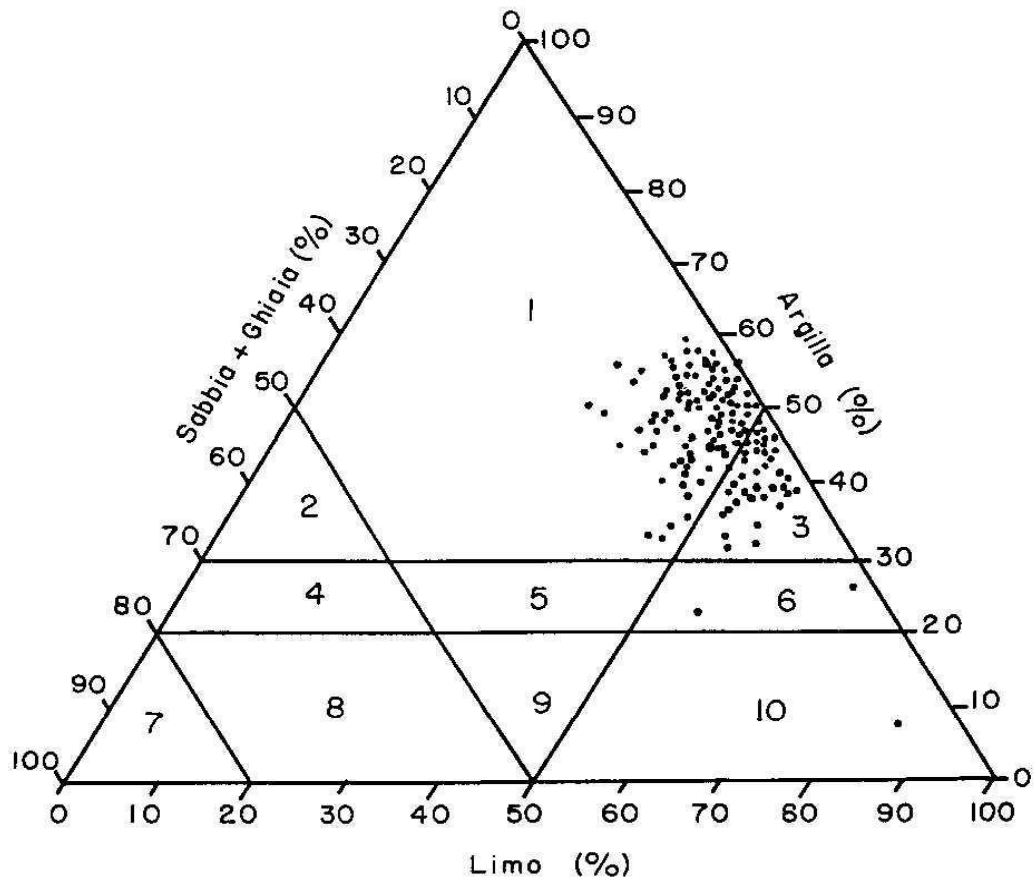


Fig. 6.1



- 1 = Argilla
- 2 = Argilla sabbiosa
- 3 = Argilla limosa.
- 4 = Loam argillo-sabbioso
- 5 = Loam argilloso
- 6 = Loam argillo-limoso
- 7 = Sabbia
- 8 = Loam sabbioso
- 9 = Loam
- 10 = Loam limoso

Fig. 6.2

Delle varie componenti è stata analizzata la sua variabilità con la profondità attraverso la formazione di classi di ampiezza pari a 4.00 m. I dati disponibili hanno consentito la formazione di 6 classi, raggiungendo la profondità di 24.00 m dal piano campagna.

Per ogni classe è stata determinata il valore medio e la deviazione standard. I risultati sono rappresentati in Fig. 6.3.

Per la sabbia la variabilità dei valori medi è molto contenuta (4.8-7.7%), la deviazione standard è compresa tra il 3.06-4.45%. I valori più elevati riguardano le due classi più superficiali.

Per il limo la percentuale media oscilla tra il 44.6-48.9%, la deviazione standard tra 4.87-7.71%. Il valore medio minimo appartiene alla classe 0.00-4.00 m dal p.c.

Per l'argilla la variabilità delle grandezze statistiche caratteristiche oscilla tra il 45-48.7% per la media e tra 4.8-8.2 per la deviazione standard, il cui valore più elevato si manifesta nella seconda classe, definita dalle profondità 4.00-8.00 m dal p.c..

Sia il limo che l'argilla manifestano una certa fluttuazione dei valori con la profondità indicando un'alternanza tipica di composizione percentuale tra le due frazioni granulometriche.

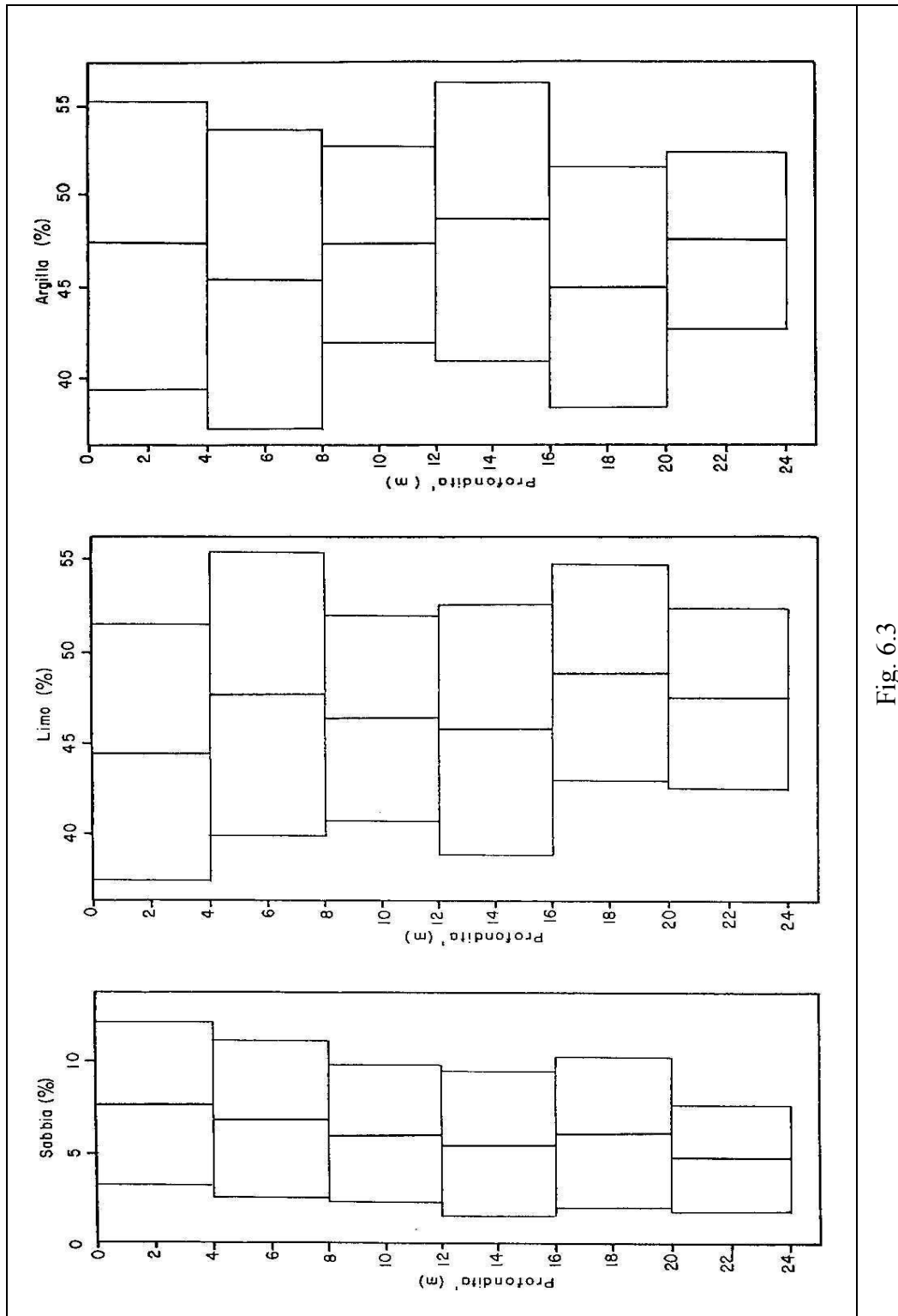


Fig. 6.3

Caratteri di plasticità

Sono stati desunti dai limiti di consistenza relativi a 181 campioni.

Il limite liquido (LL) presenta un intervallo di variazione alquanto ampio, delimitato superiormente ed inferiormente rispettivamente dai valori di 74.85% e di 30.2%.

Relativamente più contenuta è la variazione del limite plastico (LP): i valori vanno da 15.08% a 33.89%.

L'indice plastico (IP), definito dalla differenza tra LL e LP, presenta un campo di variazione alquanto esteso, 11.32%-53.09%. Tale variabilità è da attribuire all'ampia oscillazione del limite liquido.

L'istogramma di frequenza (Fig. 6.4) ben illustra la variabilità dei due parametri indice ed evidenzia che il massimo ricade nella classe 21-25% per il limite plastico e nella classe 53-57% per il limite liquido.

Le analisi statistiche hanno dato i seguenti risultati:

	LL %	LP %	IP
Valore medio	54.23	23.12	31.11
Deviazione standard	7.63	3.74	6.38
Coeff. di variazione	14.07	16.18	20.51

Nell'abaco di plasticità di Casasgrande (Fig. 6.5) i punti rappresentativi si collocano principalmente nei campi delle "argille inorganiche di media plasticità (CI)" e delle "argille inorganiche di alta plasticità (CH)". Percentualmente poco significativi i campioni che ricadono nel settore delle "argille di bassa plasticità (CL)". La correlazione tra i valori di IP e di LL è definita dalla equazione: $IP = 0.76 (LL - 11.4)$.

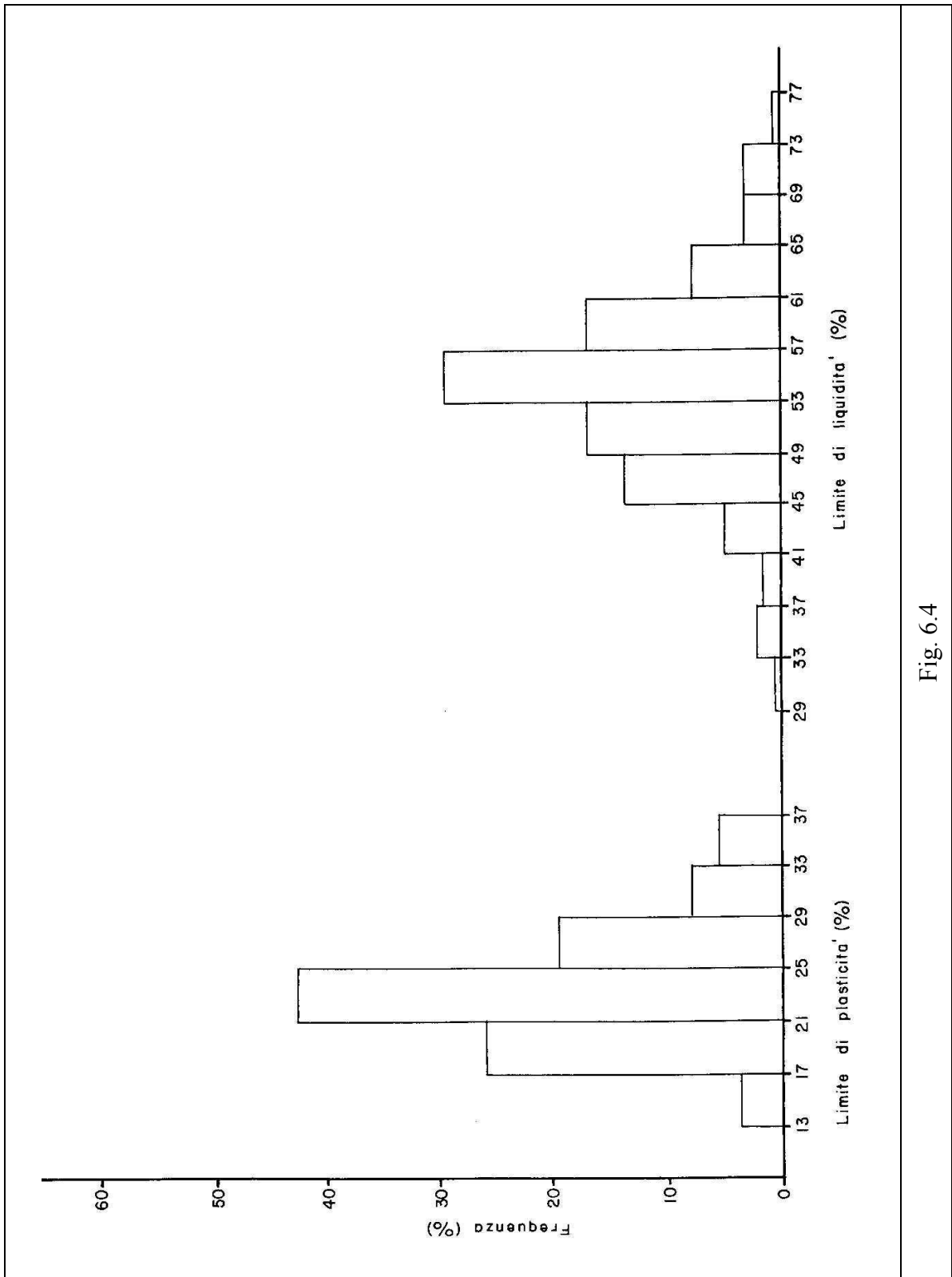


Fig. 6.4

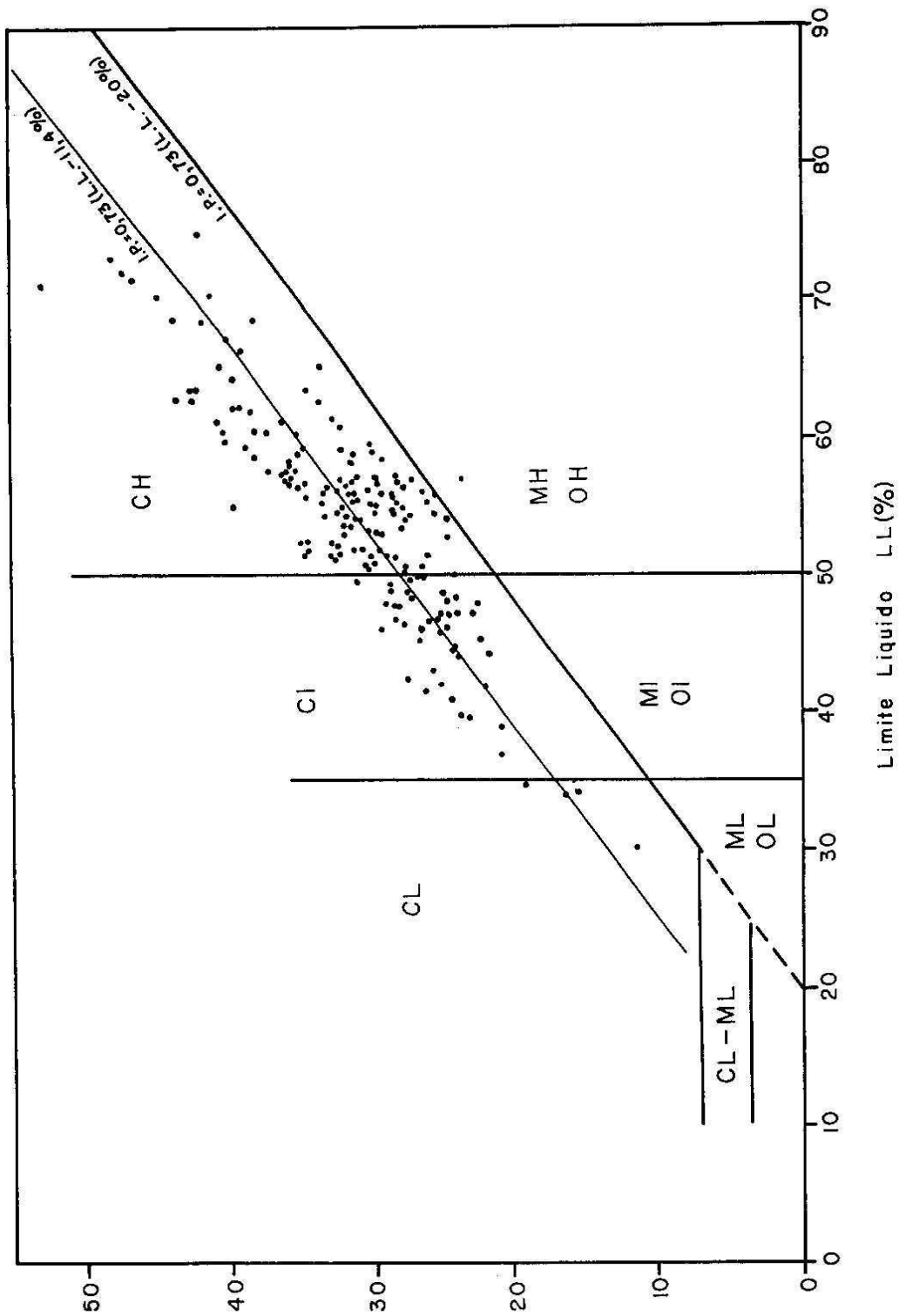


Fig. 6.5

Il legame tra le caratteristiche granulometriche ed i limiti di consistenza (Fig. 6.6) indica che si è in presenza di argille per lo più inattive ($A < 0.75$). Subordinatamente i campioni esaminati si inquadrano tra le argille normali. Un solo campione ricade tra le argille attive e proviene dal rione Agna, prelevato ad una profondità di 4.00-4.50 m dal piano campagna. Dall'esame delle sue caratteristiche granulometriche e di plasticità risulta che trattasi di un materiale caratterizzato da un elevato quantitativo di limo (86%) e da un alto valore del limite liquido ($LL \approx 70\%$).

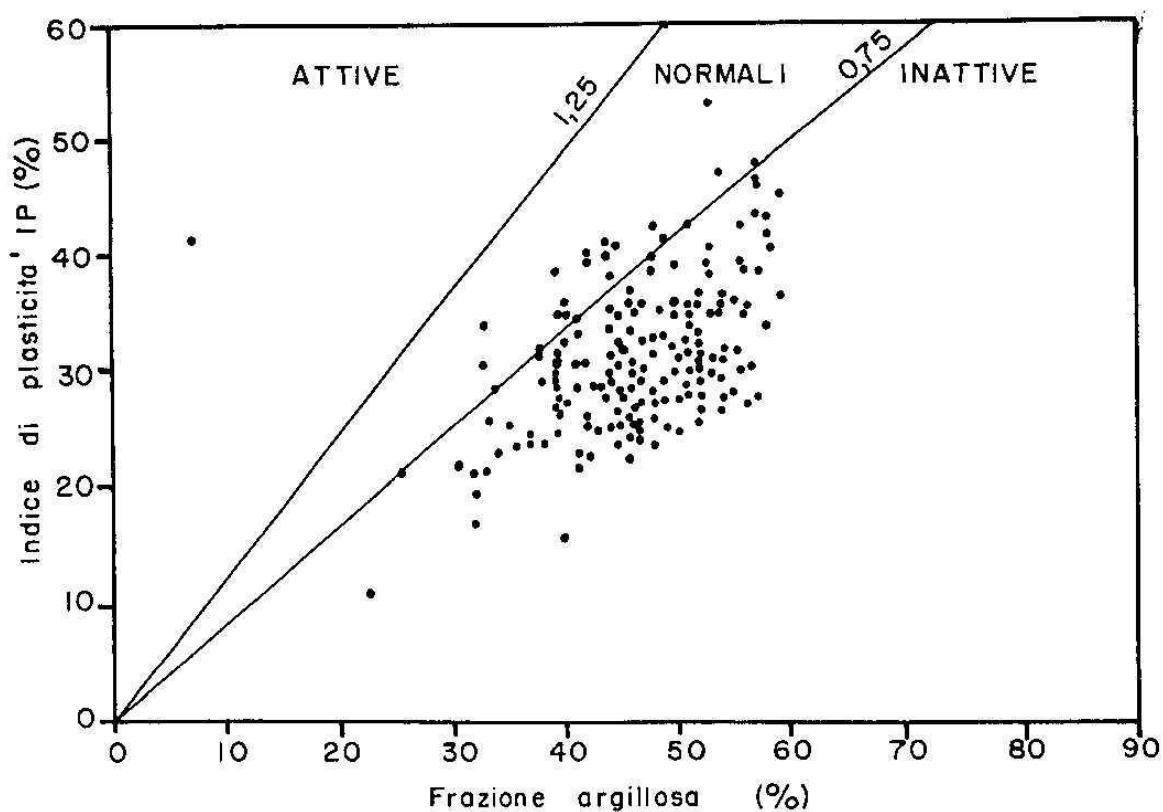


Fig. 6.6

Peso di volume

Le osservazioni sono state effettuate su 579 provini.

L'analisi statistica globale, non differenziata per fasce di profondità, ha fornito i seguenti valori dei parametri caratteristici:

Valore medio: 1.94 g/cm³

Deviazione standard: 0.067 g/cm³

Coeff. di variazione: 3.45%

L'individuazione dei dati anomali è avvenuta attraverso la realizzazione del Box-Plot (Fig. 6.7).

Approfondimenti sono stati svolti sui singoli valori in relazione alla fascia di profondità di appartenenza. L'elaborazione statistica è stata fatta sia in presenza di dati anomali che in loro assenza. I risultati sono illustrati in Fig. 6.8. La differenza massima tra i valori medi è del 2% circa. Si è riscontrato che i dati anomali sono localizzati quasi tutti nelle prime due fasce. La variabilità del coefficiente di variazione, che assume valori compresi tra 2.6-5.2% in un caso e tra 2.6-3.6% nell'altro, è mostrata in Fig. 6.9.

