

**POLITECNICO DI TORINO**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE**

**II SESSIONE - ANNO 1999**

**RAMO IDRAULICA - TEMA N. 2**

In un comune della pianura piemontese, in provincia di Torino, è stata pianificata la costruzione di un edificio industriale. La zona su cui è prevista l'edificazione è pianeggiante e non è classificata come sismica; in essa è stata eseguita l'indagine geotecnica prevista dalla vigente normativa, che è consistita in:

- due sondaggi geotecnici, spinti fino alla profondità di 20 metri dal piano campagna e l'installazione di un piezometro Casagrande, per il rilievo della superficie piezometrica della falda nel terreno,
- una prova penetrometrica statica (CPT), spinta fino a 17 metri dal piano campagna,
- alcune prove di laboratorio (classificazione e granulometrie), eseguite su campioni rimaneggiati, prelevati nel corso dei sondaggi, di cui sono allegati i risultati.

I risultati dei sondaggi e della prova CPT sono riportati nelle figure 1, 2 e 3.

Il progetto architettonico prevede:

- l'esecuzione di uno scavo in corrispondenza dell'impronta dell'edificio, fino alla quota di 4.5 metri sotto il piano campagna circostante (considerato come quota zero),
- all'interno dello scavo, l'esecuzione di fondazioni superficiali isolate, a sostegno della struttura principale, poste ad una quota, rispetto al piano di scavo, che va stabilita dal progettista geotecnico. La quota pavimento finito è collocata a 4.0 metri sotto lo zero di riferimento.
- A causa della presenza di edifici adiacenti, che causano sul terreno a ridosso dell'area dell'intervento una pressione valutata in 10 kPa, è necessario che lo scavo sia eseguito a pareti verticali: per questo, occorre realizzare, prima della sua esecuzione, un diaframma in cemento armato, a partire dalla quota di 0.80 metri sotto il piano zero, infisso nel terreno fino ad una quota da determinare. In sommità al diaframma, dopo il suo completamento, sarà eseguita una trave orizzontale di collegamento di cemento armato, di dimensioni (larghezza x altezza) pari a 0.80 m x 0.80 m. La trave solidarizza in sommità gli elementi verticali del diaframma, che devono essere realizzati

separatamente. Essi hanno dimensione in pianta pari a (larghezza x sviluppo orizzontale) 0.80 m x 2.5 m. Lo schema risultante è quello rappresentato in figura 4.

Alla luce della normativa vigente si chiede di:

1. redarre il progetto geotecnico completo (diaframma e fondazioni superficiali), tenuto conto delle condizioni al contorno (falda, sovraccarico esterno di 10 kPa, ecc.) e delle caratteristiche del terreno di fondazione,
2. eseguire le verifiche strutturali (plinto tipo e diaframma), sulla base dei valori massimi delle sollecitazioni di progetto,
3. definire tipo e disposizione dell'armatura (Fe B 44 k), sia per il plinto tipo sia per il diaframma. In quest'ultimo caso si adotti per l'armatura principale una disposizione simmetrica sui due lembi.
4. Redarre le disposizioni tecnico-esecutive relative a: l'esecuzione dello scavo per la realizzazione del diaframma, il successivo posizionamento della gabbia di armatura, il getto del calcestruzzo, i controlli in corso d'opera sui materiali ed il loro impiego, l'esecuzione degli scavi per i plinti isolati, la realizzazione dello strato compattato destinato a supportare la pavimentazione.
5. Sulla base delle disposizioni della legge 494/96, inerente la sicurezza nei cantieri, predisporre un programma dei lavori, descrivendo le fasi esecutive (successione e durata), ed elencare i rischi associati a ciascuna fase, utili per la redazione del piano di sicurezza in fase di progetto.

Quanto sopra deve essere esposto in una relazione illustrativa e di calcolo, completa di allegati grafici, che dovrà contenere nell'ordine:

- a. Una breve descrizione dell'opera e dello scavo necessario per la sua realizzazione. In questo capitolo il candidato dovrà definire le dimensioni in pianta dello scavo, la maglia dei pilastri, il carico agente alla loro base, tenuto conto del tipo di struttura e della sua destinazione.
- b. La descrizione dei risultati dell'indagine geotecnica e la caratterizzazione del terreno, e cioè:
  - il modello stratigrafico assunto,
  - i parametri di calcolo

- la falda e le sue eventuali oscillazioni
- c. il progetto geotecnico del diaframma, utilizzando uno dei metodi appresi nel corso degli studi, giustificando dal punto di vista tecnico le scelte progettuali operate,
- d. il progetto geotecnico delle fondazioni a plinto (capacità portante e cedimenti), con riguardo anche alla loro quota di posa ed alle modalità esecutive, compresa la realizzazione del riporto per la costruzione della pavimentazione alla quota di 4.00 metri dallo zero di riferimento (quota terreno originale).
- e. La scelta dei materiali e le verifiche strutturali del plinto tipo e del diaframma, corredata dei disegni di progetto di questi due elementi (sezioni tipo).
- f. Le specifiche tecniche delle principali lavorazioni, vale a dire le disposizioni costruttive ed i controlli.
- g. Il programma dei lavori, suddiviso nelle tre fasi principali (realizzazione del diaframma, delle fondazioni, dello strato di fondazione della pavimentazione) e nelle fasi secondarie all'interno di ciascuna di esse.
- h. Una breve analisi dei rischi associati ad ogni lavorazione ed alcuni cenni sulle misure da adottare per la loro riduzione e prevenzione.