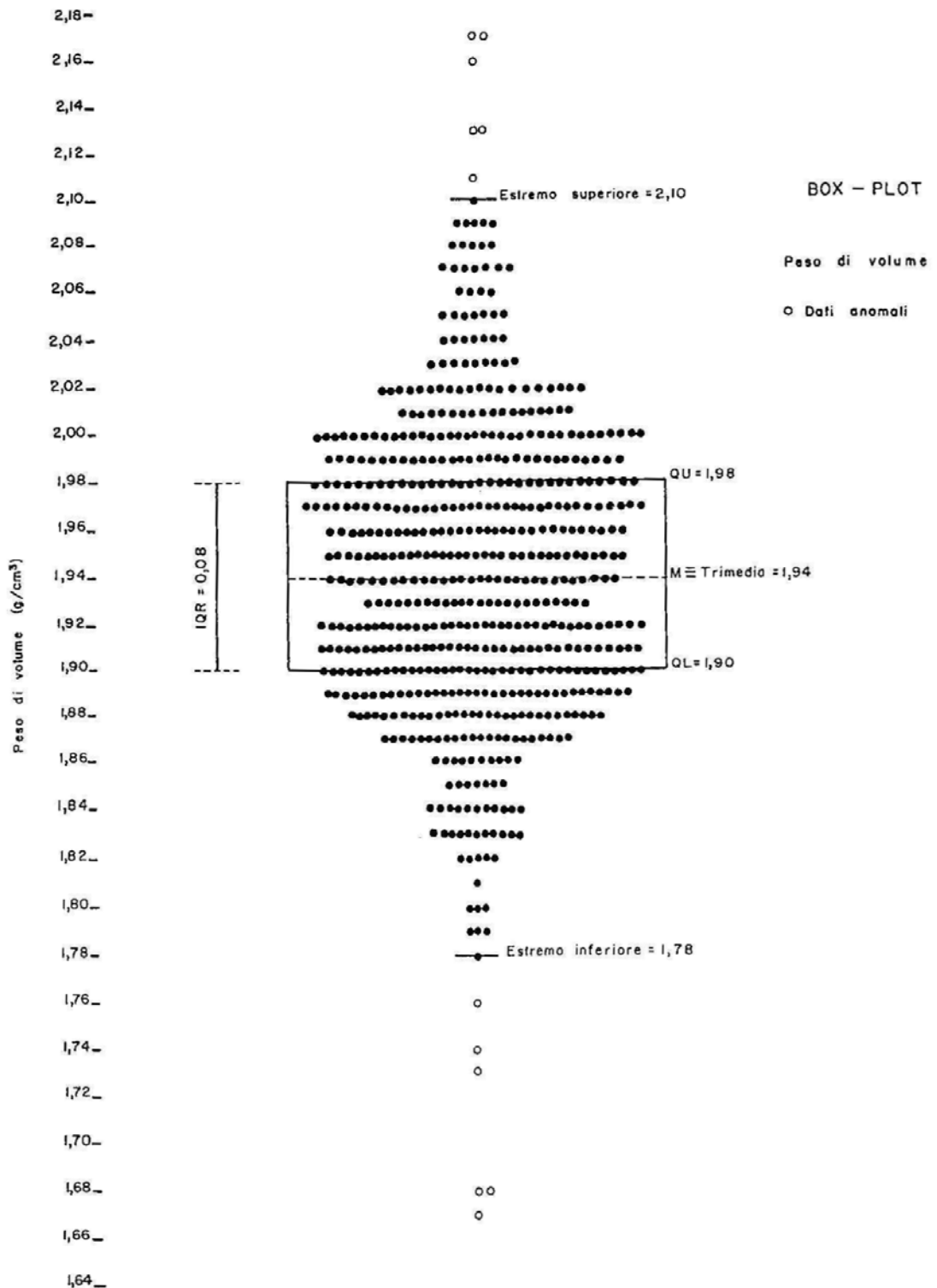


Fig. 6.7

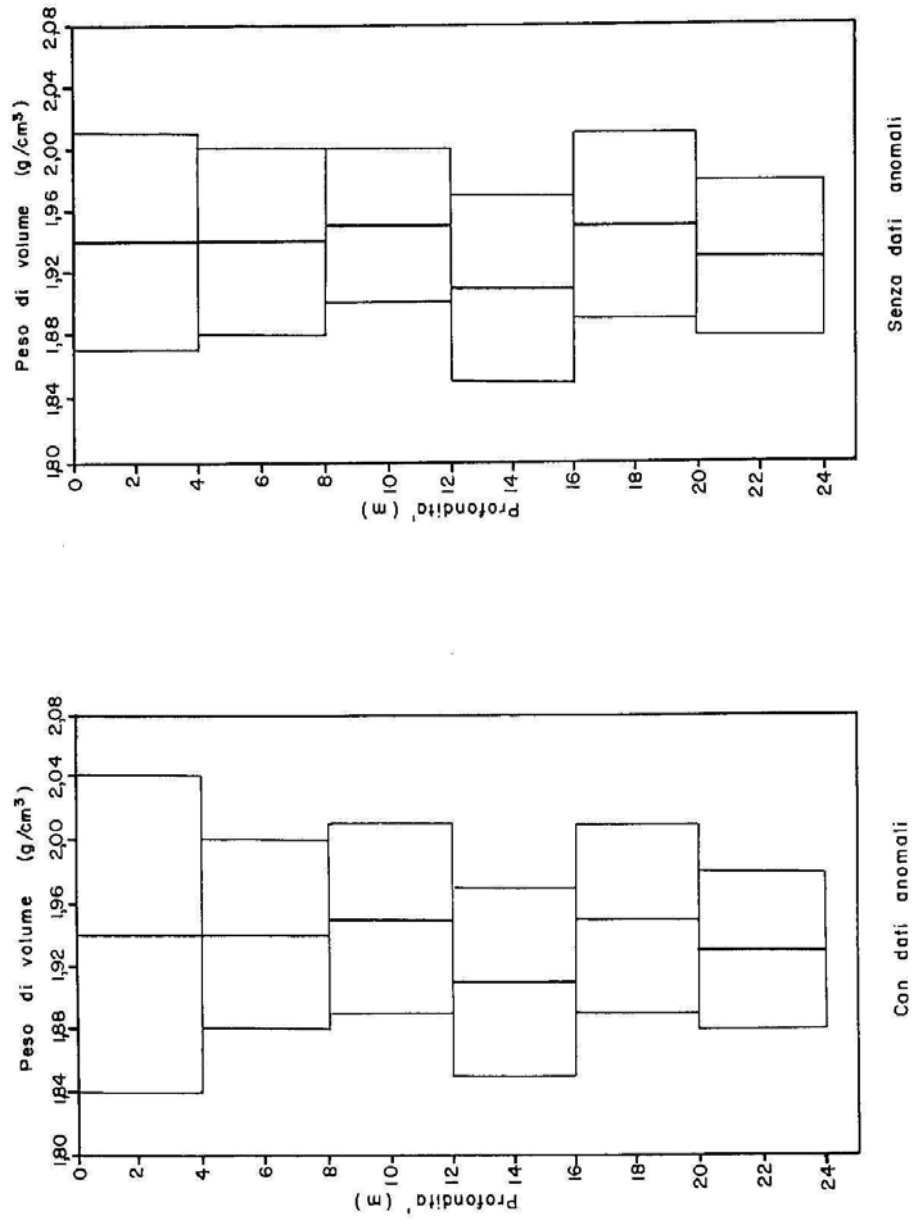


Fig. 6.8

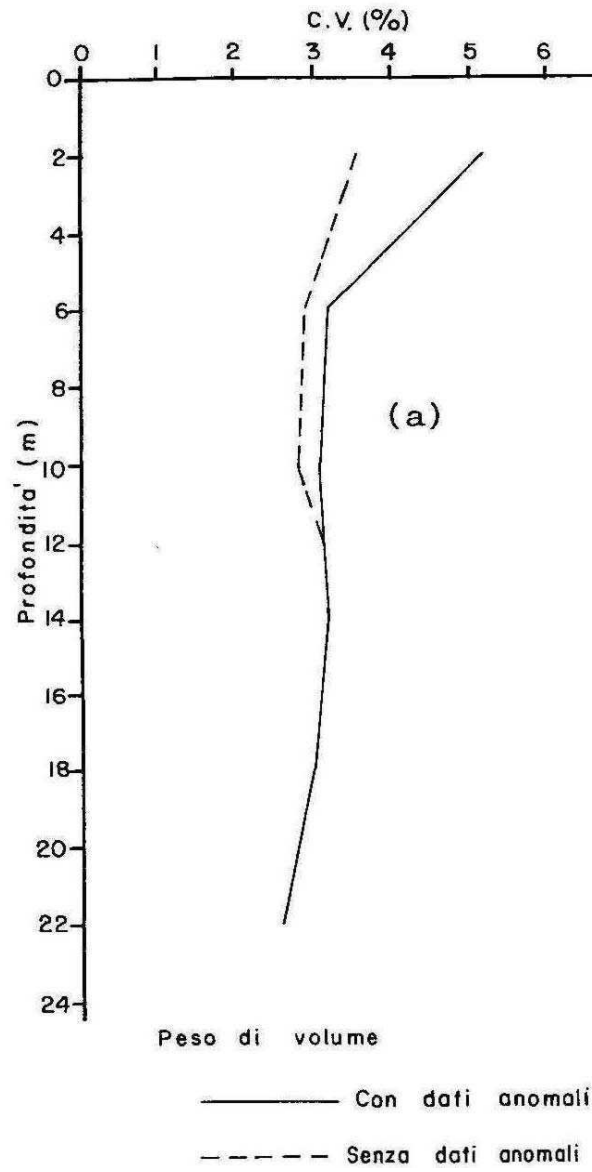


Fig. 6.9

Contenuto naturale in acqua

Si è operato sugli stessi provini utilizzati per l'analisi del peso di volume.

I parametri statistici più significativi, derivanti dal trattamento globale dei dati hanno dato i valori di seguito indicati:

Valore medio: 25.95%

Deviazione standard: 3.36%

Coeff. di variazione: 12.95%

Una visione sintetica della distribuzione dei dati è fornita dal Box-Plot (Fig. 6.10), dal quale si può notare che la maggior parte dei dati anomali risulta localizzata nella fascia bassa di valori, caratterizzata da percentuali inferiori al 17%.

La distribuzione con la profondità (Fig. 6.11) indica una variazione massima dei valori del 3.2%, che si riduce eliminando i dati anomali, che pur interessando maggiormente la fascia 0.00-4.00 m, sono presenti anche tra 4.00-8.00 m e tra 12.00-16.00 m di profondità.

Il coefficiente di variazione (CV) oscilla (Fig. 6.12) tra il 9% ed il 21.5%, quest'ultimo valore è relativo ai dati compresi tra 0.00-4.00 m. Nell'elaborazione statistica togliendo i valori anomali, la fluttuazione di CV è più ristretta 9-14.6%. Il valore più elevato si manifesta comunque sempre nella prima fascia.

L'esame della relazione tra il peso di volume ed il contenuto naturale in acqua indica un andamento di tipo lineare (Fig. 6.13). Nella correlazione effettuata non sono stati considerati i dati anomali di entrambe le grandezze.

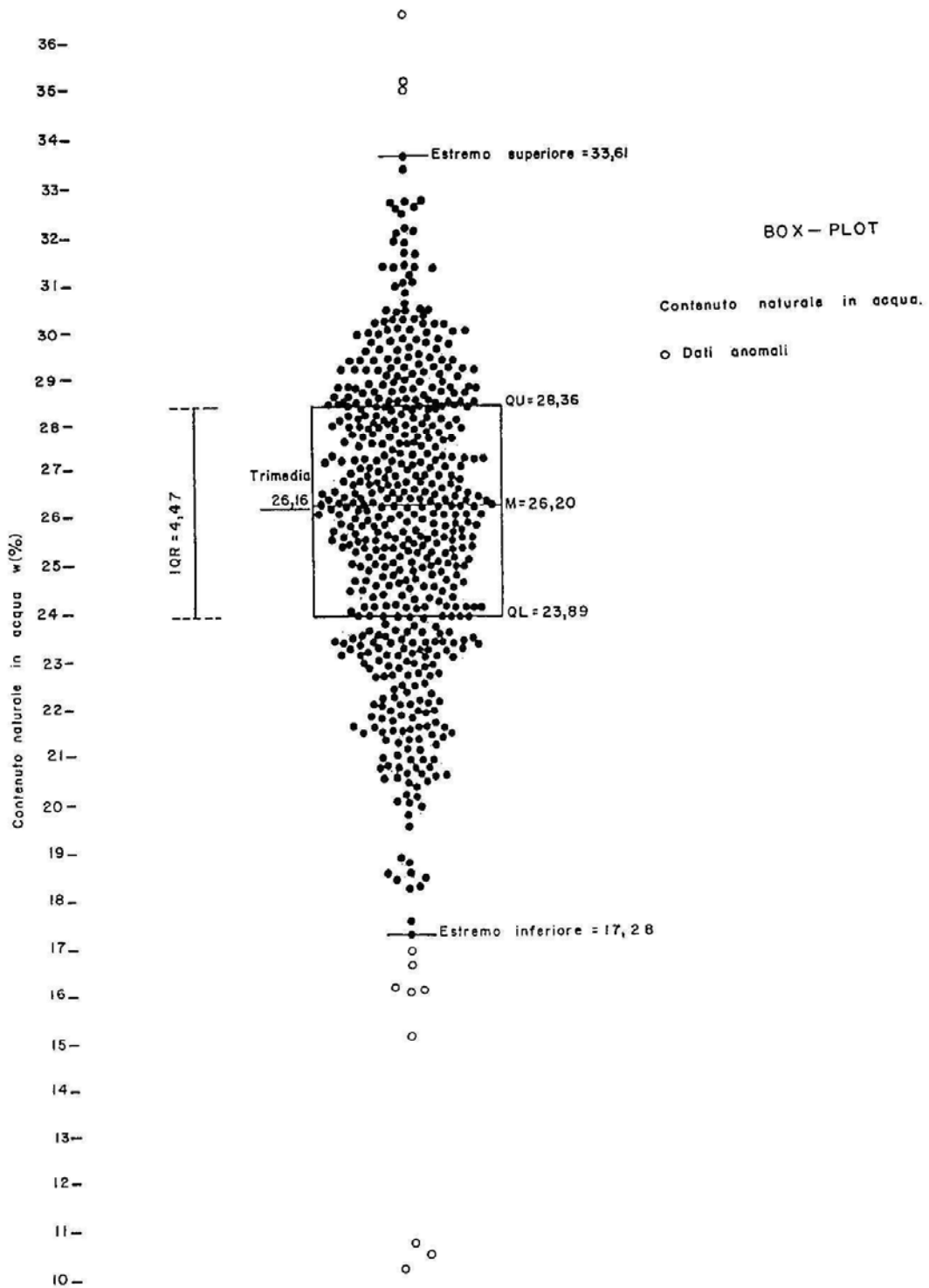


Fig. 6.10

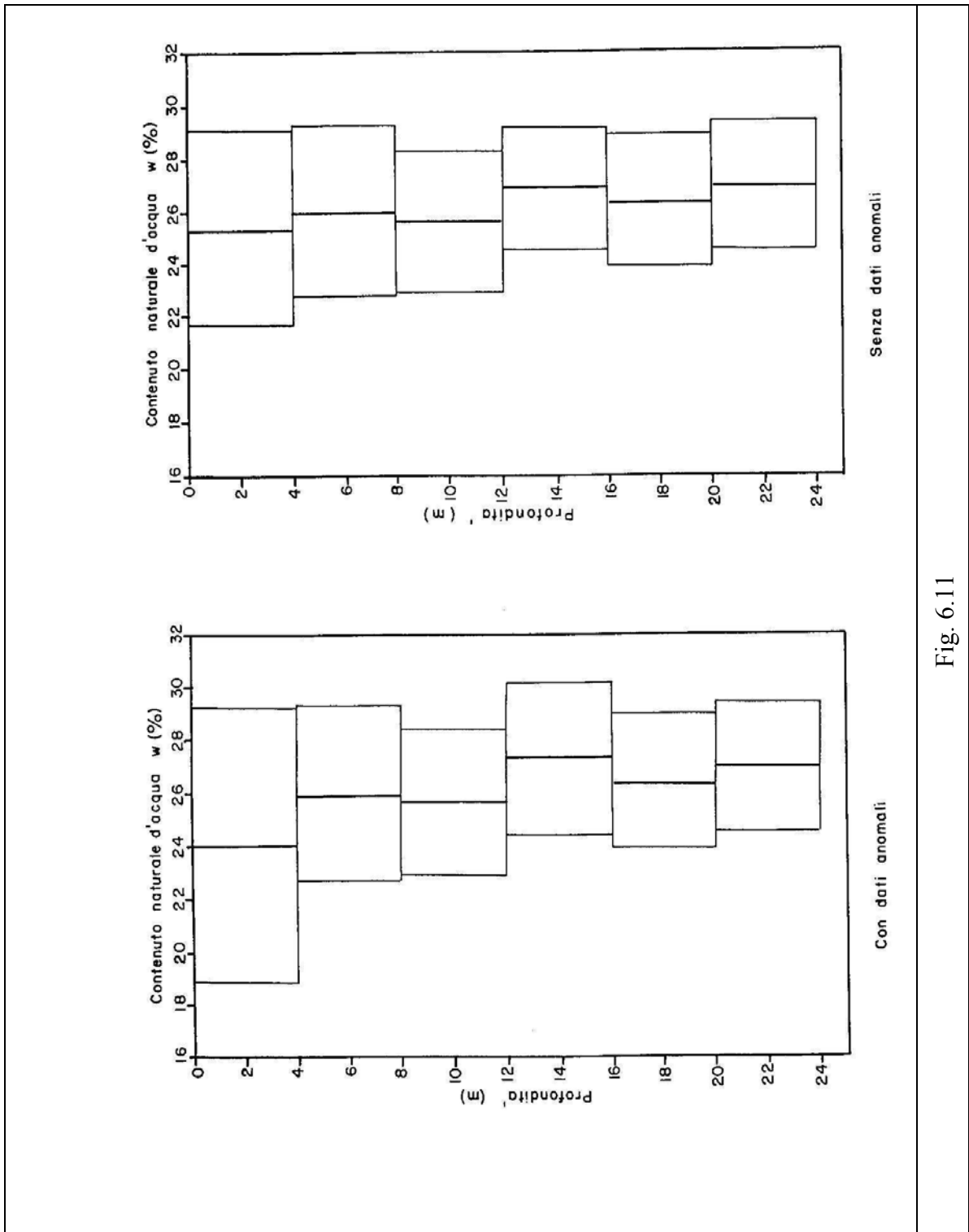


Fig. 6.11

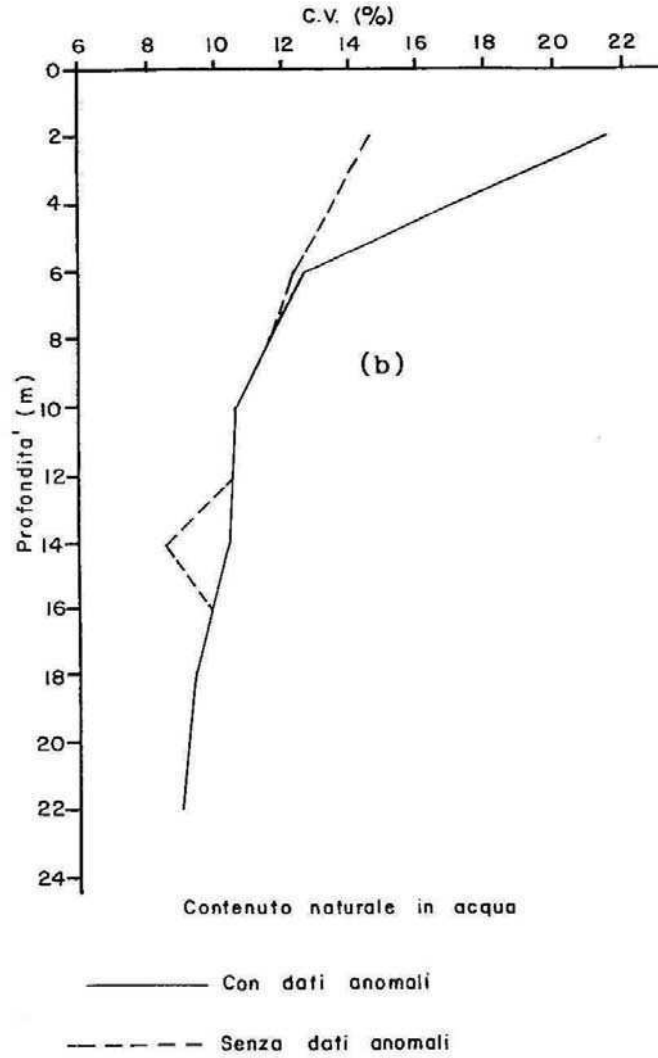
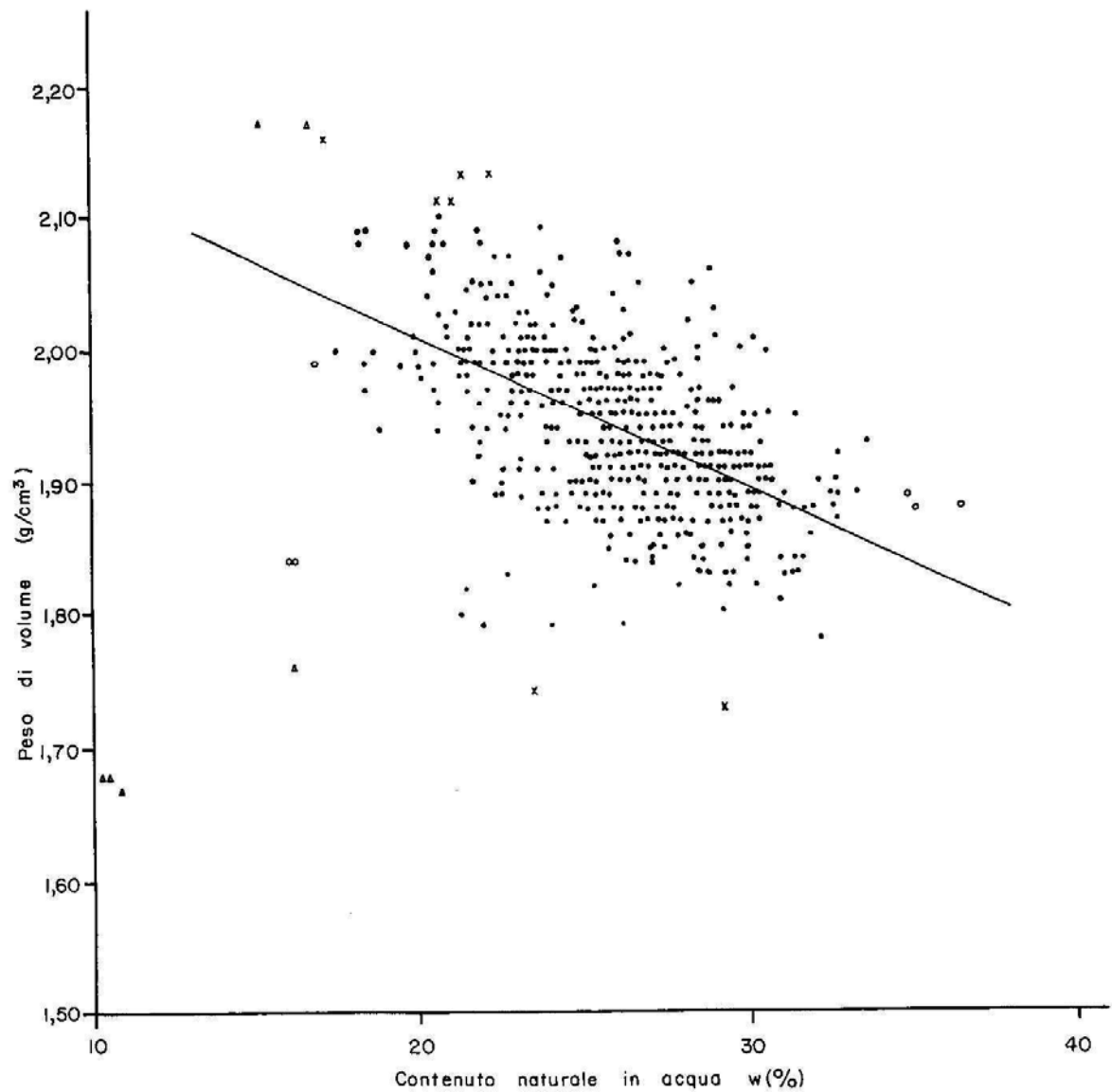


Fig. 6.12



Dati anomali: o contenuto in acqua; x peso di volume;
Δ contenuto in acqua e peso di volume.

Fig. 6.13

Caratteristiche di resistenza al taglio

Sono state valutate in termini di tensioni totali ed in termini di tensioni effettive sia da prove triassiali che da prove di taglio diretto.

Parametri di resistenza in termini di tensioni totali

** Prove triassiali consolidate non drenate*

I risultati dei 48 provini esaminati hanno fornito nel piano p-q una retta di correlazione caratterizzata da una intercetta pari a 0.35 kg/cm^2 e da una pendenza di 16.5° (Fig. 6.14). Il coefficiente di correlazione è risultato pari a 0.85. Sfruttando il legame tra tale retta e la curva di involuppo di Mohr si è definito un angolo di attrito pari a 17.2° ed una coesione di 0.37 kg/cm^2 . In Fig. 6.15 sono riportati i cerchi di Mohr dei provini analizzati e la retta di involuppo media.

I valori delle pressioni interstiziali misurati nel corso delle prove hanno consentito la determinazione del coefficiente "A" di Skempton. La rappresentazione di "A" in funzione delle deformazioni rivela che la maggior parte dei provini raggiunge valori massimi, per lo più compresi nell'intervallo 0.20-0.50, per deformazioni dell'ordine dell'1% (Fig. 6.16). Presenti, in percentuale poco significativa, valori di "A" prossimi o superiori all'unità. Le curve A- ϵ presentano l'andamento tipico delle argille sovraconsolidate.

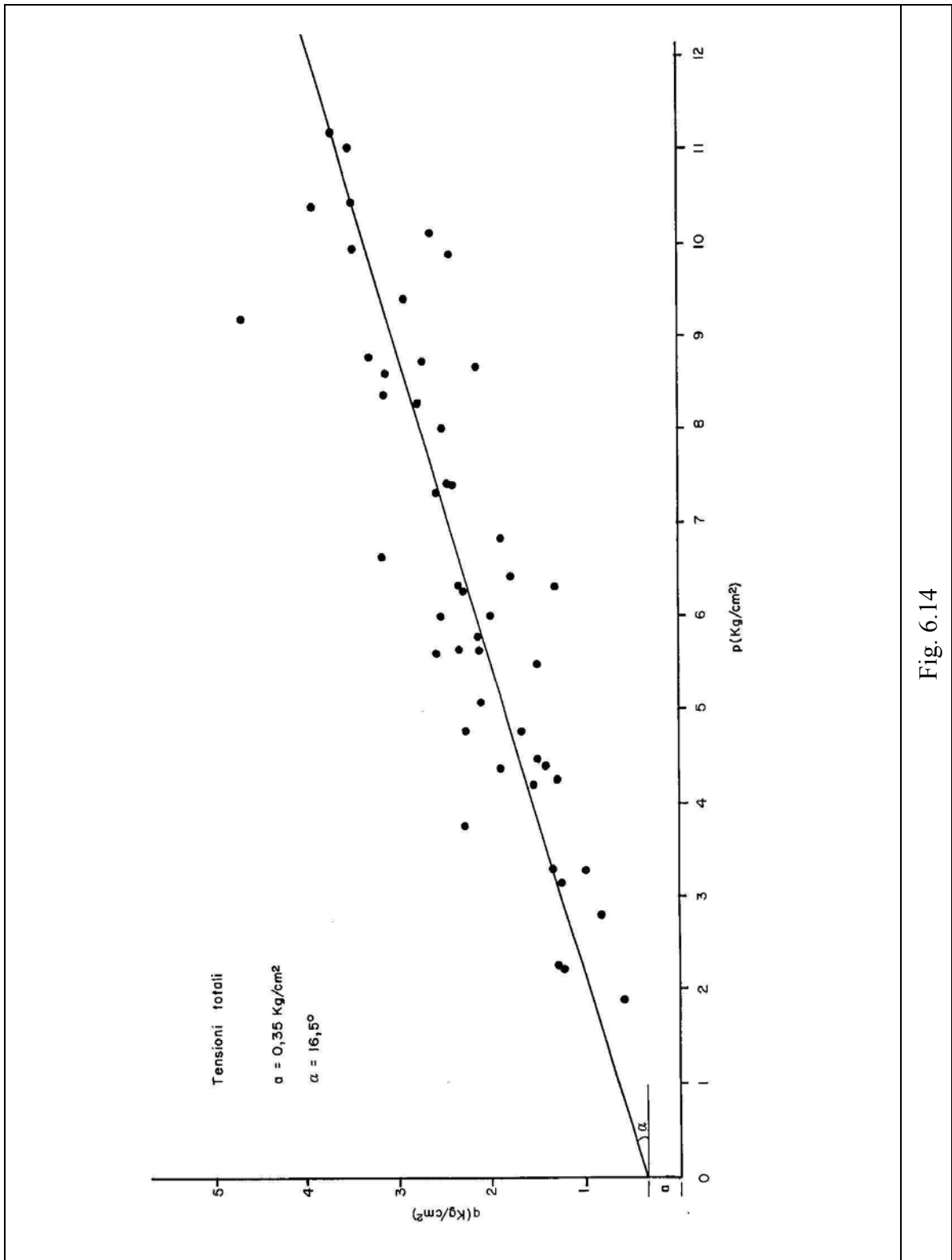


Fig. 6.14

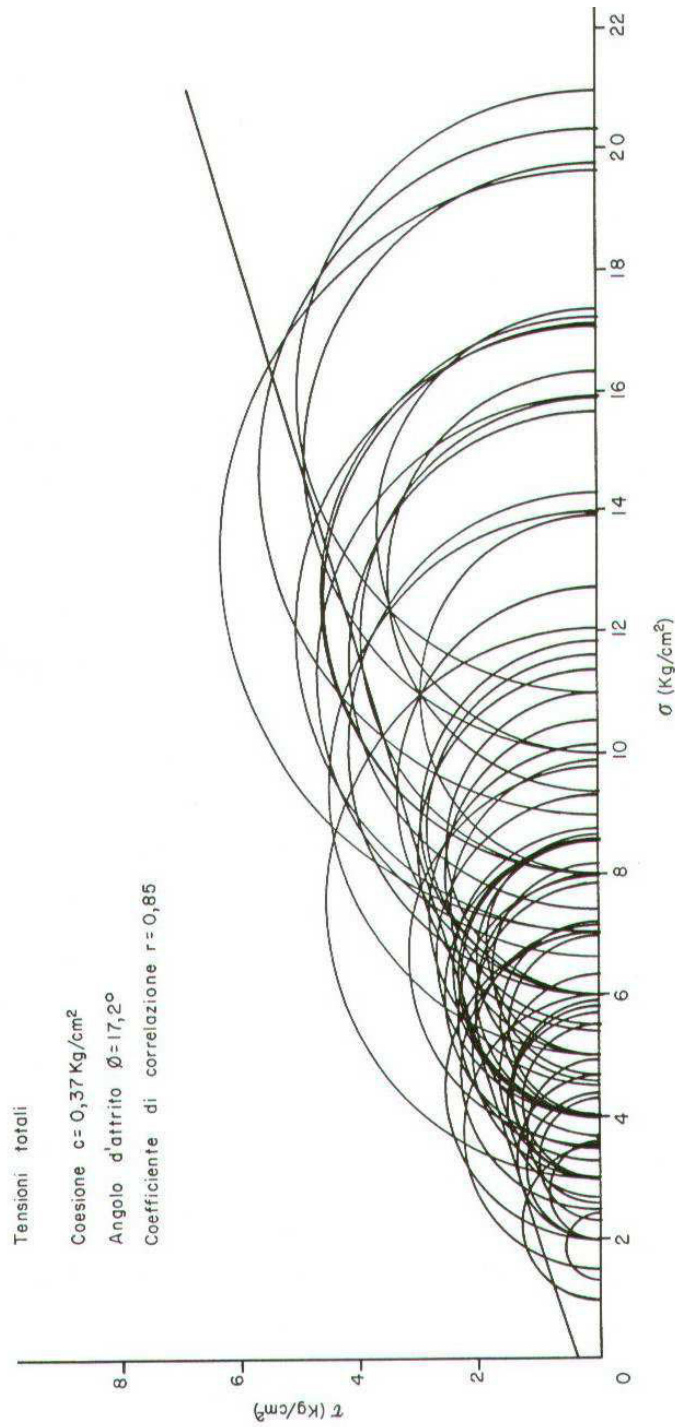


Fig. 6.15

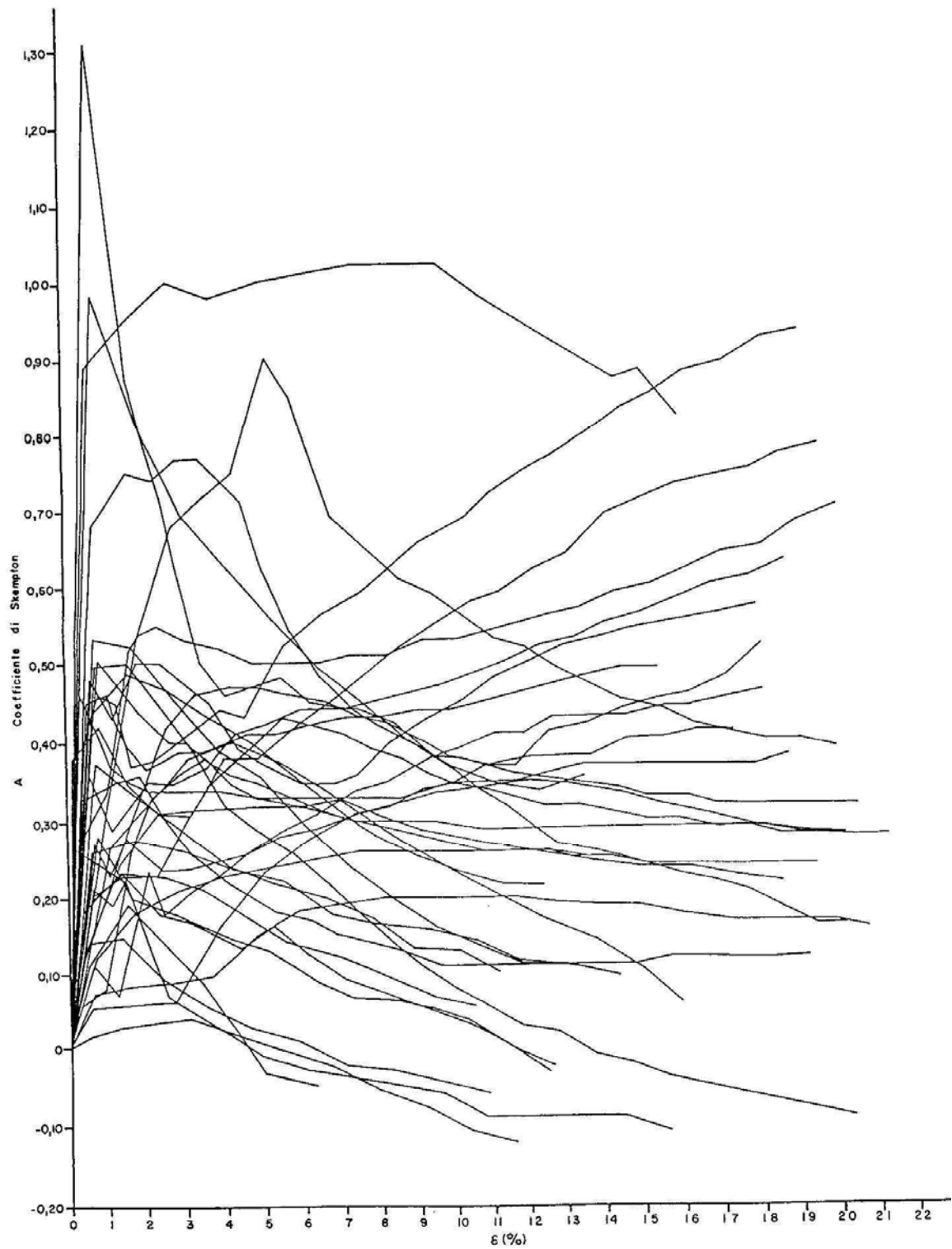


Fig. 6.16

* *Prove triassiali non consolidate non drenate*

Sono stati analizzati 147 provini. Il valore minimo è risultato pari a 0.08 kg/cm^2 , il massimo a 5.9 kg/cm^2 . L'elaborazione statistica ha dato i seguenti valori dei parametri caratteristici:

media: 2.06 kg/cm^2

deviazione standard: 1.15 kg/cm^2

L'analisi della distribuzione con la profondità (Fig. 6.17) rivela un andamento irregolare con valori medi più bassi nelle classi di profondità 0.00-4.00 m, 8.00-12.00m. Il coefficiente di variazione raggiunge valori del 65% circa (Fig. 6.18). L'analisi senza dati anomali porta ad una sensibile riduzione di ampiezza degli intervalli di variazione.

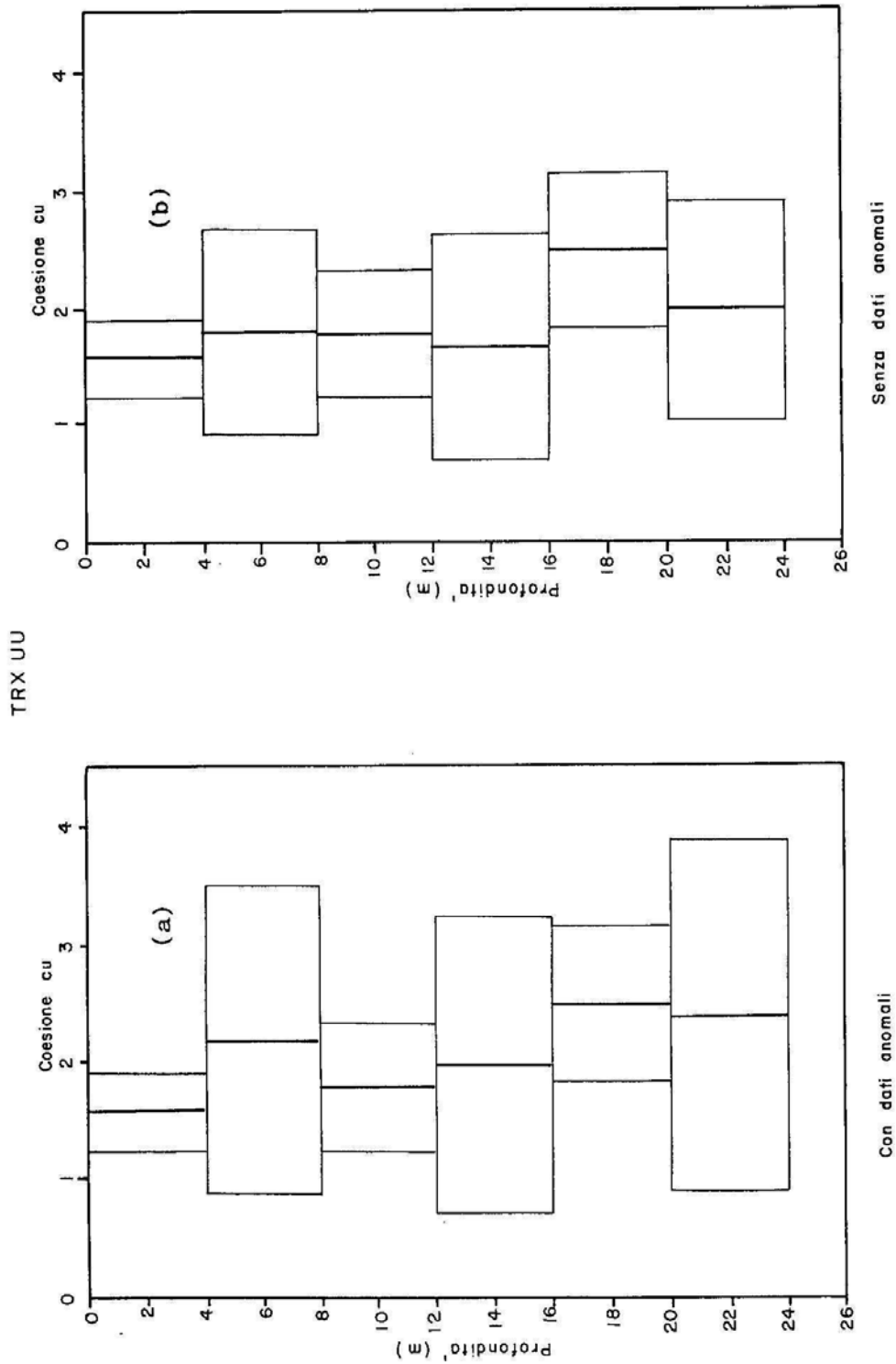


Fig. 6.17

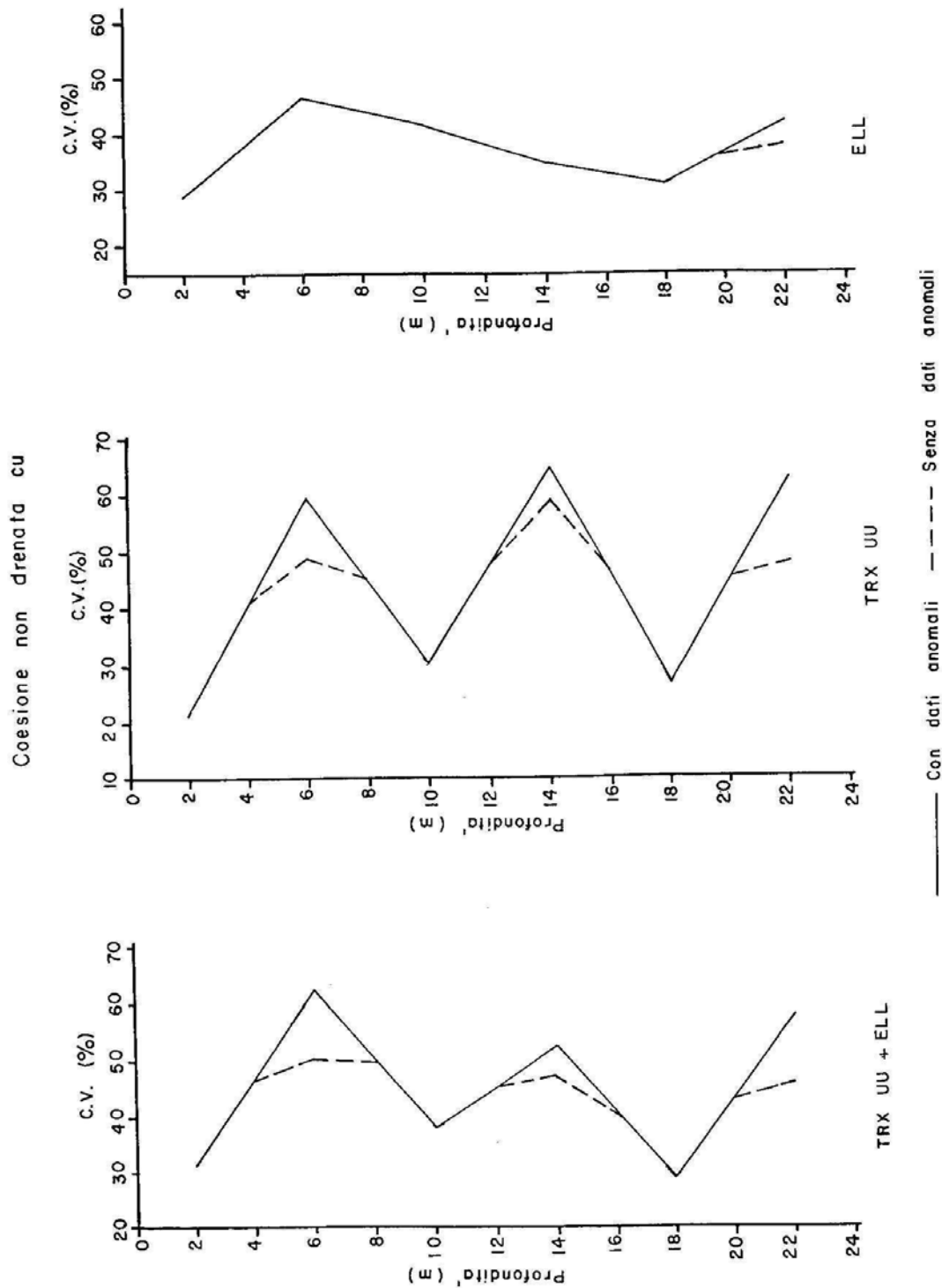


Fig. 6.18

* *Prove ad espansione laterale libera*

Le determinazioni sperimentali sono relative a 89 provini. I valori oscillano tra 0.13 kg/cm^2 e 4.62 kg/cm^2 , con media di 1.9 kg/cm^2 e deviazione standard di 0.86 kg/cm^2 . La Fig. 6.19 rivela un andamento medio crescente con la profondità. Dati anomali sono presenti tra 20.00-24.00 m. Il coefficiente di variazione assume valori massimi del 47% circa.

Con l'insieme dei dati TRX UU e dei dati ELL si è effettuato un esame congiunto della coesione non drenata al fine estendere la popolazione di indagine e rendere più significativi e rappresentativi i risultati. Il trattamento unitario coinvolge 236 provini.

La Fig. 6.20 indica che i dati anomali si manifestano per valori superiori a 4.13 kg/cm^2 e sono relativi quasi tutti ai provini triassiali.

L'istogramma di frequenza (Fig. 6.21) evidenzia la presenza di due classi ($1.2-1.8 \text{ kg/cm}^2$; $1.8-2.4 \text{ kg/cm}^2$) ben popolate: Il valore medio è 2.00 kg/cm^2 , la deviazione standard 1.05 kg/cm^2 . Senza i dati anomali la distribuzione tende ad assumere l'andamento della curva di Gauss. Il coefficiente di variazione varia tra il 29% ed il 62% circa.

Le classi di profondità evidenziano che il valore medio più basso si manifesta nella parte più superficiale, quello più alto tra 20.00-24.00 m di profondità (Fig. 6.22a). L'analisi senza dati anomali modifica leggermente l'andamento medio spostando il valore più elevato nella classe 16.00-20.00 m (Fig. 6.22b).

In Fig. 6.23 è rappresentato l'andamento della coesione non drenata (c_u) con la profondità (z). La ricerca di una legge di correlazione di tipo lineare porta ad un valore

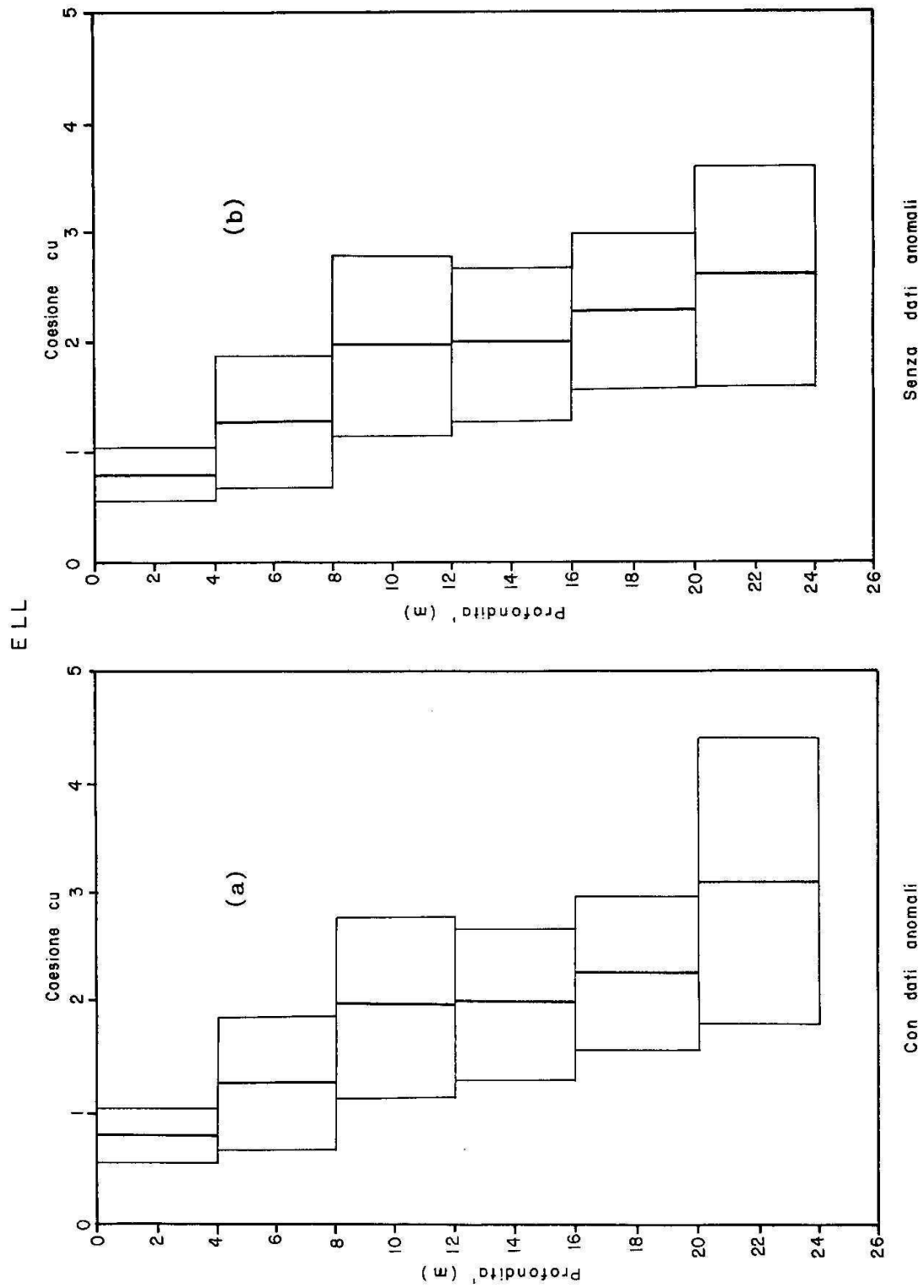


Fig. 6.19

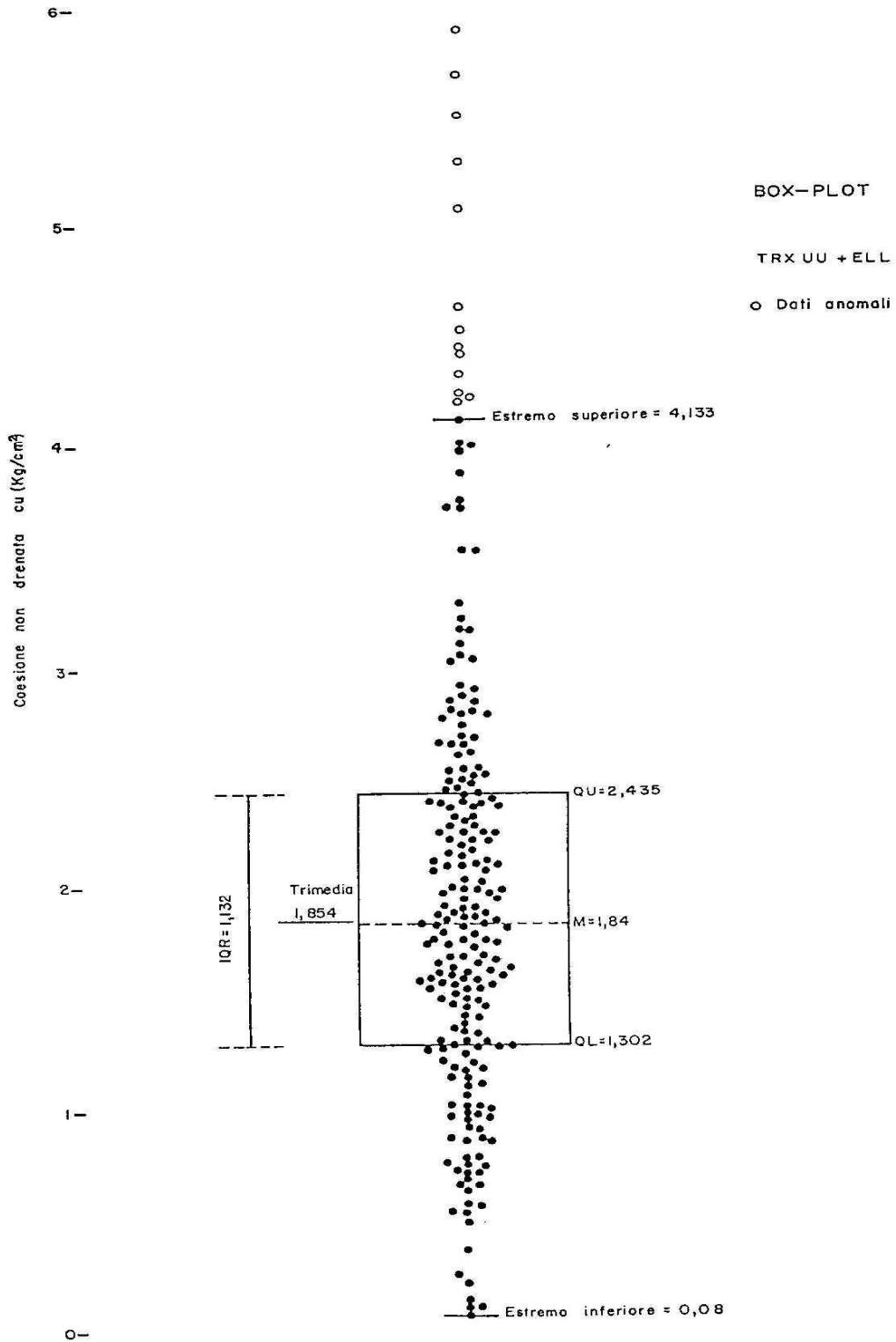


Fig. 6.20

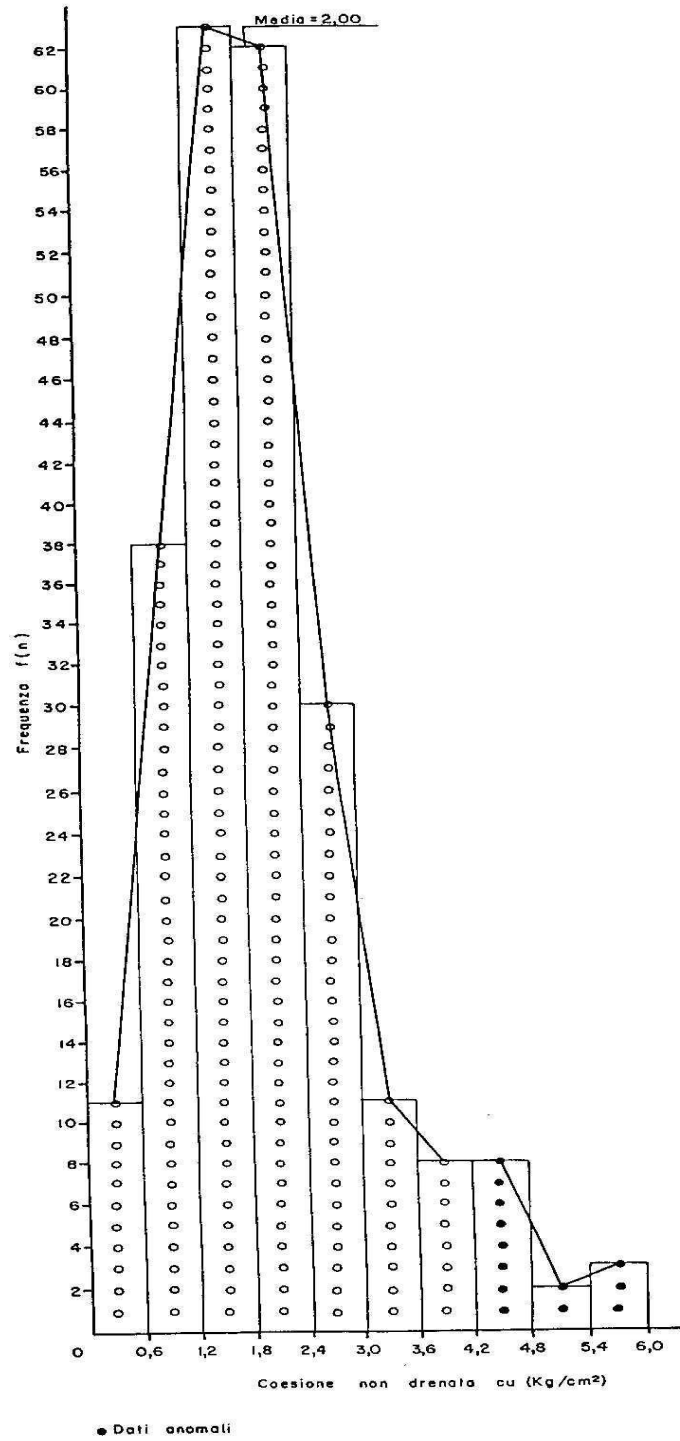


Fig. 6.21

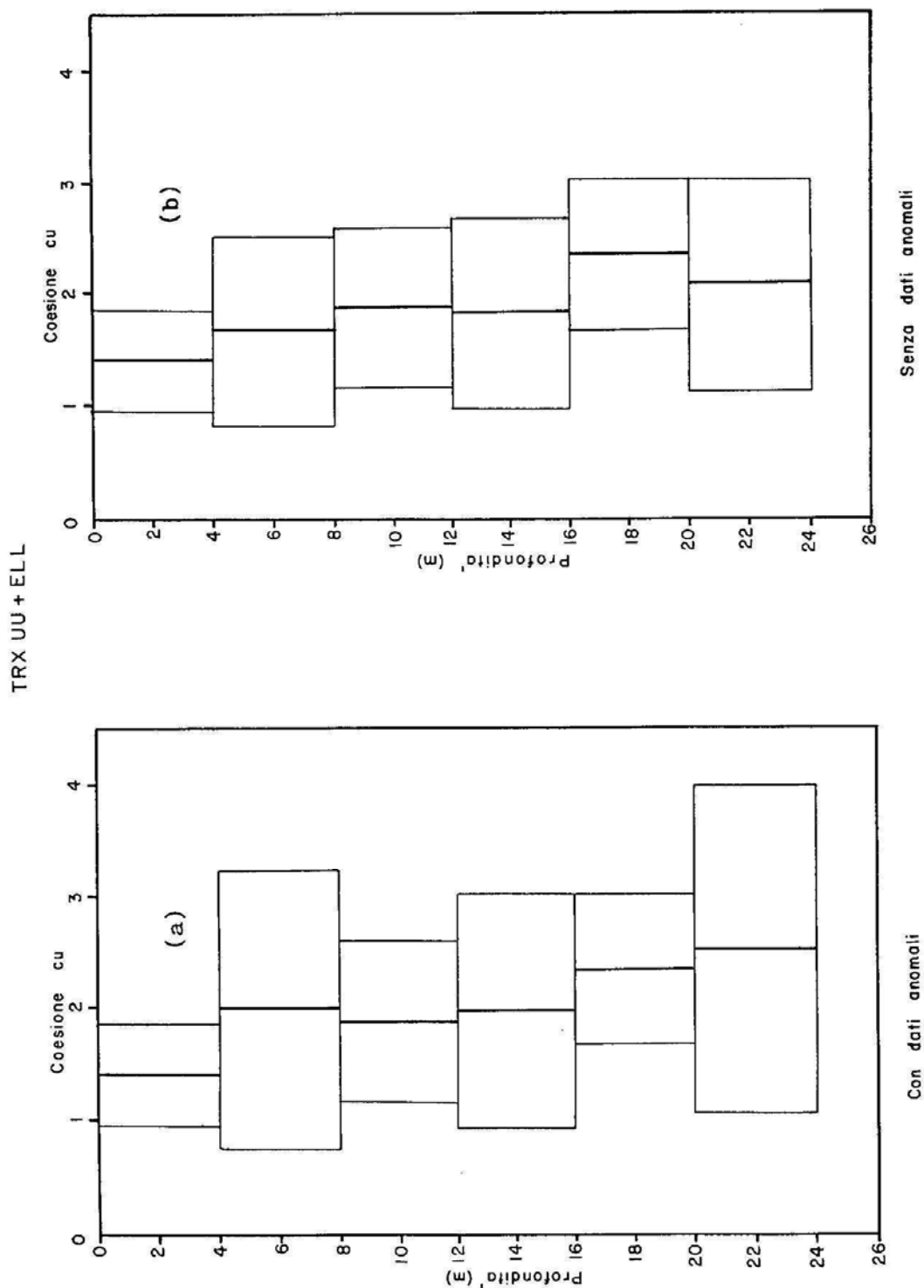


Fig. 6.22

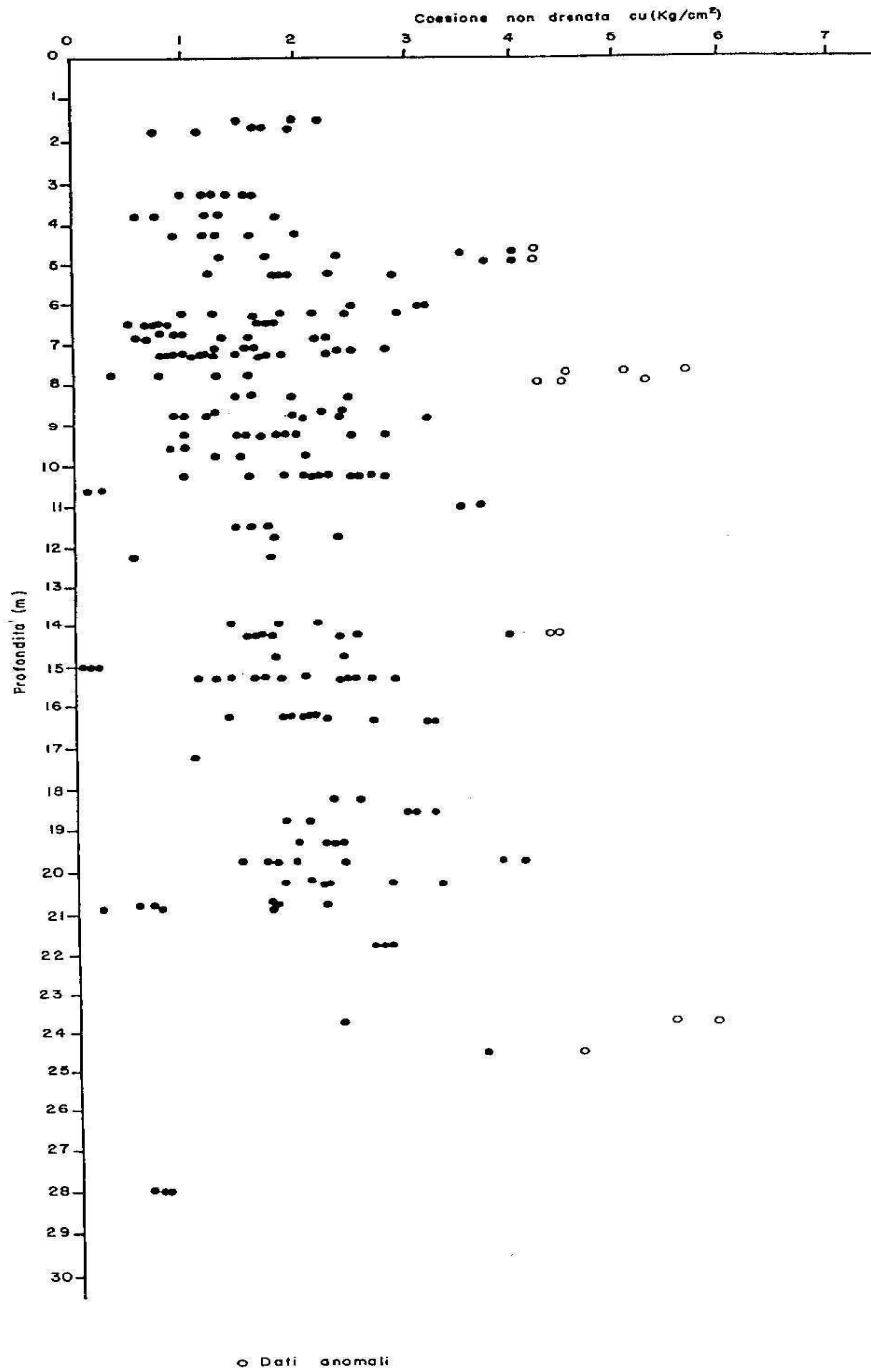


Fig. 6.23

molto basso del coefficiente di correlazione, pari a 0.174 e ad una retta rappresentativa di equazione $c_u = 1.66 + 0.03 z$.

La relazione tra coesione non drenata e contenuto naturale in acqua (w), eliminando i dati anomali, definisce una nuvola di valori la cui retta media rappresentativa, di tipo lineare, mette in luce l'andamento decrescente di c_u all'aumentare di w (Fig. 6.24).

La dipendenza della resistenza non drenata dal peso di volume (γ) conduce, in assenza di dati anomali, ad una relazione di tipo lineare (Fig. 6.25) che evidenzia un incremento di c_u al crescere di γ .

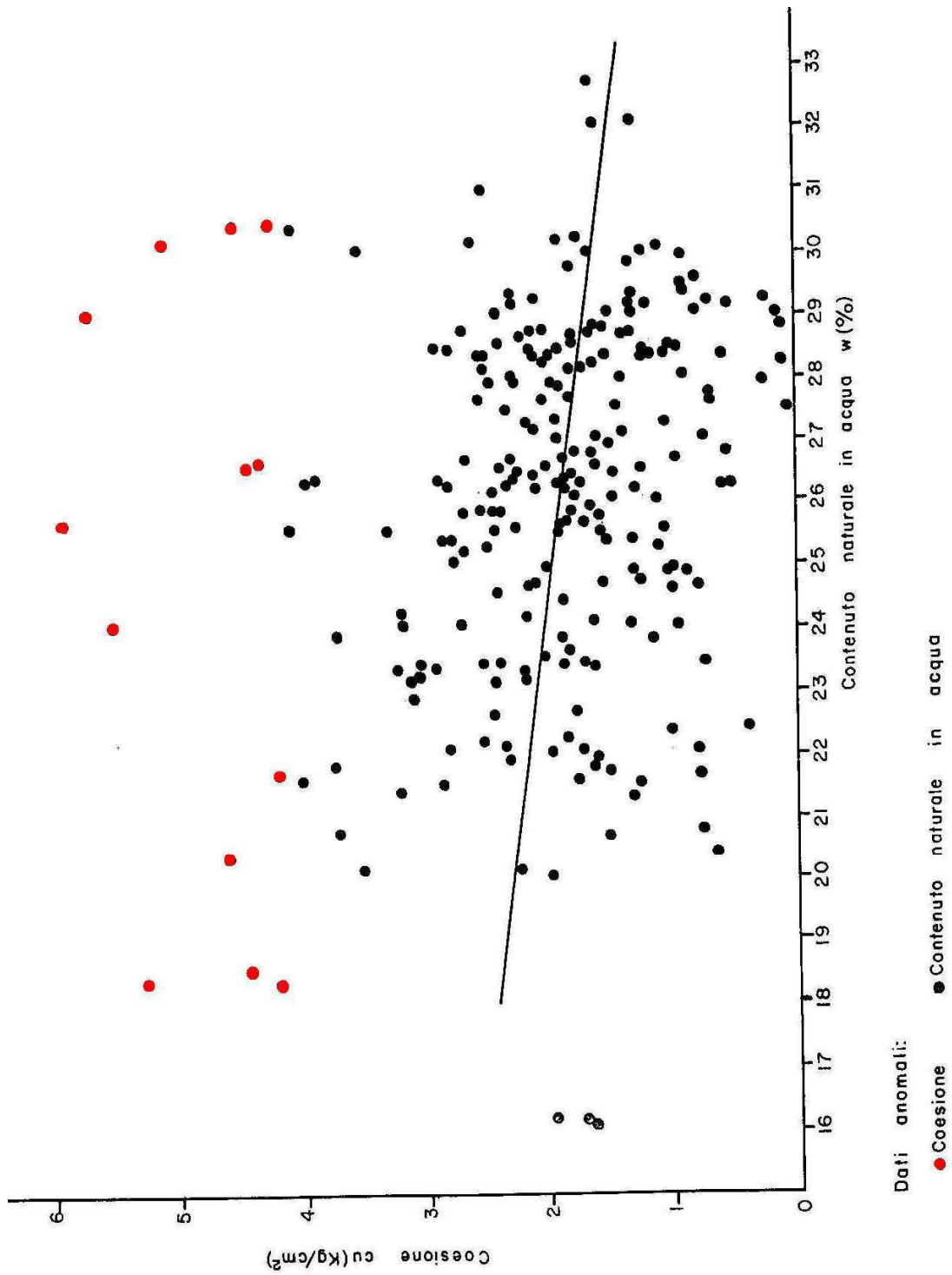


Fig. 6.24

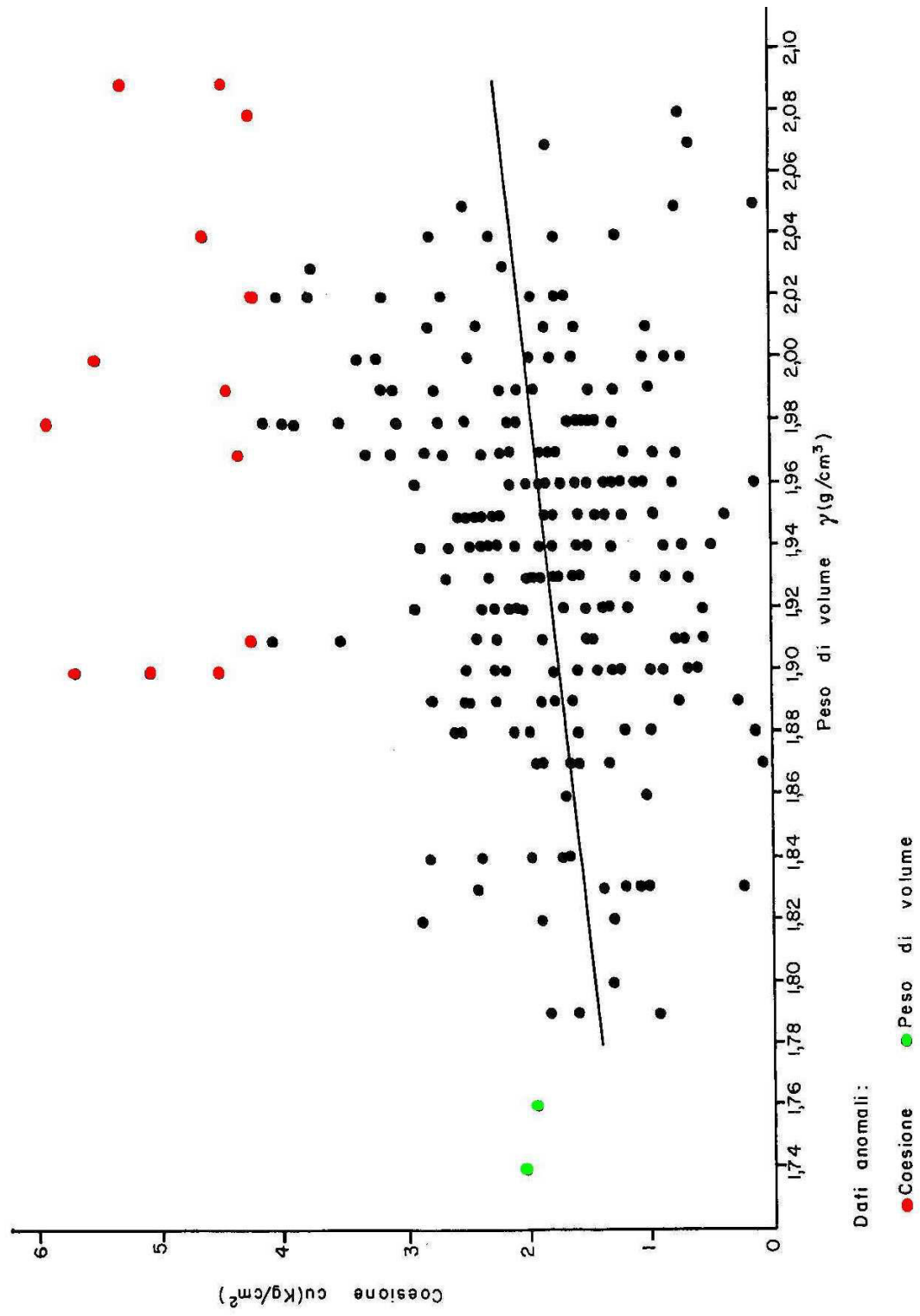


Fig. 6.25

* *Prove di taglio diretto*

Le rilevazioni sono inerenti a 240 provini. L'elaborazione dei dati sperimentali ha portato all'individuazione, nel piano $\tau - \sigma$, che esprime la relazione tra sollecitazioni al taglio e relative pressioni verticali, di una retta, rappresentativa del comportamento meccanico medio, che definisce una coesione pari a 0.548 kg/cm^2 ed un angolo di attrito di 16° circa (Fig. 6.26).

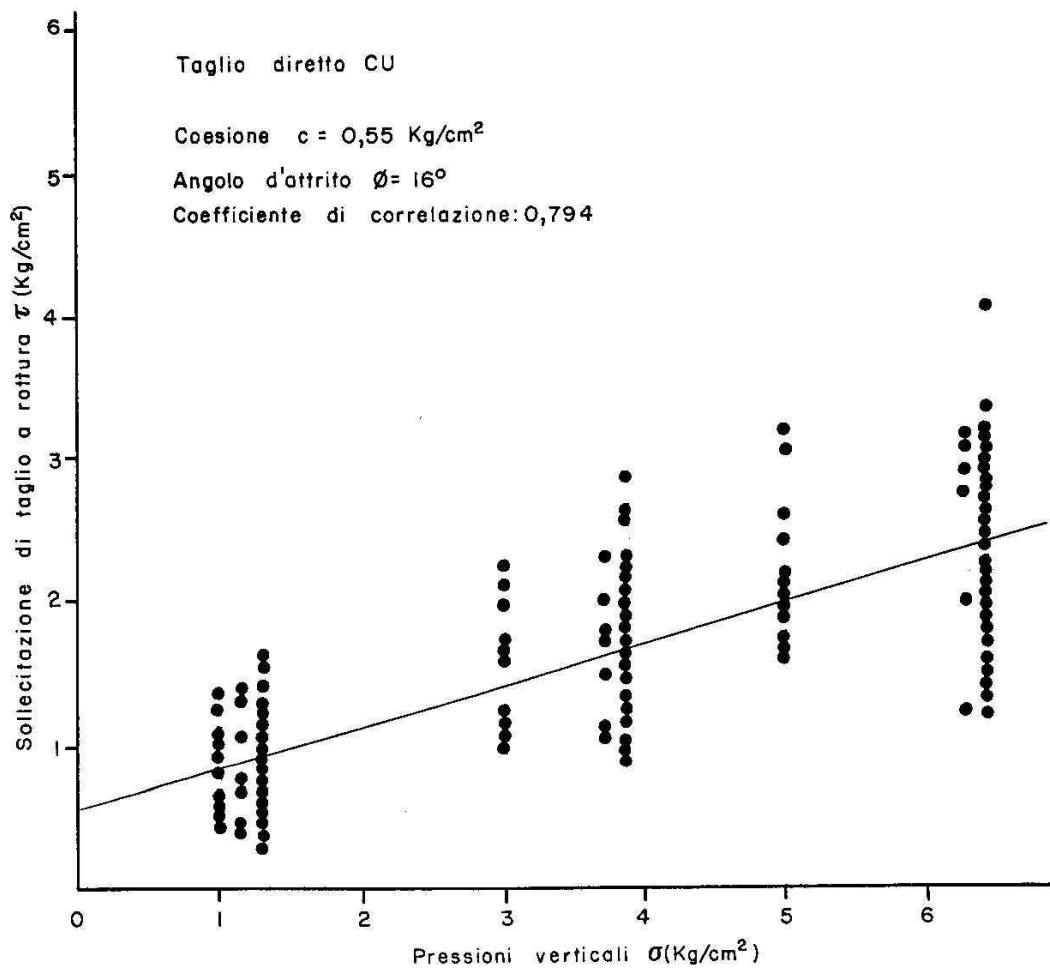


Fig. 6.26

Parametri di resistenza in termini di tensioni effettive** Prove triassiali*

Dalle prove consolidate non drenate, attraverso la rilevazione delle pressioni interstiziali, è stato possibile determinare le tensioni effettive adottando la relazione:

$$\sigma' = \sigma - u$$

con

σ' = tensione effettive

σ = tensione totale

u = pressione interstiziale

Dalle elaborazioni eseguite (Figg. 6.27-6.28) si è ottenuta una coesione di 0.13 kg/cm² ed un angolo di attrito di 24.4°. Il coefficiente di correlazione è risultato pari a 0,74.

** Prove di taglio diretto*

L'analisi è stata condotta su un numero di 81 provini. La retta di regressione ha definito una coesione di 0.32 kg/cm² ed un angolo di attrito di 19.7° (Fig. 6.29).

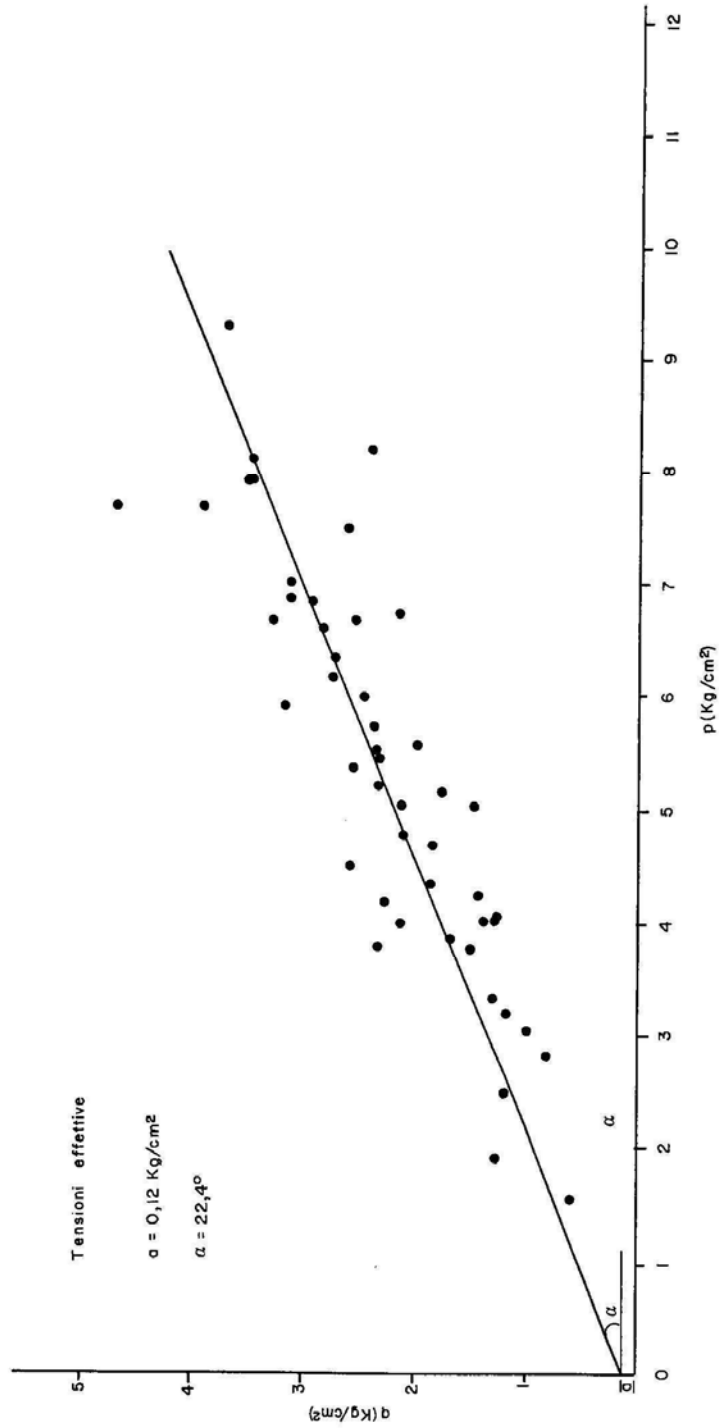


Fig. 6.27

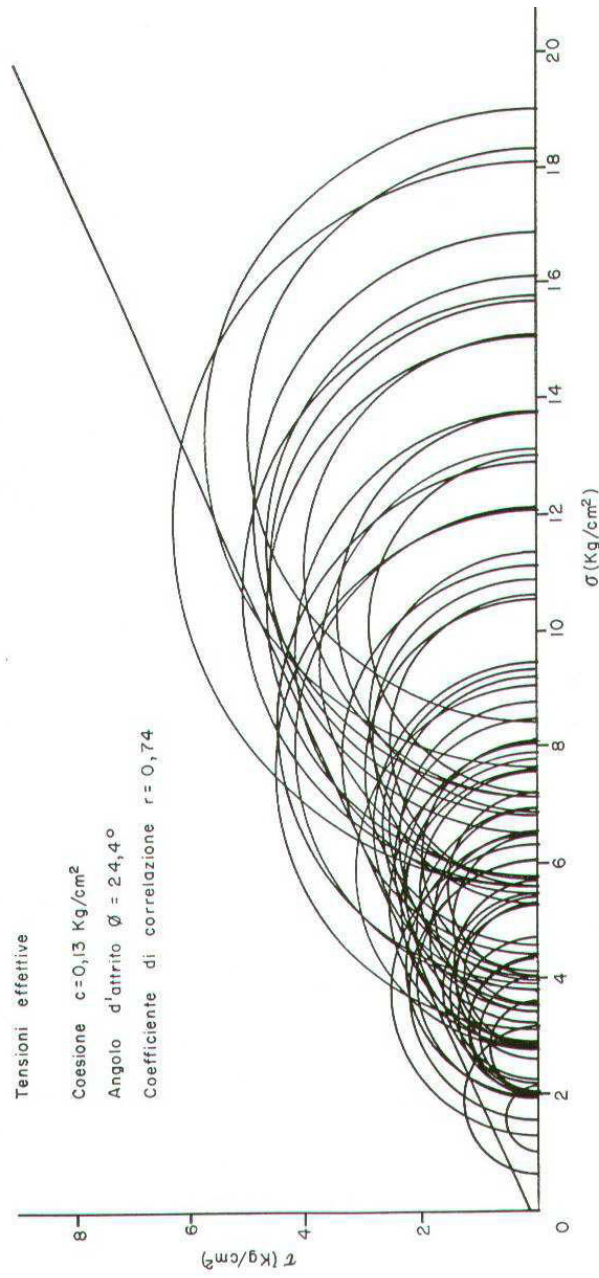


Fig. 6.28

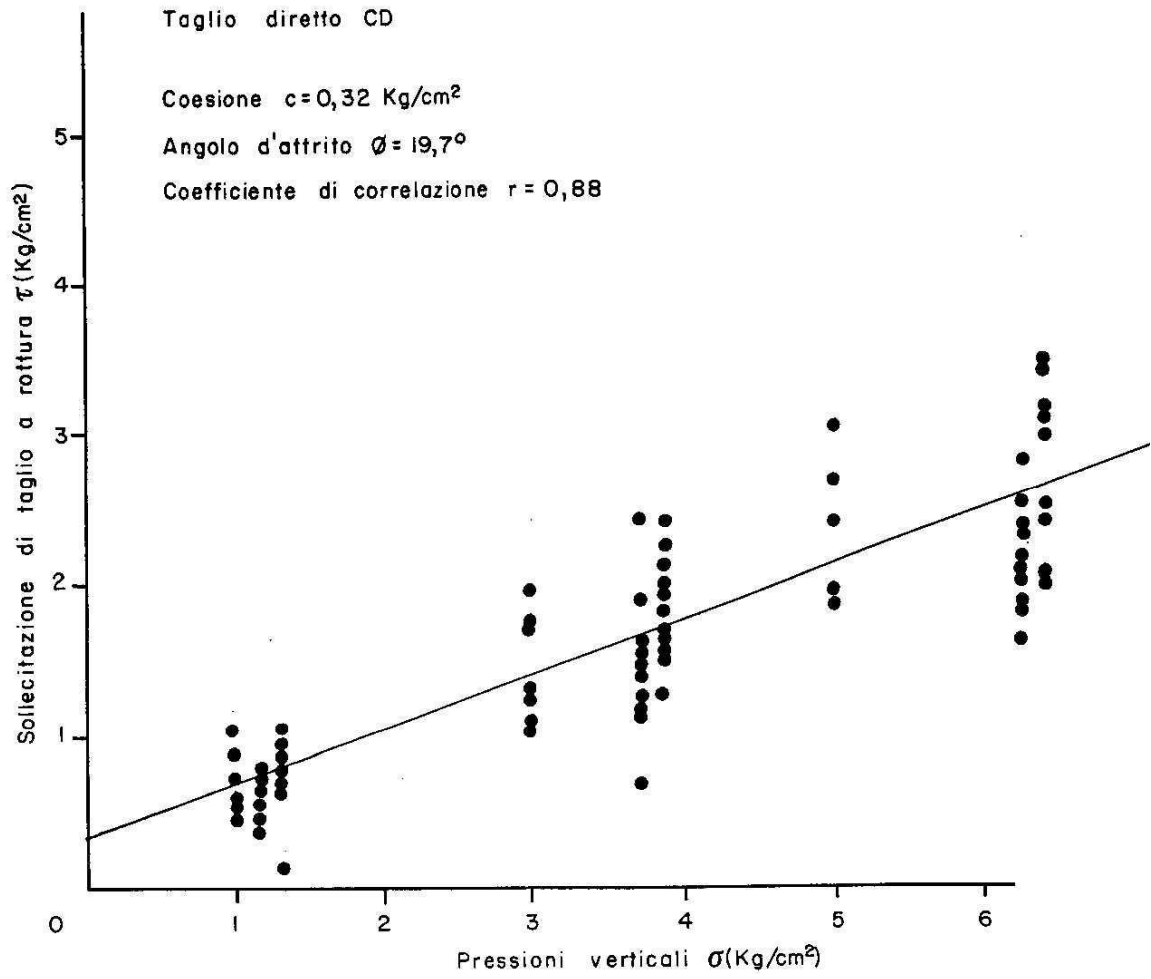


Fig. 6.29

Pressione di preconsolidazione

La determinazione della pressione di preconsolidazione dei terreni argillosi è stata effettuata con tre procedimenti diversi:

- metodo di Casagrande
- metodo di Silva
- metodo di Sridharan

I valori scaturiti dall'applicazione dei tre metodi descritti sui campioni analizzati sono riportati, in funzione della profondità di prelievo dal piano campagna, in Fig. 6.30.

Dall'analisi dei risultati si evince che i valori più elevati della pressione di preconsolidazione sono quasi sempre forniti dal metodo di Casagrande, come è ben evidenziato anche dalla Fig. 6.31.

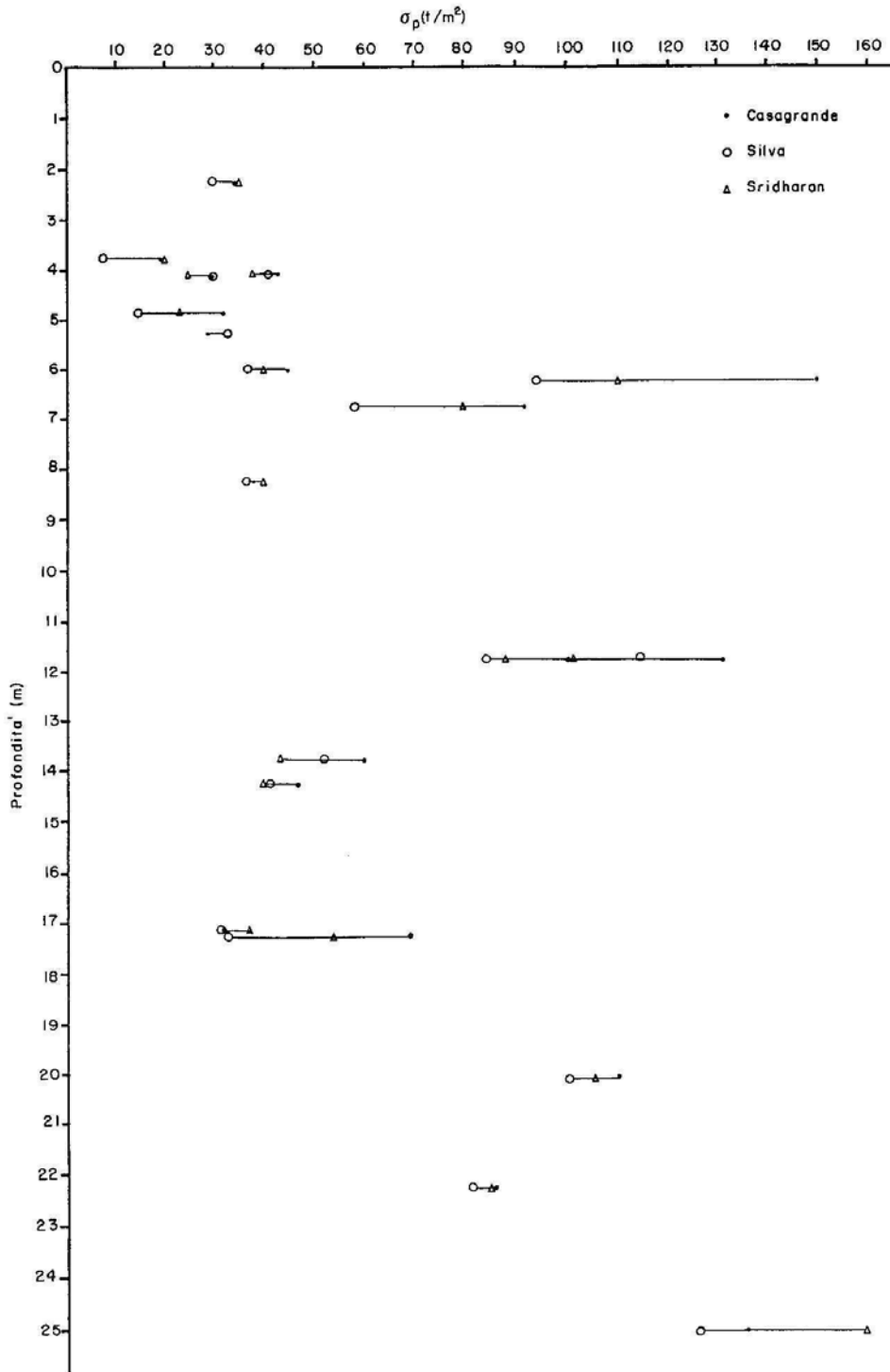


Fig. 6.30

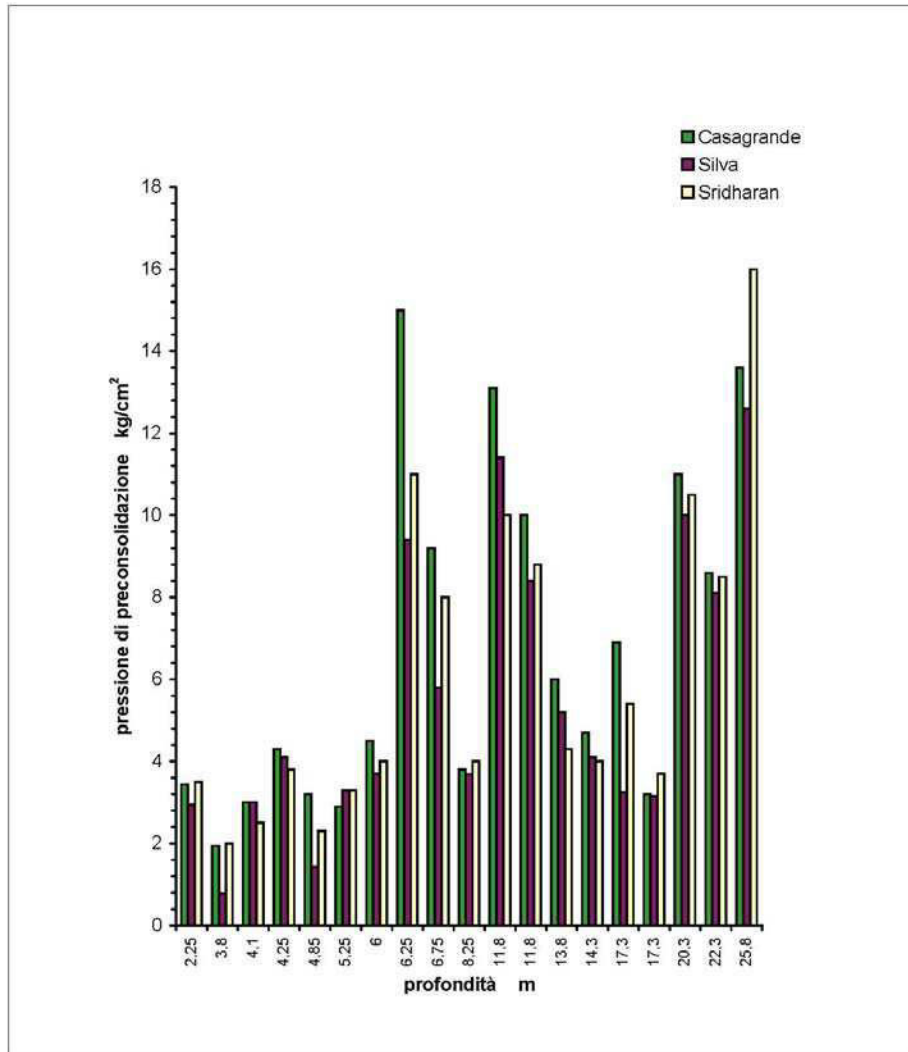


Fig. 6.31

Grado di sovraconsolidazione

E' stato determinato assumendo come pressione di preconsolidazione quella dedotta dall'applicazione del metodo di Casagrande e come peso di volume per il calcolo della pressione litostatica il valore di 1.0 t/m^3 .

In tali condizioni operative i valori di OCR sono risultati variabili tra 1 e 15 circa. Il loro andamento con la profondità è indicato in Fig. 6.32. I valori più elevati, superiori a 10, provengono dai campioni prelevati nella parte più superficiale, 2-7 m di profondità dal p.c.e e sono influenzati tra l'altro dalle variazioni tensionali connesse ai fenomeni di evaporazione e di capillarità.

Dalla ricerca statistica della curva media della distribuzione dei valori a disposizione è emerso che la funzione matematica più rappresentativa, con il coefficiente di correlazione R più alto, pari a 0.562, è data dalla seguente relazione: $y = 18,49x^{-0,4842}$.

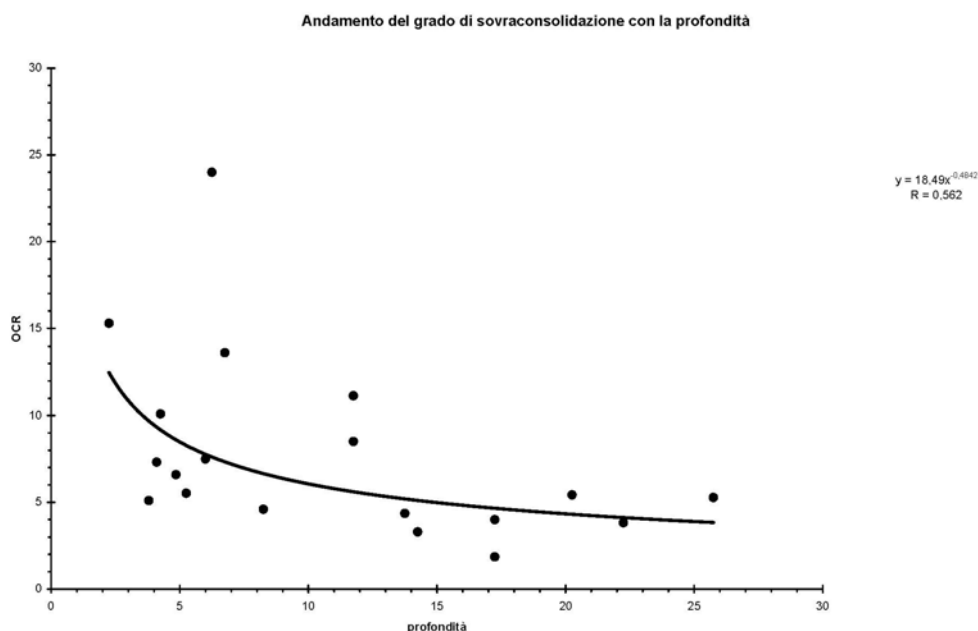


Fig. 6.32

6.2 Caratteristiche geotecniche delle Calcareniti.

La determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche di queste rocce tenere è stata fatta sulla base di prove di laboratorio su provini prelevati in occasione di una ricerca scientifica condotta dal prof. Rinaldo Genevois (Università degli Studi di Padova), dalla prof.ssa Monica Ghiotti (Università degli Studi di Bologna) e dallo scrivente ing. geol. Michele Lupo.

Sulla base delle caratteristiche generali della formazione calcarenitica sono state individuate otto stazioni di campionamento ritenute rappresentative dell'intera area d'indagine e significative per gli obiettivi della ricerca.

Per il prelievo è stato utilizzato una carotatrice elettrica con un "fioretto carotatore", del diametro di 40 mm ed altezza di 200 mm, dotato di corona diamantata. Il diametro del fioretto è stato scelto sulla base della composizione granulometrica del materiale roccioso, considerando che il diametro dei provini deve essere almeno 20 volte la dimensione media dei grani costituenti la roccia.

Dai campioni estratti sono stati preparati provini cilindrici del diametro di 33 mm. Per le stazioni 5-6-7, data la facile disgregabilità della roccia, sono stati prelevati blocchetti dalla roccia affiorante, dai quali sono stati ricavati provini cubici (stazione 7) o provini cilindrici, utilizzando fioretti a pareti sottili (stazioni 5 e 6).

Le analisi di laboratorio sono state effettuate su provini in differenti condizioni fisiche:

- provini con un contenuto d'acqua naturale;
- provini essiccati in stufa, a 105° per 48 ore;

- provini saturati con immersione in acqua per 48 ore, dopo aver estratto l'aria mediante pompa a vuoto.

Caratteristiche fisiche

Sui provini sono stati determinati: il peso di volume apparente (γ_a), il peso di volume secco (γ_d), il peso di volume saturo (γ_{sat}), il contenuto d'acqua a rottura.

In maniera indiretta sono stati poi calcolati la porosità (n) e l'indice dei vuoti (e) utilizzando le classiche relazioni:

$$n = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_d}{\gamma_a}$$

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

Nella Figura 6.33 è riportato l'istogramma di frequenza dei valori del peso di volume secco, determinati su un campione di 108 provini. La distribuzione dei valori risultanti, con un massimo nella classe 1.50-1.60 g/cm³, evidenzia la marcata disomogeneità delle calcareniti, mentre l'andamento fortemente asimmetrico indica che il valore medio non è significativo dal punto di vista della popolazione.

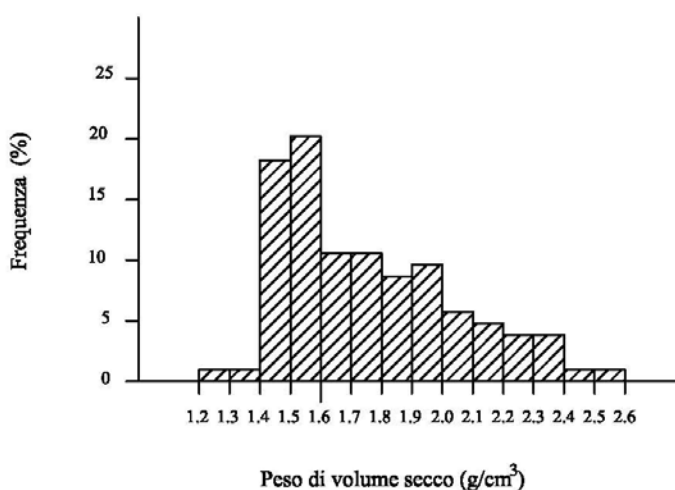


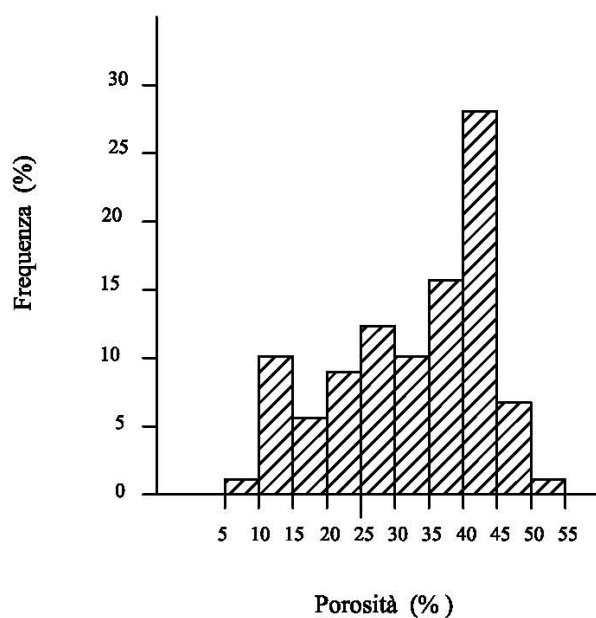
Fig. 6.33 – Istogramma di frequenza del peso di volume secco.

Nella tabella 6.1 sono indicati i valori dei parametri statistici più caratteristici.

Moda	1.71 g/cm ³
Massimo	2.53 g/cm ³
Minimo	1.25 g/cm ³

Tabella 6.1 – Parametri statistici del peso di volume secco.

Anche la porosità presenta un ampio campo di variabilità. Dall'istogramma di Fig. 6.33



risulta un massimo nella classe 40% - 45 %, ma con una distribuzione dei dati alquanto asimmetrica.

Fig. 6.33 – Istogramma di frequenza dei valori di porosità.

Nella tabella 6.2 sono indicati i valori dei parametri statistici della porosità derivati dall'analisi di 89 provini.

Moda	41 %
Massimo	2.53 %
Minimo	1.25 %

Tabella 6.2 – Parametri statistici relativi alla porosità.

Caratteristiche meccaniche

La caratterizzazione meccanica delle calcareniti è consistita nella determinazione della resistenza alla trazione con la prova di trazione indiretta (brasiliiana) e del carico rottura a compressione con prove uniassiali ad espansione laterale libera.

Prova di trazione indiretta

E' stata eseguita solo sui campioni a blocchetti delle stazioni 5 e 6 sui quali è stato possibile preparare provini idonei (diametro = 50.8 mm, spessore 25.4 mm) non ottenibili dal carotaggio diretto in sito. Sono stati analizzati sia provini saturi sia provini preventivamente essiccati.

I risultati delle prove sono riassunti nella tabella 6.3. Dai valori sperimentali si deduce che la resistenza a trazione dei provini saturi è sempre inferiore a quella dei provini secchi. La riduzione di resistenza, pari in media al 7% per il materiale della Cava San Vito, diventa più marcata, dell'ordine del 38%, per i terreni Svincolo Matera Nord.

Dall'esame dei valori sperimentali si osserva una certa correlazione tra la resistenza a trazione σ_t ed il peso di volume secco γ_d : i valori di σ_t crescono, infatti, all'aumentare di γ_d .

Prova di trazione indiretta												
Stazione 5 "Cava San Vito"	Provino n.	1	2	3*	4	5*	6*	7	-	-	-	-
	Resistenza a trazione σ_t kg/cm ²	9,61	14,32	9,72	10,11	9,29	12,66	11,36	-	-	-	-
	Peso di volume secco γ_d g/cm ³	1,44	1,56	1,49	1,50	1,48	1,56	1,50	-	-	-	-
	Resistenza a trazione media in condizioni secche	11,35 ± 1,83										
	Resistenza a trazione media in condizioni sature	10,55 ± 1,5										
	Peso di volume secco medio	1,50 ± 0,04										
Stazione 6 "Svincolo Matera Nord"	Provino n.	1*	2*	3*	4	5	6*	7	8*	9	10	11
	Resistenza a trazione σ_t kg/cm ²	20,35	8,93	8,44	11,66	13,44	12,9	15,38	11,41	31,76	25,81	21,34
	Peso di volume secco γ_d g/cm ³	1,88	1,71	1,73	1,80	1,90	1,88	1,86	1,88	1,95	1,94	1,94
	Resistenza a trazione media in condizioni secche	19,90 ± 7,16										
	Resistenza a trazione media in condizioni sature	12,41 ± 4,29										
	Peso di volume secco medio	1,86 ± 0,08										

* Provini sottoposti a prova allo stato saturo.

Tabella 6.3 – Risultati della prova di trazione indiretta

Prova di compressione uniassiale ad espansione laterale libera.

La prova è stata eseguita su campioni di forma cilindrica, di forma cubica solo per il materiale della stazione 7.

Per confrontare i risultati, i valori di resistenza ottenuti per i provini cubici sono stati corretti utilizzando la relazione proposta da L. Obert e W.I.Duvald (1967):

$$\sigma_c = \sigma_a \left(0.778 + \frac{0.222}{H/D} \right)$$

dove:

σ_c = resistenza a compressione per $H/D \neq 1$

σ_a = resistenza a compressione per $H/D = 1$.

Dalle curve sperimentali tensione-deformazione sono stati ricavati i moduli elastici $E_{t(50)}$ ed E_{sec} . In alcuni casi, dove il dettaglio delle curve sperimentali lo hanno permesso, è stato valutato il modulo tangente iniziale E_0 , valutato nel tratto di curva corrispondente a valori di sollecitazione inferiori alla tensione di serraggio.

Sui provini è stato misurato, quando possibile, il valore dell'angolo di inclinazione del piano di rottura (α).

Con i valori di σ_c e α sono stati ricavati i parametri di resistenza al taglio utilizzando le seguenti relazioni:

$$\phi = 2 * (\alpha - 45^\circ)$$

$$c = \frac{\sigma_c * (1 - \text{sen} \phi)}{2 \cos \phi}$$

dove:

α = angolo fra il piano di rottura e la direzione di sollecitazione principale minima;

ϕ = angolo di attrito interno;

σ_c = carico di rottura;

c = coesione.

Nella tabella 6. 4 è fornito un quadro sinottico dei parametri statistici significativi della variabile σ_c riferiti al totale dei campioni esaminati (insieme delle stazioni di prelievo). I valori ottenuti dai diversi contesti sperimentali (condizione naturale, satura e secca) sono stati tenuti distinti.

Resistenza a compressione uniassiale (kg/cm ²)			
Condizione	Moda	Minimo	Massimo
Naturale	16	4,16	525,08
Satura	57,6	6,17	277,07
Secca	96,69	10,17	141,32

Tabella 6.4 – Parametri statistici riferiti all'intera area d'indagine

L'istogramma di frequenza (Fig. 6.34) dei valori di σ_c in condizioni di umidità naturale indica un andamento fortemente asimmetrico. Pertanto, poiché la distribuzione dei dati non segue la legge gaussiana, non sono stati forniti i valori medi e la deviazione standard.

La correlazione resistenza uniassiale – peso di volume apparente ha fornito una curva (Fig. 6.34) con un buon grado di rappresentatività, caratterizzata da un coefficiente di correlazione pari al 92%.

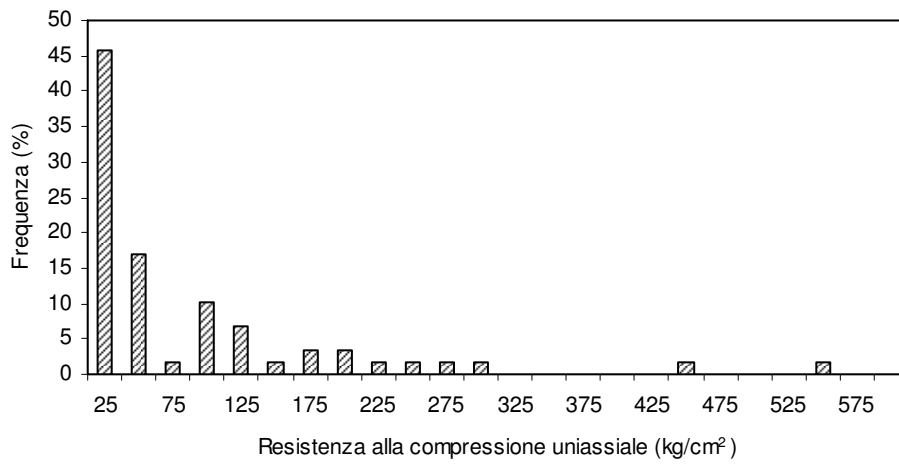


Fig. 6.34 – Istogramma di frequenza percentuale dei valori della resistenza a compressione.

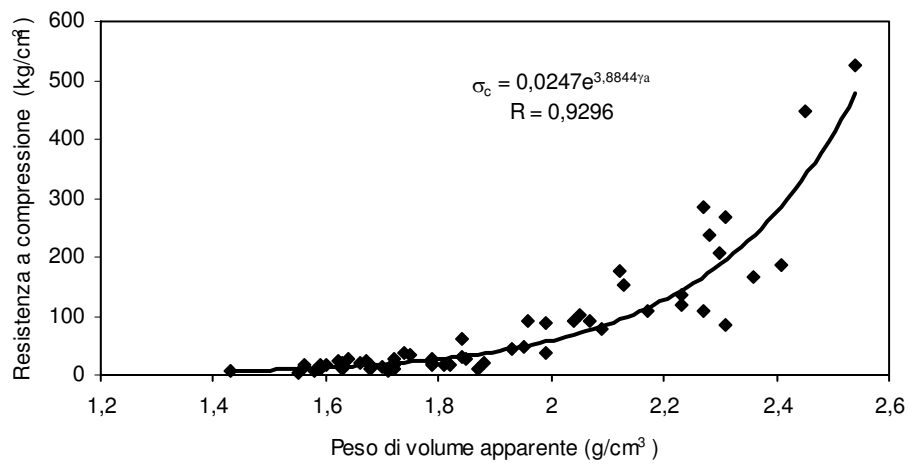


Fig. 6.34 – Relazione tra la Resistenza a compressione uniaassiale e il peso di volume apparente.

6.2.1 Risultati geotecnici delle stazioni di campionamento

Nelle tabelle 6.5 – 6.19 sono riassunti, per ogni singola stazione di campionamento, i risultati delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei provini analizzati.

Stazione 1 "Rione Casalnuovo"						
Caratteristiche fisiche delle calcareniti						
Provino n.	Peso di volume apparente	Peso di volume saturo	Peso di volume secco	Porosità	Indice dei vuoti	Contenuto d'acqua a rottura
	γ (g/cm ³)	γ_{sat} (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	n (%)	e	w (%)
1	2,08	2,17	2,02	15,46	0,18	7,67*
2	2,30	2,34	2,12	21,44	0,27	0,34
3	2,45	2,48	2,34	13,17	0,15	0,34
4	2,42	2,52	2,41	10,69	0,12	1,02*
5	1,84	2,03	1,63	39,53	0,65	8,98
6	1,66	2,02	1,63	39,71	0,66	3,81
7	1,43	1,79	1,25	53,43	1,15	7,94
8	2,13	2,33	2,11	22,02	0,28	0,63
9	1,84	2,08	1,71	36,70	0,58	5,71
10	1,74	2,09	1,73	35,86	0,56	0,90
11	1,45	1,91	1,44	46,63	0,87	18,2*
12	1,68	2,01	1,60	40,86	0,69	5,79
13	2,27	2,40	2,22	17,80	0,22	0,76
14	1,59	1,92	1,47	45,64	0,84	4,74

* Valori a rottura di provini allo stato saturo

Tabella 6.5

Stazione 1 "Rione Casalnuovo"								
Caratteristiche meccaniche								
Provino n.	Carico a rottura	Tensione di serraggio	Modulo elastico iniziale	Modulo elastico tangente	Modulo elastico secante	Angolo di rottura	Angolo di attrito	Coesione
	σ_f (kg/cm ²)	σ_s (kg/cm ²)	E_o (kg/cm ²)	E_t (kg/cm ²)	E_{sec} (kg/cm ²)	α °	ϕ °	c (kg/cm ²)
1*	147,10	20	3500	15770	6350	70	50	26,77
2	207,98	30	5450	17350	13820	75	60	27,86
3	447,56	30	5070	29220	23140	80	70	39,46
4*	277,07	39	6830	24780	16360	75	60	37,12
5	31,26	-	-	4830	4090	70	50	5,69
6	19,83	-	-	3430	2300	-	-	-
7	7,24	-	-	2030	1180	-	-	-
8	151,22	20	6540	11570	10980	60	30	43,66
9	61,15	15	3500	9300	7170	-	-	-
10	38,65	-	-	10710	5570	-	-	-
11*	12,16	-	-	2080	1240	-	-	-
12	16,00	-	-	2900	2210	-	-	-
13	284,97	20	2720	26070	16960	65	40	66,44
14	17,17	-	-	1850	1650	-	-	-

* Provini sottoposti a prova allo stato saturo

Tabella 6.6

Stazione 2 "Vico Casalnuovo"						
Caratteristiche fisiche delle calcareniti						
Provino n.	Peso di volume apparente	Peso di volume saturo	Peso di volume secco	Porosità	Indice dei vuoti	Contenuto d'acqua a rottura
	γ (g/cm ³)	γ_{sat} (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	n (%)	e	w (%)
1	1,72	1,96	1,53	43,44	0,77	12,80
3	1,88	2,05	1,67	38,21	0,62	10,74
4	1,60	1,94	1,49	44,80	0,81	21,83*
5	1,63	1,97	1,54	43,15	0,76	9,12
6	1,79	1,97	1,54	42,99	0,75	8,99
7	1,79	2,01	1,60	40,81	0,69	8,63
8	1,49	1,90	1,43	46,93	0,88	22,42*
9	1,80	2,12	1,79	33,84	0,51	12,37*
10	1,85	2,00	1,58	41,39	0,71	8,84
11	1,62	1,99	1,57	41,86	0,72	1,35
12	1,75	2,02	1,62	39,97	0,67	3,94
13	1,70	1,99	1,57	41,95	0,72	0,20
14	1,60	2,00	1,59	41,13	0,70	0,17
15	1,72	2,08	1,71	36,72	0,58	0,61
16	1,55	1,93	1,48	45,31	0,83	0,15
17	1,67	2,04	1,66	38,58	0,63	0,19
18	1,63	2,01	1,61	40,54	0,68	0,40
19	1,87	1,99	1,58	41,47	0,71	0,21
20	1,79	2,08	1,71	36,62	0,58	0,16
21	1,59	1,99	1,57	41,81	0,72	0,43

* Valori a rottura di provini allo stato saturo

Tabella 6.7

Stazione 2 "Vico Casalnuovo"								
Caratteristiche meccaniche								
Provino n.	Carico a rottura	Tensione di serraggio	Modulo elastico iniziale	Modulo elastico tangente	Modulo elastico secante	Angolo di rottura	Angolo di attrito	Coesione
	σ_t	σ_s	E_0	E_t (kg/cm ²)	E_{sec}	α	ϕ	c
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)	°	°	(kg/cm ²)
1	15,84	-	-	1460	1120	-	-	-
2	24,25	3,5	620	4910	2670	65	40	5,65
3*	21,77	-	-	2180	1750	65	40	5,08
4	6,83	-	-	640	470	65	40	1,59
5	11,63	-	-	1350	1190	64	38	2,84
6	18,37	6	780	2390	1140	-	-	-
7	20,32	4,2	630	3290	1630	60	30	5,87
8*	16,18	-	-	1220	940	-	-	-
9*	72,52	-	-	9050	7480	-	-	-
10	26,01	4,5	1100	5780	3310	-	-	-
11	25	4,5	1100	5370	3270	68	46	5
12	34,75	6	780	2970	2090	65	40	8,10
13	14,04	-	-	47	45	-	-	-
14	16	1	120	940	680	-	-	-
15	25,90	1	110	1990	1290	70	50	4,71
16	13,44	2,5	220	980	550	-	-	-
17	23,66	2	110	1080	610	80	70	2,09
18	21,59	5	450	2000	1270	70	50	3,93
19	10,83	1,2	390	950	690	70	50	1,97
20	28,33	3	250	1080	820	70	50	5,16
21	9,70	-	-	450	380	68	46	1,96

* Provini sottoposti a prova allo stato saturo

Tabella 6.8

Stazione 3 "Madonna dell'Idris"						
Caratteristiche fisiche delle calcareniti						
Provino n.	Peso di volume apparente	Peso di volume saturo	Peso di volume secco	Porosità	Indice dei vuoti	Contenuto d'acqua a rottura
	γ (g/cm ³)	γ_{sat} (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	n (%)	e	w (%)
1	1,52	1,93	1,48	45,26	0,83	20,01*
2	1,56	1,98	1,56	42,18	0,73	0,20
3	1,72	2,01	1,60	40,66	0,69	7,38
4	1,71	1,95	1,51	43,92	0,78	7,91
5	2,12	2,29	2,04	24,33	0,32	3,91
6	2,17	2,26	2,01	25,63	0,34	5,86
7	1,85	2,15	1,83	32,22	0,48	10,51*
8	2,05	2,17	1,86	31,17	0,45	6,91
9	2,23	2,31	2,09	22,78	0,29	4,88
10	1,99	2,15	1,82	32,64	0,48	6,78
11	2,31	2,46	2,31	14,30	0,17	2,66*
12	2,07	2,25	1,98	26,67	0,36	2,91
13	1,55	1,97	1,54	42,87	0,75	0,80
14	1,64	2,01	1,60	40,72	0,69	0,29

* Valori a rottura di provini allo stato saturo

Tabella 6.9

Stazione 3 "Madonna dell'Ibris"								
Caratteristiche meccaniche								
Provino n.	Carico a rottura	Tensione di serraggio	Modulo elastico iniziale	Modulo elastico tangente	Modulo elastico secante	Angolo di rottura	Angolo di attrito	Coesione
	σ_f	σ_s	E_o	E_t	E_{sec}	α	ϕ	c
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	°	°	(kg/cm ²)
1*	6,17	-	-	520	400	-	-	-
2	17,09	2,0	150	1420	850	70	50	3,11
3	11,74	0,3	110	2080	1340	60	30	3,39
4	7,78	-	-	630	460	-	-	-
5	175,16	20,0	5160	29890	20560	65	40	40,84
6	109,22	20	2880	12440	6470	58	26	34,12
7*	32,96	4,0	2450	9140	4490	60	30	9,51
8	102,74	10,0	2880	21160	11710	70	50	18,70
9	117,72	15,0	2830	12550	8810	68	46	23,78
10	37,18	6,5	2280	7910	5060	60	30	10,73
11*	143,42	4,0	930	12540	5760	60	30	41,40
12	91,48	14,0	3810	18600	11210	77	64	10,56
13	4,16	-	-	45	30	-	-	-
20	26,40	-	-	1260	1130	60	30	7,62

* Provini sottoposti a prova allo stato saturo

Tabella 6.10

Stazione 4 "Stretto San Vito"						
Caratteristiche fisiche delle calcareniti						
Provino n.	Peso di volume apparente	Peso di volume saturo	Peso di volume secco	Porosità	Indice dei vuoti	Contenuto d'acqua a rottura
	γ (g/cm ³)	γ_{sat} (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	n (%)	e	w (%)
1	1,82	1,96	1,56	42,32	0,73	10,42
2	1,58	1,92	1,46	45,93	0,85	1,99
3	1,99	2,24	1,98	26,78	0,37	1,92
4	1,95	2,07	1,71	36,84	0,58	11,43
5	1,72	2,02	1,61	40,25	0,67	4,73
6	1,68	1,97	1,54	42,92	0,75	7,37
7	1,79	1,98	1,67	31,35	0,46	18,81*
8	1,63	1,93	1,59	34,34	0,52	21,64*
9	1,81	2,03	1,63	39,70	0,66	9,36
10	1,40	1,78	1,37	41,16	0,70	30,08*
11	1,93	2,18	1,87	39,64	0,44	2,96

* Valori a rottura di provini allo stato saturo

Tabella 6.11

Stazione 4 "Stretto San Vito"								
Caratteristiche meccaniche								
Provino n.	Carico a rottura	Tensione di serraggio	Modulo elastico iniziale	Modulo elastico tangente	Modulo elastico secante	Angolo di rottura	Angolo di attrito	Coesione
	σ_f (kg/cm ²)	σ_s (kg/cm ²)	E_o (kg/cm ²)	E_t (kg/cm ²)	E_{sec} (kg/cm ²)	α °	ϕ °	c (kg/cm ²)
1	16,57	0,8	130	2810	1160	70	50	3,02
2	7,39	0,8	140	1080	680	60	30	2,13
3	87,22	5,0	640	11780	6330	-	-	-
4	46,15	4,0	700	9790	5520	-	-	-
5	18,88	1,8	320	2490	1010	65	40	4,40
6	11,73	1,4	250	2100	1030	75	60	1,57
7*	22,71	-	-	3230	1940	58	26	7,10
8*	19,50	-	-	2880	2200	-	-	-
9	18,27	-	-	2480	1240	73	56	2,79
10*	12,06	-	-	940	890	-	-	-
11	43,36	5,0	660	7580	3940	70	50	7,89

* Provini sottoposti a prova allo stato saturo

Tabella 6.12

Stazione 5 "Cava San Vito"					
Caratteristiche fisiche delle calcareniti					
Provino n.	Peso di volume saturo γ_{sat} (g/cm ³)	Peso di volume secco γ_d (g/cm ³)	Porosità n (%)	Indice dei vuoti e	Contenuto d'acqua a rottura w (%)
1	1,83	1,42	41,00	0,69	28,87*
2	1,87	1,45	42,00	0,72	28,97*
3	-	1,48	-	-	0,00
4	-	1,49	-	-	0,00
5	1,84	1,44	40,00	0,67	27,78*
6	1,90	1,78	12,00	0,14	6,74*
7	1,79	1,49	30,00	0,43	20,13*
8	1,85	1,44	41,00	0,69	28,47*
9	-	1,46	-	-	0,00
10	-	1,56	-	-	0,00
11	1,84	1,43	41,00	0,69	28,67*
12	-	1,53	-	-	0,00
13	-	1,49	-	-	0,00
14	-	1,50	-	-	0,00
15	-	1,50	-	-	0,00

* Valori a rottura di provini allo stato saturo

Tabella 6.13

Stazione 5 "Cava San Vito"					
Caratteristiche meccaniche					
Provino n.	Carico a rottura σ_f (kg/cm ²)	Modulo elastico tangente E_t (kg/cm ²)	Angolo di rottura α °	Angolo di attrito interno ϕ °	Coesione c (kg/cm ²)
1*	19,10	-	-	-	-
2*	23,84	-	80	70	2,10
3	33,32	-	63	36	8,49
4	36,31	3030	-	-	-
5*	18,07	3260	-	-	-
6*	17,19	770	65	40	4,01
7*	29,67	-	60	30	8,56
8*	29,38	-	65	40	6,85
9	28,79	-	-	-	-
10	23,33	2580	-	-	-
11	25,16	-	-	-	-
12	37,73	1550	-	-	-
13	34,10	-	70	50	6,21
14	33,10	2360	-	-	-
15	31,26	-	-	-	-

* Provini sottoposti a prova allo stato saturo

Tabella 6.14

Stazione 6 "Svincolo Matera Nord"					
Caratteristiche fisiche delle calcareniti					
Provino n.	Peso di volume saturo	Peso di volume secco	Porosità	Indice dei vuoti	Contenuto d'acqua a rottura
	γ_{sat} (g/cm ³)	γ_{d} (g/cm ³)	n (%)	e	w (%)
1	-	1,86	-	-	0,00
2	2,18	1,88	30,00	0,43	15,96*
3	2,19	1,93	26,00	0,35	13,47*
4	-	1,94	-	-	0,00
5	-	1,92	-	-	0,00
6	-	1,73	-	-	0,00
7	2,10	1,80	30,00	0,43	16,67*
8	2,17	1,88	29,00	0,41	15,43*
9	2,22	1,95	27,00	0,37	13,85*
10	-	1,90	-	-	0,00
11	2,20	1,93	27,00	0,37	13,99*
12	-	1,83	-	-	0,00
13	-	1,95	-	-	0,00
14	2,06	1,71	35,00	0,54	20,47*

* Valori a rottura di provini allo stato saturo

Tabella 6.15

Stazione 6 "Svincolo Matera Nord"					
Caratteristiche meccaniche					
Provino n.	Carico a rottura	Modulo elastico tangente	Angolo di rottura	Angolo di attrito	Coesione
	σ_f (kg/cm ²)	E_t (kg/cm ²)	α °	ϕ °	c (kg/cm ²)
1	98,75	7390	68	46	19,95
2*	57,60	9110	-	-	-
3*	115,21	12720	-	-	-
4	96,69	-	-	-	-
5	114,61	-	-	-	-
6	56,89	5800	-	-	-
7*	47,73	-	-	-	-
8*	83,94	-	70	50	15,28
9*	113,95	8970	70	50	20,74
10	96,69	-	65	40	22,54
11*	100,39	-	65	40	23,41
12	96,69	-	68	46	19,53
13	141,32	-	-	-	-
14*	57,60	-	-	-	-

* Provini sottoposti a prova allo stato saturo

Tabella 6.16

Stazione 7 "Svincolo Matera Centro"					
Caratteristiche fisiche delle calcareniti					
Provino n.	Peso di volume saturo	Peso di volume secco	Porosità	Indice dei vuoti	Contenuto d'acqua a rottura
	γ_{sat} (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	n (%)	e	w (%)
1	2,07	1,68	39,00	0,64	0,00
2	-	-	-	-	0,00
3	2,06	1,69	37,00	0,59	21,89*
4	-	-	-	-	0,00
5	2,04	1,71	33,00	0,49	19,30*
6	-	-	-	-	0,00
7	-	-	-	-	0,00

* Valori a rottura di provini allo stato saturo

Stazione 7 "Svincolo Matera Centro"					
Caratteristiche meccaniche					
Provino n.	Carico a rottura	Modulo elastico tangente	Angolo di rottura	Angolo di attrito interno	Coesione
	σ_f (kg/cm ²)	E_t (kg/cm ²)	α °	ϕ °	c (kg/cm ²)
1	12,25	730	-	-	-
2	10,17	-	60	30	2,94
3*	10,85	390	-	-	-
4	16,13	-	-	-	-
5*	9,44	290	-	-	-
6	14,96	-	70	50	2,72
7	19,26	-	68	46	3,89

* Provini sottoposti a prova allo stato saturo

Tabella 6.17

Stazione 8 "Matera Sud"						
Caratteristiche fisiche delle calcareniti						
Provino n.	Peso di volume apparente γ (g/cm ³)	Peso di volume saturo γ_{sat} (g/cm ³)	Peso di volume secco γ_d (g/cm ³)	Porosità n (%)	Indice dei vuoti e	Contenuto d'acqua a rottura w (%)
1	2,54	2,59	2,53	6,38	0,07	0,28
3	2,41	2,51	2,40	11,09	0,12	0,21
4	2,27	2,35	2,15	20,48	0,26	2,44
5	1,96	2,21	1,92	28,90	0,41	1,24
6	2,31	2,36	2,15	20,25	0,25	4,90
7	2,23	2,38	2,20	18,62	0,23	3,33
8	2,04	2,30	2,06	23,69	0,31	0,65
9	2,09	2,31	2,07	23,16	0,30	1,59
10	2,31	2,45	2,30	14,86	0,17	0,18
11	2,29	2,38	2,28	10,18	0,11	4,47*
12	2,36	2,45	2,31	14,44	0,17	1,03
13	2,28	2,43	2,27	16,02	0,19	0,23
14	1,98	2,11	1,94	17,00	0,20	8,67*

* Valori a rottura di provini allo stato saturo

Tabella 6.18

Stazione 8 "Matera Sud"								
Caratteristiche meccaniche								
Provino n.	Carico a rottura	Tensione di serraggio	Modulo elastico iniziale	Modulo elastico tangente	Modulo elastico secante	Angolo di rottura	Angolo di rottura	Coesione
	σ_t (kg/cm ²)	σ_s (kg/cm ²)	E_0 (kg/cm ²)	E_t (kg/cm ²)	E_{sec} (kg/cm ²)	α °	ϕ °	c (kg/cm ²)
1	525,08	-	-	41960	24400	78	66	55,80
3	186,40	24,0	10690	19200	18650	70	50	33,92
4	109,64	8,0	560	8260	4910	-	-	-
5	90,43	6,0	720	13770	5950	67	44	19,19
6	85,87	4,0	400	5920	3900	60	30	24,79
7	136,21	14	3610	20220	14480	60	30	39,32
8	91,11	5,0	700	13390	5990	58	26	28,47
9	77,20	5,0	680	9750	5610	-	-	-
10	266,62	12,0	1450	29060	12390	73	56	40,76
11*	184,80	9,0	900	18090	9950	-	-	-
12	165,61	10,0	1530	15840	10900	70	50	30,14
13	237,60	13,0	1170	27040	12940	80	70	20,95
14	135,42	6	590	17110	8850	68	46	27,36

* Provini sottoposti a prova allo stato saturo

Tabella 6.19

7. CARTA DELLE PENDENZE

La redazione della Carta delle Pendenze è stata effettuata considerando le categorie topografiche riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008). La carta topografica di base adottata deriva da un rilievo aerofotogrammetrico del 2009. Sono state individuate le tre classi di superfici topografiche caratterizzate dai seguenti valori medi:

- superfici topografiche con inclinazione media $i \leq 15^\circ$;
- superfici topografiche con inclinazione media $15^\circ < i \leq 30^\circ$;
- superfici topografiche con inclinazione media $i > 30^\circ$.

Il calcolo delle pendenze è stato sviluppato prendendo come direttrici le isoipse principali con equidistanza di 10 m. A livello locale, lì dove non è stato possibile operare con le isoipse principali si è proceduto considerando le isoipse con equidistanza di 2 m.

Dalla lettura della Carta delle Pendenze scaturisce che la classe più rappresentata è quella con inclinazione delle superfici topografiche minori o uguali a 15° . Pendenze superiori ai 30° caratterizzano i versanti del torrente Gravina.

La carta topografica di base riproduce solo la parte alta delle colline su cui sorge l'abitato. Per avere informazioni relative all'andamento topografico dei versanti sono stati effettuati, utilizzando carte a curve di livello (restituite da rilievi aerofotogrammetrici del 1986) con equidistanza 2 m per la Città di Matera ed equidistanza 10 m per l'area di Picciano, quattro profili passanti per le zone urbanizzate altimetricamente più elevate: zona Castello, Serra Venerdi, Serra Rifusa, zona Picciano B. Dall'analisi topografica fatta risulta che la pendenza media dei versanti è inferiore ai 15° o al più dell'ordine dei 15° .

8. CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

Le informazioni riportate in questo paragrafo fanno riferimento a dati relativi alle indagini sismiche in foro del tipo down-hole effettuate per il Regolamento e a dati di lavori pregressi in possesso degli scriventi, effettuati nell'ambito del territorio della città di Matera, e alla nota "Misure geofisiche propedeutiche alla microzonazione di Matera" (M. Lupo, M.R. Gallipoli-CNR Tito Scalo-Potenza, M. Mucciarelli-D.I.S.G.G. Università degli Studi della Basilicata, Potenza) presentata al 27° Convegno Nazionale del GNGTS (Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida) a Trieste 7-8 ottobre 2008.

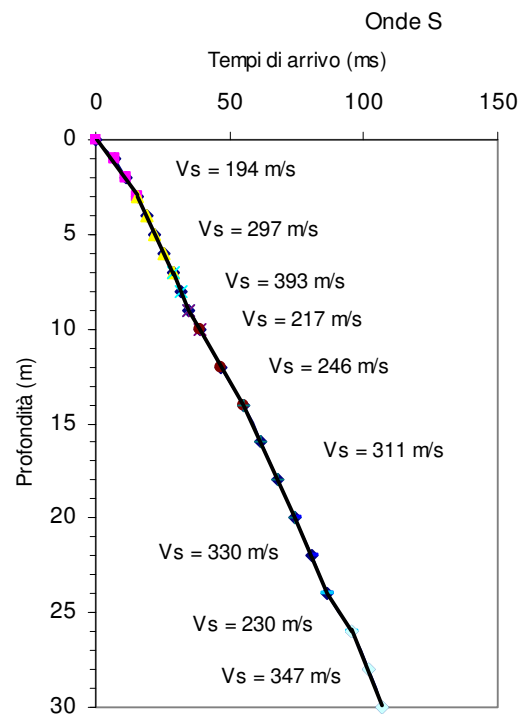
Il comportamento dei terreni, presenti nel territorio della città, rispetto alla propagazione delle onde sismiche longitudinali e trasversali è stato determinato attraverso l'analisi dei dati di velocità desunti dai down hole effettuati in punti diversi della città, la cui ubicazione è riportata nella Carta delle Indagini.

Per ogni down hole sono state ricostruite le dromocrone relative alle onde S e alle onde P e sono stati calcolati, nell'ambito dello stesso litotipo, valori di velocità medie rappresentati dalla pendenza delle rette di regressione costruite per tratti di curva.

Di seguito sono riportate le informazioni dedotte dai down-hole effettuati a Serra Rifusa e a Serra Venerdi con riferimento alle successioni litostratigrafiche ivi riscontrate e rappresentative dei luoghi. Nell'ambito di una stessa località possono esserci da zona a zona delle variazioni di spessore dei litotipi a volte poco significative a volte abbastanza rilevanti ai fini della risposta sismica locale.

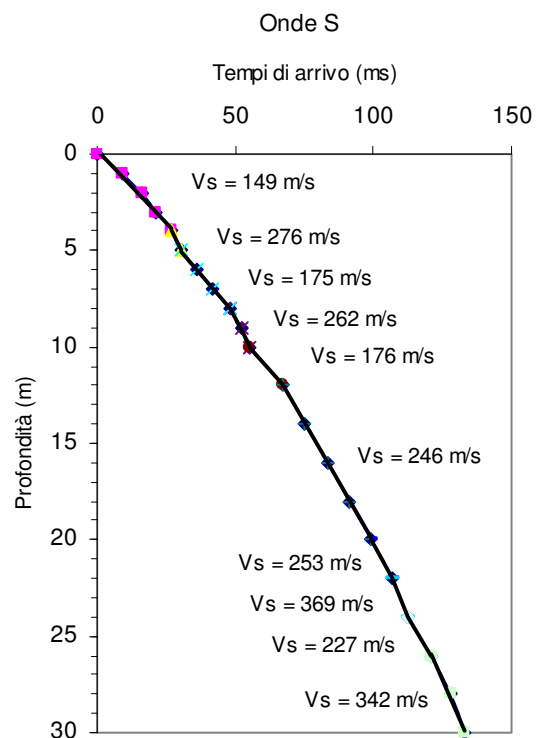
Serra Rifusa DH

Velocità medie (m/s)		Stratigrafia
V _P	V _S	
642	194	TV sabbioso limoso
	297	Alternanza di sabbia, sabbia argillosa e limo argilloso di colore giallastro
755	393	Sabbia giallastra
399	217	
1873	246	Argilla giallastra
1257	311	
1576	330	Argilla grigio-azzurra
	230	
	347	



Serra Venerdi

Velocità medie (m/s)		Stratigrafia
V _P	V _S	
430	149	Sabbia giallastra
1668	276	
	175	
1354	262	Argilla giallastra
1346	176	
2095	246	Argilla grigio-azzurra
1735	253	
	360	
1332	227	
2627	342	



Per ogni litotipo si sono ottenuti una serie di valori di velocità medie delle onde S e P. Questi valori di V_S e V_P sono stati analizzati dal punto di vista statistico determinandone i valori estremi, la media e la deviazione standard. Nella tabella 8.1 sono riassunti per i diversi terreni i valori caratteristici derivanti dall'elaborazione statistica.

	V_P (m/s)				V_S (m/s)			
	min	max	media	dev. st.	min	max	media	dev. st.
Sabbia	341	1668	897	484	149	586	261	113
Argille giallastre	572	3000	1216	622	143	775	339	185
Argille grigio-azzurre	628	2627	1644	559	132	713	367	156
Calcareniti	200	3925	1662	598	100	2200	914	324
Calcare	1298	2448	1886	470	896	1222	1052	130

Tabella 8.1 – Valori caratteristici delle V_P e V_S per i terreni della Città di Matera.

Nell'ambito delle argille la parte alterata giallastra assume valori massimi superiori a quelli registrati per la parte intatta grigio-azzurra, i valori medi di quest'ultime sono comunque superiori. La maggior omogeneità delle argille grigio-azzurre è indicata dai minori valori della deviazione standard.

Le calcareniti presentano il campo di oscillazione più ampio sia per le V_P che per le V_S . L'osservazione degli affioramenti di campagna conferma l'estrema variabilità dei caratteri fisici di questi terreni. A luoghi sono ben cementati, a luoghi presentano un grado di cementazione così debole da assumere l'aspetto di un sabbione più o meno addensato. Vi sono intervalli di profondità, dove i livelli più compatti evidenziano velocità maggiore di quella riscontrata nei calcari. In generale, le basse velocità registrate nei calcari indicano, per la parte di sottosuolo analizzato, che queste rocce sono interessate da diffusi

sistemi di discontinuità che differenziano il comportamento dell'ammasso roccioso.

Sulla base delle informazioni assunte dalle indagini geognostiche è stata redatta la Carta di Microzonazione Sismica individuando microzone omogenee in prospettiva sismica. Lo spazio urbano è stato suddiviso nelle seguenti zone:

- **Zone stabili**

Sono rappresentate dalle aree di affioramento delle calcareniti che costituiscono il substrato lapideo.

- **Zone suscettibili di amplificazioni locali.**

Queste comprendono 7 zone caratterizzate da situazioni litostratigrafiche differenti.

Nell'ambito dei terreni argillosi sovrastanti le calcareniti, interpolando le successioni litostratigrafiche a disposizione, sono state individuate zone con spessori delle argille tra 0-10 m, 10-20 m, 20-30 m e superiori a 30 m. Questa suddivisione è stata effettuata per tener conto che la risposta sismica locale, considerando l'omogeneità del deposito argilloso, varia in relazione allo spessore dello stesso. Un maggior spessore influisce sullo smorzamento dell'onda sismica ed attenua gli effetti della risposta sismica locale.

La zona 2 e la zona 3 ricadono nella categoria di sottosuolo E. La zona 3, zona 4, zona 5, zona 6 e zona 7, contraddistinte da condizioni litostratigrafiche differenti, ricadono nella categoria di sottosuolo C.

Per definire la eventuale amplificazione topografica sono stati realizzati quattro profili topografici delle colline urbanizzate (profilo P1 GEO 5.1a, profilo P2 GEO 5.1b, profilo P3 GEO 5.1c, la loro ubicazione è riportata nell'elaborato GEO 5.1;

profilo P4 GEO 5.2a la cui traccia è sull'elaborato GEO 5.2). Nella tabella 8.2 per ogni profilo sono indicati gli elementi geometrici caratteristici, utili per la definizione della pendenza media e della tipologia di cresta. Come simbologia letterale è stata adottata la stessa simbologia riportata nel paragrafo 2.5.4.2 delle Linee guida del volume “Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica”.

Profilo topografico	H (m)	h (m)	L (m)	l (m)	α_1 (°)	α_2 (°)	β_1 (°)	β_2 (°)
Zona Castello	90	16	1795	1215	9	12	13	6
Serra Venerdì	110	23	1012	228	9	12	13	6
Serra Rifusa	150	69	1841	128	7	7	17	11
Zona Picciano B	60	10	1222	188	3	11	7	7

Tabella 8.2 – Valori degli elementi geometrici dei profili topografici delle colline urbanizzate della Città di Matera.

I caratteri geometrici dei profili esaminati indicano che le colline urbanizzate della Città di Matera non sono da considerarsi creste ai fini sismici.

Il territorio della Città disciplinato dal Regolamento Urbanistico rientra nella categoria topografica T1.

- **Zone suscettibili di instabilità**

Rappresentano le zone più fragili del territorio che nelle attuali condizioni al contorno costituiscono potenziali instabilità di versante. Una conoscenza approfondita di esse richiede specifici studi.

Negli elaborati 7a, 7b, 7c e 7d sono indicate le caratteristiche delle varie zone che costituiscono l'intero territorio urbano del Regolamento Urbanistico.

9. ANALISI DELLA STABILITA' DEI PENDII

Tra le aree ricadenti nel perimetro dell'RU sono state soggette a verifiche di stabilità parte della LEMI 1 situata in Serra Rifusa sul versante vergente ad ovest e la zona sottostante via Lamanna.

Le tracce delle sezioni di verifica sono riportate nella Carta Geolitologica in scala 1:4.000.

Le analisi sono state effettuate con il metodo all'equilibrio limite, considerando superfici di scorrimento di forma sub-circolare scelte tra quelle topograficamente possibili. Ai terreni è stato attribuito un comportamento elastico perfettamente plastico (modello Mohr-Coulomb). E' stato adottato il metodo di Bishop semplificato.

Le verifiche di stabilità sono state condotte in condizioni sismiche con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 Gennaio 2008. Il codice di calcolo utilizzato è Stap 11 della Aztec.

Per i dettagli delle verifiche di stabilità, relative alle sezioni analizzate, si rimanda all'allegato specifico "GEO-ALL.4 Relazione stabilità pendio".

Di seguito si riportano, per le zone analizzate, le caratteristiche geologico-tecniche e i parametri fisico-meccanici dei terreni.

Zona via Lamanna

La sezione di verifica interessa nel suo sviluppo tutto la parte del pendio che si estende sino al fosso sottostante. Sulla base delle caratteristiche geologico-tecniche locali, si può affermare che l'elemento di criticità è rappresentato dalla presenza del terreno di riporto, lungo tutto il tratto di pendio tra la strada e il suddetto fosso, che ricopre le sottostanti argille. Lo spessore del riporto è stato preso pari a 9 m, dato dedotto dal sondaggio S18 della Carta delle Indagini.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni che caratterizzano la sezione e introdotte nell'analisi sono riportati nella tabella 9.1.

Litotipi	Peso di volume γ (t/m ³)	Peso di volume saturo γ_s (t/m ³)	Coesione c (t/m ²)	Angolo d'attrito (°)
Terreni di riporto	1.80	2.02	0.00	28
Sabbia	1.85	2.04	0.1	33
Argilla alterata	1.99	2.00	0.5	22
Argilla	2.01	2.02	1	24

Tabella 9.1 – Parametri fisico-meccanici adottati nella verifica di stabilità.

Nell'ambito della formazione argillosa è stata considerata una fascia di spessore di 3 metri con caratteristiche fisico-meccaniche più scadenti rispetto alla parte sottostante. Tale ipotesi nasce dalla constatazione che il rilievo di campagna e le stratigrafie dei sondaggi in argilla indicano quasi sempre la presenza di una zona superficiale più alterata ed allentata.

I terreni argillosi essendo praticamente impermeabili costituiscono il letto del potenziale acquifero rappresentato dai terreni di riporto. Quest'ultimi in relazione alla loro costituzione litologica e al loro grado di addensamento possono presentare una permeabilità più o meno variabile da zona a zona ma costituiscono comunque un serbatoio acquifero. Data la loro estrema eterogeneità potrebbero rinvenirsi al loro interno piccole conche limoso-argillose che ostacolano il deflusso istantaneo delle acque e determinano degli accumuli temporanei. In linea generale le condizioni litostratigrafiche e la morfologia rendono improbabile un accumulo idrico permanente. Nella verifica di stabilità effettuata è stata comunque considerata la presenza di una falda acquifera all'interno dei terreni di riporto.

Nell'analisi, sulla base delle caratteristiche topografiche dell'area ben rappresentate dalla sezione 1-1, sono state considerate due soluzioni di verifica con superfici di scivolamento passanti per due punti critici: uno situato nella parte alta del pendio (soluzione 1), l'altra nella parte media (soluzione 2).

Il valore del fattore di sicurezza (F) delle superfici critiche risulta essere:

- soluzione 1 $F = 0.797$
- soluzione 2 $F = 1.189$

Per la soluzione 1 nella fig. 9.1 sono rappresentate le superfici con coefficiente di sicurezza minore di 1.

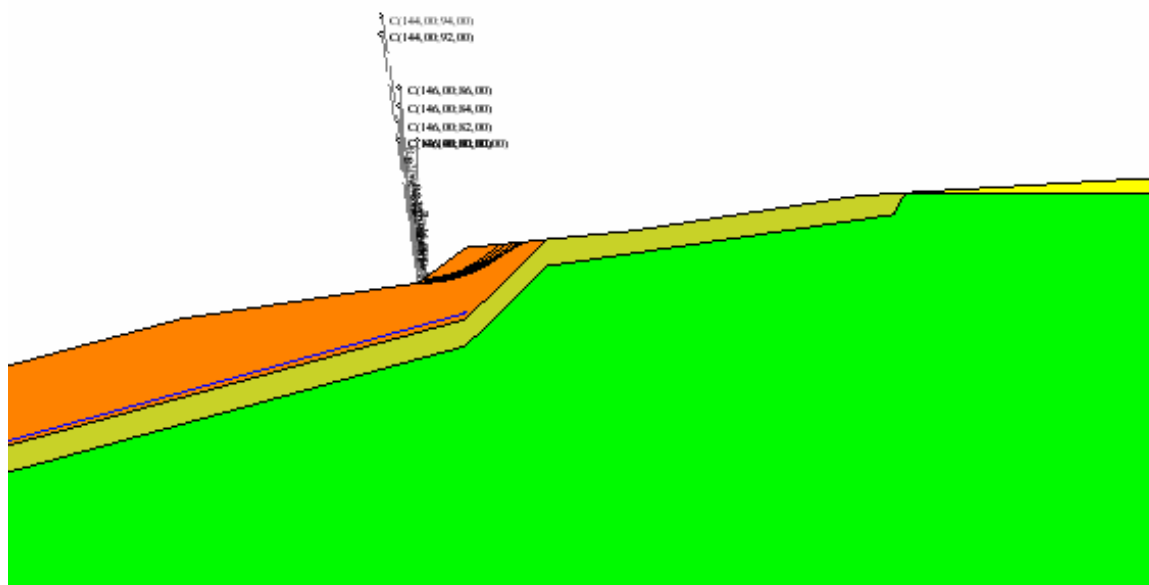


Fig. 9.1 – Superfici potenzialmente instabili nei terreni di riporto.

Come è possibile osservare le superfici potenzialmente instabili ricadono tutte all'interno dei terreni detritici di riporto e per la loro collocazione non inficiano la stabilità dell'area urbanistica.

Zona Serra Rifusa

La sezione rappresentativa dell'area soggetta a verifica di stabilità è litologicamente costituita da sabbie in posto, da un corpo sabbioso pseudo-integro nella sua parte alta e parzialmente rimaneggiato nella sua parte media e bassa (indicato come detrito sabbioso nell'allegato "GEO-ALL.4 Relazione stabilità pendio"), da una fascia di argilla alterata di spessore di 3 metri e da argilla compatta e integra. Il modello litologico adottato deriva dalle informazioni tratte dal rilevamento di campagna e da uno studio geologico pregresso con indagini geognostiche (Prof. Ing. Claudio Cherubini, Geol. Emanuele Romanelli) effettuato nella medesima zona per la riparazione di un edificio, danneggiato dal sisma del

23-11-1980; studio agli atti del Comune di Matera e fornito agli scriventi con nota del Dirigente del Settore Urbanistico arch. Francesco Gravina.

I valori dei parametri fisico-meccanici dei terreni che caratterizzano la sezione e adottati nell'analisi sono indicati nella tabella 9.2.

Litotipi	Peso di volume γ (t/m ³)	Peso di volume saturo γ_s (t/m ³)	Coesione c (t/m ²)	Angolo d'attrito (°)
Detrito sabbioso	1.80	2.02	0.1	33
Sabbia	1.85	2.04	1	33
Argilla alterata	1.99	2.00	0.2	22
Argilla	2.01	2.02	2	26

Tabella 9.2 – Parametri fisico-meccanici adottati nella verifica di stabilità.

I valori dei parametri meccanici attribuiti all'argilla sono prudenziali. Infatti, dalle prove triassiali, su campioni prelevati nei fori di sondaggio eseguiti per il predetto studio geologico, si ha un valore di angolo di attrito efficace (ϕ) di 27° ed una coesione (c) di 0,3 kg/cm². Per le argille alterate è stata effettuata una significativa penalizzazione dei valori di c e di ϕ .

Per quanto riguarda le sabbie i valori dell'angolo d'attrito e della coesione adottati derivano dall'esperienza per terreni simili e sono senz'altro cautelativi. Si specifica che le sabbie sono costituiti da un'alternarsi di livelli quasi sciolti e di livelli debolmente o mediamente cementati e a luoghi sono presenti sottili strati arenitici abbastanza cementati.

Nel complesso è stato ad esse attribuito un valore di coesione basso pari a 1 t/m². Partendo dalle attuali condizioni morfologiche e clivometriche, assunte quali condizioni di equilibrio limite, con procedimenti di back analysis si ottiene una coesione di 2,58 t/m² utilizzando l'equazione seguente:

$$H_c = \frac{2,67 * c'}{\gamma} * \tan(45 + \frac{\phi'}{2})$$

dove:

H_c = altezza critica della scarpata in sabbia, per il tratto più acclive della sezione utilizzata, di lunghezza pari 12,6 m e pendenza di 33°;

c' = coesione effettiva (t/m²);

γ = peso di volume, pari a 1,85 t/m²;

φ' = angolo di attrito effettivo, pari a 33°.

Il procedimento di back analysis, che sottintende una condizione di equilibrio limite (F=1), porta ad un valore di c' comunque superiore a quello adottato nella verifica di stabilità. Questo conferma l'approccio prudentiale avuto, in mancanza di dati sperimentali, nell'attribuzione del valore di coesione assegnato alle sabbie per l'analisi di stabilità del tratto di pendio esaminato.

Il valore dell'angolo d'attrito di 33° può ritenersi mediamente rappresentativo.

Al detrito sabbioso, tenuto conto delle sue locali caratteristiche d'insieme, è stato assegnato un valore di coesione molto basso di 0,1 t/m², ed un angolo d'attrito di 33°, valore simile a quello delle sabbie in posto, in considerazione del fatto che tale parametro dipende esclusivamente dalla frizione tra le superfici di contatto tra i granuli.

Nella parte bassa del detrito sabbioso è stata considerata la presenza di una falda acquifera che è sostenuta dalle argille alterate.

Sulla base dell'andamento topografico della sezione, nella verifica di stabilità sono state considerate due soluzioni: la soluzione 1 interessa la scarpata situata nella parte superiore della sezione, la soluzione 2 considera le superfici di scorrimento passante per il piede della scarpata esistente nella parte mediana della sezione.

Il valore del coefficiente di sicurezza minimo F ottenuto per le due soluzioni è:

- soluzione 1 $F = 1.066$

- soluzione 2 $F = 1.23$

Nella figura 9.2 è riportata la superficie critica relativa alla soluzione 1 passante per il piede della scarpata che delimita la zona destinata, nell'ambito del Regolamento Urbanistico, ad ospitare strutture edilizie.

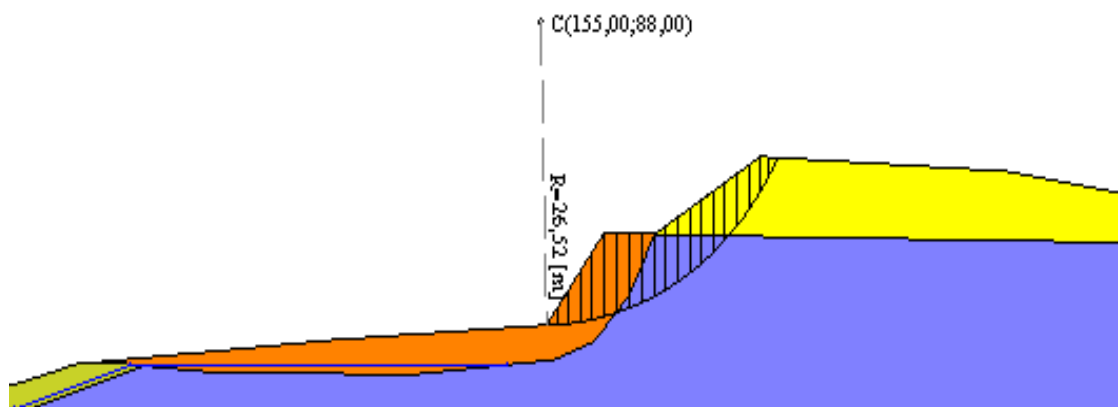


Fig. 9.2 – Superficie critica per la soluzione 1.

10. CARTA DELLA PERICOLOSITA' E CRITICITA' GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Questa Carta è, ai fini applicativi, l'elaborato di sintesi e di riferimento per qualsiasi intervento sul territorio. La sua redazione è stata effettuata sulla base dell'esame di tutti gli aspetti geologico-tecnici emersi dal rilevamento di campagna e dai risultati delle indagini esperite per il RU. Per alcune aree le informazioni litostratigrafiche di arricchimento dei dati rilevati sono derivate dall'esame dei logs stratigrafici dei sondaggi pregressi reperiti.

L'analisi dell'attuale configurazione geomorfologica dei luoghi e dei loro elementi litostratigrafici hanno consentito di ricostruire la storia geomorfologica passata, in riferimento ai principali fenomeni gravitativi e/o ai processi erosivi manifestatisi, e di proiettare l'area in una dinamica evolutiva futura dei versanti.

Sulla base dei processi gravitativi e/o erosivi in atto, del loro stato di sviluppo e della potenziale criticità dei luoghi, in relazione soprattutto agli elementi geomorfologici e clivometrici, sono state valutate le condizioni di stabilità del comparto territoriale esaminato in rapporto alla pianificazione del Regolamento Urbanistico.

L'analisi correlativa e interattiva dei vari aspetti, caratteri ed elementi geologico-tecnici ha consentito l'acquisizione delle informazioni utili per la valutazione delle condizioni attuali di equilibrio dei luoghi e del probabile percorso evolutivo delle loro caratteristiche di stabilità.

Per la tutela e la salvaguardia del territorio nel tempo, sono state date alcune prescrizioni e/o indicazioni tecnico-applicative per evitare l'introduzione di elementi

destabilizzanti, a breve – medio – lungo termine, derivanti dall'attività e dall'interazione antropica.

Di seguito sono riportate le caratteristiche geologico-tecniche degli Ambiti ad attuazione indiretta e delle Aree per verde e servizi di progetto, nei quali sono previsti interventi di trasformazione e la definizione dell'area di criticità di appartenenza in conformità alle indicazioni della normativa regionale.

Per ogni ambito e area per verde e servizi sono indicati le classi di criticità di appartenenza; essi sono, pertanto, soggetti alle relative prescrizioni.

Ambito ad attuazione indiretta AC/1 - via dei Messapi

Dal punto di vista litologico l'ambito non presenta caratteri di omogeneità geologica: la parte ovest rivolta verso Serra Rifusa è costituita da terreni argillosi, mentre il lato parallelo alla ferrovia appulo-lucana in affioramento si rinvengono le calcareniti di Gravina. L'ambito è situato, pertanto, nella zona di passaggio tra due differenti unità litologiche dal comportamento meccanico molto diverso. In ogni caso la presenza del terreno argilloso non rappresenta, sotto il profilo della stabilità globale dell'area, un elemento geologico destabilizzante in relazione alle sue caratteristiche clivometriche e geomorfologiche. L'ambito, infatti, rientra in una zona a debole pendenza e non è interessata dalla presenza di fossi.

Ai fini della definizione dell'azione sismica i terreni argillosi rientrano nella categoria di sottosuolo E, le calcareniti si collocano nella categoria di sottosuolo A oB.

Per le sue condizioni geologico-tecniche generali l'ambito ricade parte nelle Aree Ib.1 e parte nelle Aree non critiche Ib.1 esenti da problematiche di stabilità.



Ambito ad attuazione indiretta AC/2 – Granulari

L'ambito presenta caratteristiche di omogeneità geologica in quanto è caratterizzato, per tutta la sua estensione, dall'affioramento di litotipi ascrivibili alle Calcareniti di Gravina. Localmente vi sono modeste coperture di depositi limosi e riempimenti legati ai movimenti terra sviluppati all'epoca degli interventi di prima urbanizzazione. Infatti, nell'area erano presenti le testate di antichi canali fossilizzati dagli interventi di urbanizzazione e ormai tombati con terreno di riporto.

L'ambito è posto lungo un versante stabile, caratterizzato da affioramenti di calcarenite e da modeste acclività.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area, per i

suoi primi 30 metri di spessore, possono rientrare, in relazione al loro stato di consistenza, nella categoria di sottosuolo A o B.

Per le sue condizioni geologico-tecniche generali l'ambito ricade tra le Aree non critiche Ib.1 esenti da problematiche di stabilità.



Ambito ad attuazione indiretta AC/3 – Serra Venerdi

I limiti dell'ambito interessano la parte nord della collina di Serra Venerdi dove si rinvencono in affioramento tutti i termini sedimentari della copertura terrigena caratteristica dell'area. Al piede della collina vi sono le argille e procedendo verso la zona sommitale si ha, man mano, il passaggio verso le sabbie giallastre, le sabbie rossastre e i conglomerati poligenici.

Dal punto di vista geomorfologico non si notano segni di forme particolari nell'attuale configurazione dei luoghi. Nel passato sulla collina sono stati effettuati interventi di rimboschimento i cui lavori hanno, probabilmente, mascherato antiche

evidenze geomorfologiche e hanno creato scarpatine del tutto ininfluenti ai fini della stabilità generale dell'area.

L'unico elemento destabilizzante è rappresentato dalla pendenza dei luoghi in relazione allo stato di alterazione dei terreni affioranti. Pertanto, sulla base dei caratteri clivometrici è stata individuata un'area IIIb, non utilizzabile, con caratteri di criticità di livello medio e diffuso. Per la caratterizzazione litostratigrafica dell'area si fa riferimento al sondaggio SRU3 nel cui foro, opportunamente attrezzato, è stata effettuata una prospezione sismica a rifrazione down-hole. Nella fig. 10.1 sono riportati la stratigrafia e le velocità delle onde simiche longitudinali (V_P) e trasversali (V_S) con la profondità.

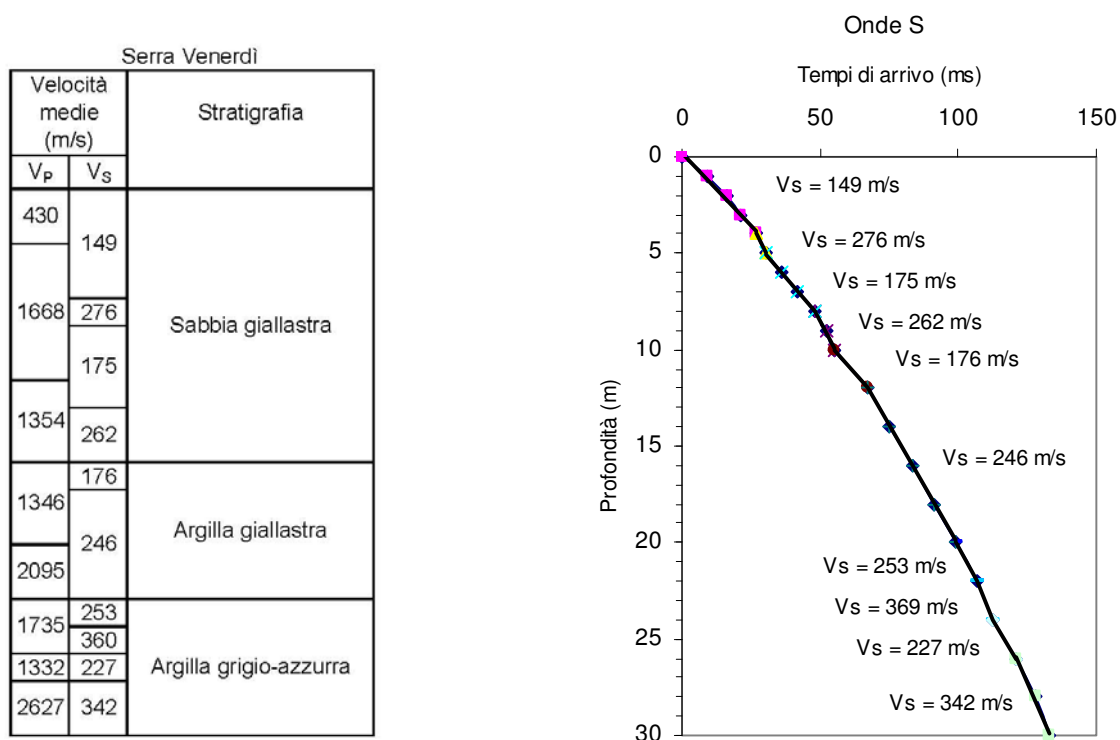


Fig. 10.1 – Sondaggio SRU3: Stratigrafia e velocità delle onde sismiche.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area, per i suoi primi 30 metri di spessore, rientrano nella categoria di sottosuolo C.

Le nuove strutture edilizie sono situate sul versante orientale della collina nella sua parte medio-bassa e ricadono in parte nelle aree Ib.2 utilizzabili con criticità puntuali e moderate e in parte nelle aree Ib.4.



Ambito ad attuazione indiretta AC/4 – Piazza Matteotti

Quest'ambito ricade in una zona sub pianeggiante il cui sottosuolo è costituito dalle argille grigio-azzurre subappennine.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area, per i suoi primi 30 metri di spessore, rientrano nella categoria di sottosuolo C.

Per le sue condizioni geologico-tecniche generali l'ambito ricade tra le Aree non critiche Ib.4 esenti da problematiche di stabilità.



Ambito ad attuazione indiretta AC/5 – Tre Pini

L'area è caratterizzata da affioramenti di argille grigio azzurre subappennine ed è posta lungo un versante caratterizzato da una media acclività con la presenza di modesti spessori di coltri eluvio-colluviali.

Non vi sono evidenze geomorfologiche di alcun tipo. La scarpata presente deriva da una vecchia sistemazione antropica connessa alle attività lavorative dei campi.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area, per i suoi primi 30 metri di spessore, rientrano nella categoria di sottosuolo C.

Per le sue condizioni geologico-tecniche l'ambito ricade in parte tra le aree non critiche Ib.4 esenti da problematiche di stabilità ed in parte in aree IIb.1 con criticità puntuali e moderate.



Ambito ad attuazione indiretta AC/6a – Montescaglioso

L'ambito è caratterizzato da affioramenti di argille grigio azzurre subappennine. Nella parte meridionale dell'ambito la calcarenite è situata a circa un metro di profondità. Il versante caratterizzato è da una acclività media.

L'area occupa in parte una conca morfologica sede di una antica via di deflusso che costituiva la parte alta di un canalone.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni argillosi rientrano nella categoria E, le calcareniti nella categoria A o B.

Per le sue condizioni geologico-tecniche generali l'ambito ricade tra le aree non critiche Ib.3, Ib.2 e Ib.1 esenti da problematiche di stabilità.



Ambito ad attuazione indiretta AC/6b – Montescaglioso

L'ambito è caratterizzato da affioramenti di Calcareniti di Gravina e nella parte centrale da una modesta coltre detritica. E' situata su un versante contraddistinto da una media acclività.

La parte centrale meridionale dell'ambito occupa la testata di una antica via di deflusso delle acque superficiali.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area possono rientrare, in relazione al loro stato di consistenza, nella categoria di sottosuolo A o B.

Per le sue condizioni geologico-tecniche generali l'ambito ricade in parte tra le aree non critiche Ib.1 esenti da problematiche di stabilità.



Ambito ad attuazione indiretta AC/6c - Montescaglioso

Questo ambito è caratterizzato dall'affioramento delle Calcareniti di Gravina ed è situato su un versante con acclività medio-bassa.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area, per i primi 30 metri di spessore, possono rientrare, in relazione al loro stato di consistenza, nella categoria di sottosuolo A o B.

Per le sue condizioni geologico-tecniche l'ambito ricade tra le aree non critiche Ib.1 esenti da problematiche di stabilità.



Ambito ad attuazione indiretta AM/1 – Serra Rifusa 1

I limiti di questo ambito racchiudono parte della zona orientale della collina di Serra Rifusa. La parte sommitale è pianeggiante o subpianeggiante, mentre il versante presenta pendenze variabili tra gli 8° - 12° circa. In affioramento si rinvengono nella parte alta terreni sabbiosi, sul versante terreni argillosi. A luoghi il contatto tra i due termini litologici è mascherato dalla presenza di un'ampia fascia di terreni di riporto antropico.

Sul lato meridionale dell'ambito vi sono i segni morfologici di antichi movimenti franosi la cui parte superficiale è interessata da fenomeni di creep. Queste evidenze

geomorfologiche conferiscono a questa zona dell'ambito caratteri di criticità geologica e geomorfologica di livello medio e diffuso e la collocano tra le aree IIIb non utilizzabili per condizioni geologico-tecniche. Per essa qualsiasi intervento di bonifica e di miglioramento ambientale è vincolato a studi geologici di analisi della compatibilità delle trasformazioni progettuali e di verifica della loro efficacia.

Gli insediamenti delle nuove strutture sono ubicati nella parte sommitale della collina, la cui caratterizzazione geologica del sottosuolo è avvenuta con sondaggi meccanici a carotaggio continuo. La definizione delle caratteristiche sismiche dei terreni è stata effettuata con prospezione sismica a rifrazione in foro del tipo down-hole. Nella fig. 10.2 sono riportati la stratigrafia tipo e le velocità delle onde sismiche con la profondità.

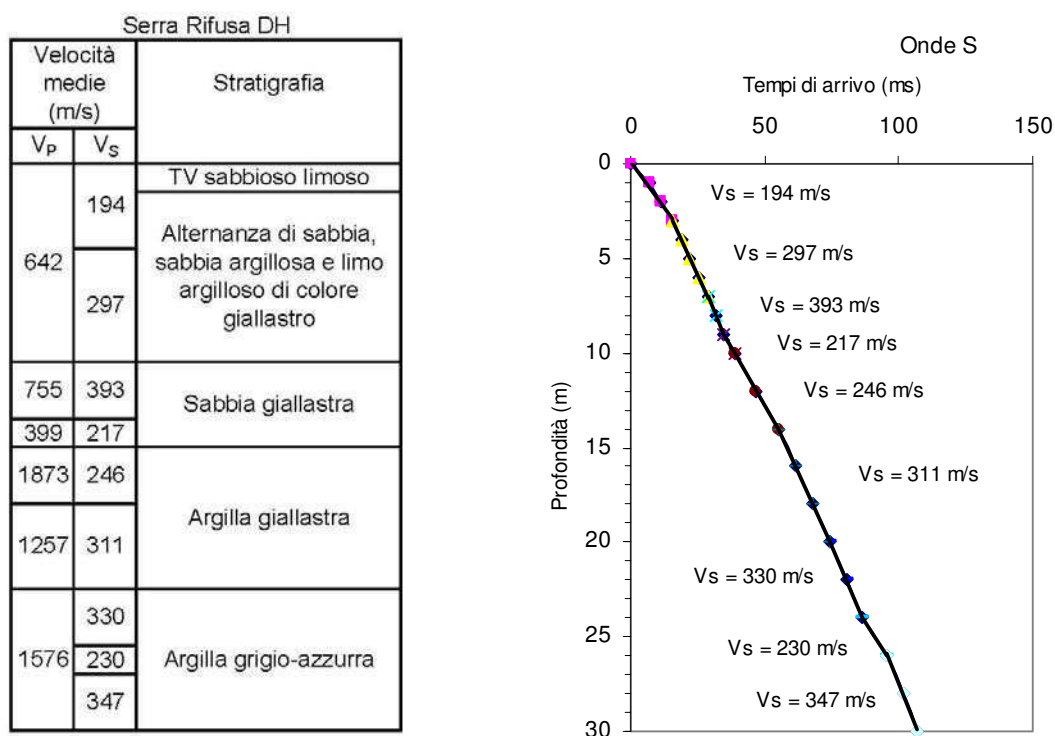


Fig. 10.2 – Serra Rifusa: Stratigrafia e velocità delle onde sismiche.

Ai fini della definizione dell'azione sismica l'area, sulla base delle V_{S30} , rientra nella categoria di sottosuolo C.

Dal confronto della scheda urbanistica con la Carta della Pericolosità e Criticità Geologica e Geomorfologica si evince che l'ubicazione degli interventi edilizi di piano ricadono nelle aree non critiche Ib.4 e Ib.5, esenti da problematiche di stabilità e nelle aree Iib.2, aree utilizzabili con criticità puntuali e moderate. Per quest'ultime dovranno essere osservate le prescrizioni date per la classe di appartenenza.



Ambito ad attuazione indiretta AM/2 – Serra Rifusa 2

Questo ambito interessa il lato occidentale della collina di Serra Rifusa ed è caratterizzato dalla presenza di terreni sabbiosi nella sua parte settentrionale e di terreni argillosi in quella meridionale. Nella zona sommitale vi è una coltre detritica di spessore variabile da punto a punto, ma comunque dell'ordine massimo dei 2-2,50 metri, che ricopre i terreni sabbiosi.

Per le informazioni litostratigrafiche del sottosuolo si fa riferimento al sondaggio S95, ubicato nella parte centrale dell'ambito e spinto ad una profondità di 7 m dal p.c., e al sondaggio S230 ricadente all'estremità meridionale dell'ambito, che ha raggiunto la profondità di 22 m dal piano campagna. Questi, ubicati entrambi sulle sabbie giallastre, indicano una successione litologica simile, dove le differenze di spessore per i terreni intercettati sono riferibili essenzialmente alle variazioni di quota di ubicazione dei sondaggi. Facendo riferimento ad una profondità media, l'analisi delle descrizioni dei litotipi indica la seguente stratigrafia di riferimento:

0.00	m	-	1.60	m	Terreno di riporto
1.60	m	-	4.20	m	Sabbie giallastre
4.20	m	-	8.50	m	Limo sabbioso argilloso con intercalazioni sabbiose
8.50	m	-	22.00	m	Argille grigio-azzurre

Dal punto di vista geomorfologico si individua, nella zona sommitale centro settentrionale, un'antica scarpata di frana inattiva del cui corpo non vi è praticamente traccia in quanto asportato dai lavori di urbanizzazione della sottostante area il cui confine con l'ambito territoriale in parola è segnato dalla presenza di una paratia.

L'analisi di stabilità globale del pendio, effettuata considerando superfici di scorrimento passanti per due potenziali punti di debolezza coincidenti con il piede di due scarpate (contraddistinte come soluzione 1 e soluzione 2, come risulta dall'elaborato specifico delle verifiche di stabilità) hanno fornito coefficienti di sicurezza pari a 1,066 (soluzione 1) e a 1,23 (soluzione 2).

Per la definizione dell'azione sismica i terreni dell'ambito rientrano nella categoria di sottosuolo C.

Sulla base di tutti gli elementi geologico-tecnici innanzi detti, l'area di interesse urbanistico, sulla quale sono ubicate le strutture edilizie, rientra in parte tra le aree utilizzabili Iib.1, Iib.2, Iib.3 con criticità puntuali e moderate e in parte tra le aree Ib.5 esenti da problemi di stabilità. Nell'estremità meridionale dell'ambito vi è un'area non utilizzabile con criticità di livello medio e diffuso.



Ambito ad attuazione indiretta AMR/1 – via Gravina

L'ambito presenta caratteristiche di omogeneità geologica in quanto è caratterizzata dall'affioramento delle Calcareniti di Gravina. E' posto su un versante contraddistinto da acclività medio-bassa.

Al margine occidentale sono presenti le testate di antichi canali.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area, per i suoi primi 30 metri di spessore, possono rientrare, in relazione al loro stato di consistenza, nella categoria di sottosuolo A o B.

Per le sue condizioni geologico-tecniche generali l'ambito ricade in parte tra le aree non critiche Ib.1 esenti da problematiche di stabilità.

**Ambito ad attuazione indiretta AMR/2 – PAIP**

L'ambito è caratterizzato dall'affioramento delle Calcareniti di Gravina. La parte iniziale limitrofa a via Granulari è interessata per una minima estensione da una coltre

detritica legata ai movimenti terra sviluppati all'epoca degli interventi di prima urbanizzazione dell'area..

L'ambito è posto lungo il bordo di una gravina la cui testata, a monte del PAIP II, è ormai tombata. L'area sulla quale ricade presenta una acclività medio-bassa.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area, per i suoi primi 30 metri di spessore, possono rientrare, in relazione al loro stato di consistenza, nella categoria di sottosuolo A o B.

Per le sue condizioni geologico-tecniche generali l'ambito ricade in parte tra le aree non critiche Ib.1 esenti da problematiche di stabilità.



Ambito ad attuazione indiretta AMR/3 – Ofra

L'ambito è caratterizzato dall'affioramento di argille grigio azzurre subappennine sul suo lato occidentale e da calcareniti nella parte centrale e sul lato orientale. E' situato su un versante caratterizzato da bassa acclività.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, le calcareniti possono rientrare, in relazione al loro stato di consistenza, nella categoria di sottosuolo A o B, i terreni argillosi nella categoria E.

Per le sue condizioni geologico-tecniche generali l'ambito ricade in parte tra le aree non critiche Ib.1 e Ib.2 esenti da problematiche di stabilità.

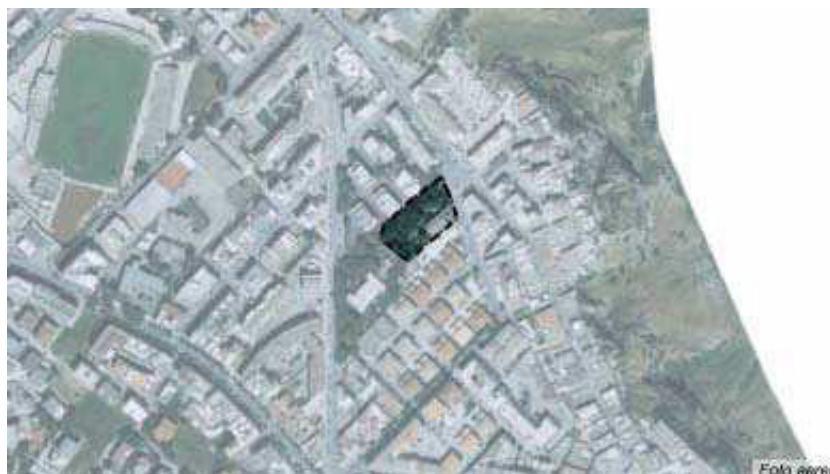


Ambito ad attuazione indiretta AR/1 – via Gattini

L'ambito è caratterizzato in parte dall'affioramento di argille grigio azzurre subappennine e in parte dalle Calcareniti di Gravina.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area, per i suoi primi 30 metri di spessore, possono rientrare nella categoria di sottosuolo A o B, dove sono presenti le calcareniti, nella categoria E dove affiorano le argille.

Per le sue condizioni geologico-tecniche l'ambito ricade in parte tra le aree non critiche Ib.1 e Ib.2 esenti da problematiche di stabilità.



Ambito ad attuazione indiretta AR/2 – Giardino Porcari

L'ambito si trova alla base della collina che dal rilievo del castello degrada verso la zona urbana di Matera, immediatamente a valle di via Lucana. Dal punto di vista geologico sono presenti limi argilloso-sabbiosi ascrivibili alle argille sub-appennine ed infine Calcareniti di Gravina a circa 10-12 m di profondità.

La zona è caratterizzata da una modesta pendenza superficiale da nord verso sud e non vi sono segni di una dinamica geomorfologica attiva.

Ai fini della definizione dell'azione sismica, i terreni che costituiscono l'area, per i suoi primi 30 metri di spessore, possono rientrare nella categoria di sottosuolo E.

Per le sue condizioni geologico-tecniche l'ambito ricade tra le aree non critiche Ib.2 e Ib.3 esenti da problematiche di stabilità.



Aree per verde e servizi di progetto (cfr. Elabb. P.4 *Verifica degli standard urbanistici*, P.7 *Norme Tecniche di Attuazione*, tabella art. 62)

Area non edificata nei pressi di via Lucrezio

Ricade sulle argille. Nei suoi pressi è collocata il sondaggio S106 che indica la presenza di calcarenite alla profondità di 4.70 metri di profondità dal piano campagna.

Categoria di sottosuolo: E

Classe di criticità: Ib.1

Area non edificata nei pressi di via dei Peucezi

E' situata sulle calcareniti.

Categoria di sottosuolo: A o B

Classe di criticità: Ib.1

Area non edificata all'incrocio tra via dei Bizantini e la SS99

Ricade sulle calcareniti.

Categoria di sottosuolo: A o B

Classe di criticità: Ib.1

Area non edificata in via A. Meucci

E' situata sulle calcareniti.

Categoria di sottosuolo: A o B

Classe di criticità: Ib.1

Area non edificata su via R. Greco

Ricade sulle calcareniti.

Categoria di sottosuolo: A o B

Classe di criticità: Ib.1

Area non edificata nei pressi di via D. Bramante

Ricade sui terreni argillosi. Nelle immediate vicinanze si trova il sondaggio S66 che fornisce la seguente successione litostratigrafica:

- 0.00 – 2.45 m limo argilloso sabbioso
- 2.45 – 10 m (fondo foro) calcareniti

Categoria di sottosuolo: E

Classe di criticità: Ib.2

Area a servizi PEEP La Martella

Si trova tra via degli Aragonesi e viale Italia dove sotto il profilo litologico si rinvengono le argille. Sotto di essa, ad una distanza di circa 40-50 metri affiorano le calcareniti. Come sondaggi di riferimento possono assumersi S79 e S242. Il primo, disposto a valle, attraversa per tutta la sua profondità (25 m) le calcareniti; il secondo, a monte, dà la seguente successione di terreni:

- 0.00 – 17.10 m argille sabbiose
- 17.10 – 20 (fondo foro) calcareniti

Categoria di sottosuolo: E

Classe di criticità: Ib.2

Area a servizi PEEP La Martella

E' situata sulle argille, sotto viale Italia. Rientra per la maggior parte del suo sviluppo nella classe di criticità AIIb e per una estensione molto limitata nell'area a Rischio IdrogeologicoR1 del Piano Stralcio AdB.

Categoria di sottosuolo: E

Classe di criticità: IIb.2

Area non edificata su via Dante

E' ubicata sulle argille.

Categoria di sottosuolo: C

Classe di criticità: IIb.1

Area non edificata in via Protospata – via Annunziatella

E' collocata tra via Protospata e via Annunziatella. La parte medio-bassa si sviluppa sulle argille, la parte superiore sulle sabbie. Come sondaggio di riferimento può assumersi S50 la cui successione stratigrafica può essere così sintetizzata:

- 0.00 – 1.70 m Sabbia
- 1.70 – 19.40 m Argilla

Categoria di sottosuolo: C

Classe di criticità: IIb.1 - IIb.2

Area non edificata in via Lamanna

E' ubicata per lo più nella parte di valle di via Lamanna su una copertura di terreni eluvio-colluviali, di spessore dell'ordine di qualche metro, sovrastante i terreni argillosi.

Categoria di sottosuolo: C

Classe di criticità: IIb.1

Area non edificata in via Lamanna

E' situata nella parte di monte di via Lamanna sui terreni argillosi. I sondaggi ubicati nelle immediate vicinanze, a valle della predetta via, non possono essere di riferimento in quanto ricadono in un vasto accumulo di terreno di riporto, il cui spessore raggiunge anche i 9 m.

Categoria di sottosuolo: C

Classe di criticità: Ib.5 - IIb.2

Area in via Lanera – Parco del castello

Dal punto di vista geologico è costituita nella parte alta dalle sabbie e nella parte bassa dalle argille.

Categoria di sottosuolo: C

Classe di criticità: IIb.2 – Ib.5 – Ib.4

Area non edificata in via Castelnuovo

Ricade sulle calcareniti.

Categoria di sottosuolo: A o B

Classe di criticità: Ib.1 – Ib.2

Area non edificata nei pressi di via Annibale M. di Francia

Ricade sui terreni sabbiosi. La successione litostratigrafica può desumersi dal sondaggio S10:

- 0.00 – 1.20 m Sabbie
- 1.20 – 6.70 m Limo argilloso-sabbioso
- 6.70 – 7.20 m Sabbie
- 7.00 – 40.0 m Argille

Categoria di sottosuolo: C

Classe di criticità: Ib.3

Area non edificata nei pressi di via Francesco Conte

E' situata sulle argille. Il sondaggio S40, posto nelle immediate vicinanze, indica la seguente successione dei terreni:

- 0.00 – 15.00 m Argilla
- 15.00 – 16.00 m Sabbia
- 16.00 – 16.50 m (fondo foro) Calcarenite

Categoria di sottosuolo: E

Classe di criticità: Ib.2 – Ib.3

Area non edificata tra via dell'Ariete e via del Toro

E' situata in via del Toro. Parte ricade sulle calcareniti e parte sulle argille. Per quest'ultima parte si può assumere come riferimento litostratigrafico il sondaggio S70:

- 0.00 – 4.10 m Argilla
- 4.10 – 6.50 m (fondo foro) Calcarenite

Categoria di sottosuolo: E

Classe di criticità: Ib.1 – Ib.2

Area non edificata a Borgo La Martella – via Arno

E' ubicata sulle argille. Non si hanno sondaggi nelle vicinanze, ma interpolando i dati dell'area si può affermare che il tetto delle calcareniti dovrebbe trovarsi al massimo tra i 10 – 15 m di profondità.

Categoria di sottosuolo: E

Classe di criticità: Ib.2

Area non edificata a Borgo La Martella – campo sportivo

Ricade sulle argille. Per la successione litostratigrafica si può assumere, come riferimento, il sondaggio S116:

- 0.00 – 15.00 m Argilla
- 15.00 – 25.00 m (fondo foro) Calcarenite

Categoria di sottosuolo: E

Classe di criticità: Ib.2