#### NOTE

- Alcuni elementi di dettaglio che riguardano le strutture da realizzare, il terreno di fondazione ed i materiali più idonei da impiegare non sono stati volutamente precisati. Il candidato è tenuto a definirli in modo opportuno e coerente.
- Per quanto riguarda i punti dell'elenco sopra esposto, i quesiti che vanno dal punto a) al punto e) sono da ritenersi prioritari.

#### ALLEGATI:

- figure 1, 2, 3, 4.
- risultati delle prove di laboratorio

profondità dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo a tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimanecciati	permeabilità (cm/s)		
0.40	0.40		Terreno vegetale, limoso-sabbioso.		carotaggio 131 mm												
	4.10		Ghiala eterometrica con sabbia debolmente limosa talora pre- valente, discreto grado di ossidazione, da poco a moderata- mente addensata, colore nocciola con screziature ocracee.								3.00 5-7-5					3.00 4.16E-03	
4.50	0.90		Sabbia medio-fine ghiaiosa con discreta ossidazione, modera- tamente addensata, colore nocciola con screziature ocracee.		rotazione con carotaggio continuo diam. 101 mm sempl.	127 mm	90 - 100 %							4.00 CR 1 4.30	4.20		
5.40			Sabbia fine talora debolmente limosa, da poco a modera- tamente addensata, colore grigio.										6.00 4-6-6				
	5.10															8.00 CR 2 8.40	9.00
10.50	1.50		Sabbia fine limosa, poco addensata, colore grigio.										9.00 6-7-8				10.50
12.00	3.80		Sabbia medio-fine con subordinati livelli centimetrici limo- so-siltosi, moderatamente addensata, colore grigio.										12.00 9-11-9			11.00 CR 3 11.30	
15.80	4.20		Alternanza di passate decimetriche di sabbia medio-fine e di li- velli centimetrici limoso-siltosi, moderatamente addensata, co- lore grigio.										15.00 7-9-8			13.00 CR 4 13.40	
20.00										18.00 8-10-14			16.00 CR 5 16.40				
													18.60 CR 6 19.00				

La quota di inizio loro corrisponde al piano di campagna.

FIGURA I

profondità dal p.c. (m)	potenza dello strato	sezione stratigrafica	descrizione litologica	livello stab. della falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo a tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni ind. Shelby	campioni rimaneggiati	permeabilità (cm/s)
0.70	0.70		Terreno di riporto prevalentemente sabbioso con frammenti millimetrici lateritici.												
1.70	1.70		Limo sabbioso, poco consistente, discreta ossidazione, colore bruno-nocciola con laminazioni ocracee.		carotaggio 131 mm										
2.40	1.30		Limo sabbioso con subordinati livelli centimetrici sabbioso fini, poco consistente, discreta ossidazione, colore nocciola con laminazioni ocracee.							3.00 4-6-8			3.00 CR 1 3.40	3.00 CR 1 3.50	3.00
3.70	2.60		Limo sabbioso passante in profondità a sabbia limosa, moderatamente addensata, colore nocciola con screziature.												6.41E-06
6.30	2.50		Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa talora prevalente, moderatamente addensata, colore grigio-nocciola.							6.00 1-2-10				6.70 CR 2 7.00	4.50
8.80	3.00		Sabbia medio-fine ghiaiosa, moderatamente addensata, colore nocciola.	8.00	rotazione con carotaggio continuo diam. 101 mm sempl.	127 mm	90 - 100 %			9.00 8-8-10			9.70 CR 3 10.00		
11.80	1.20		Sabbia medio grossolana con subordinata frazione ghiaiosa fine, moderatamente addensata, colore grigio.							12.00 4-7-9					12.00
13.00	2.70		Sabbia medio-fine con ghiaietto sparso, moderatamente addensata, colore grigio.										13.50 CR 4 14.00		3.59E-04
15.70	1.10		Sabbia fine limosa, poco addensata, colore grigio.							15.00 7-6-9					
16.80	3.20		Sabbia medio-fine, moderatamente addensata, colore grigio.							18.00 8-11-10			15.00 CR 5 16.30		
20.00													18.00 CR 6 18.30		

La quota di inizio foro corrisponde al piano di campagna.

Nota: il campione Shelby è stato prelevato in un foro a fianco appositamente realizzato per il campionamento indisturbato. Il piezometro installato è del tipo a tubo aperto in PVC diam. 2".  
Rifluimento in colonna a ca. 9 m

FIGURA 2

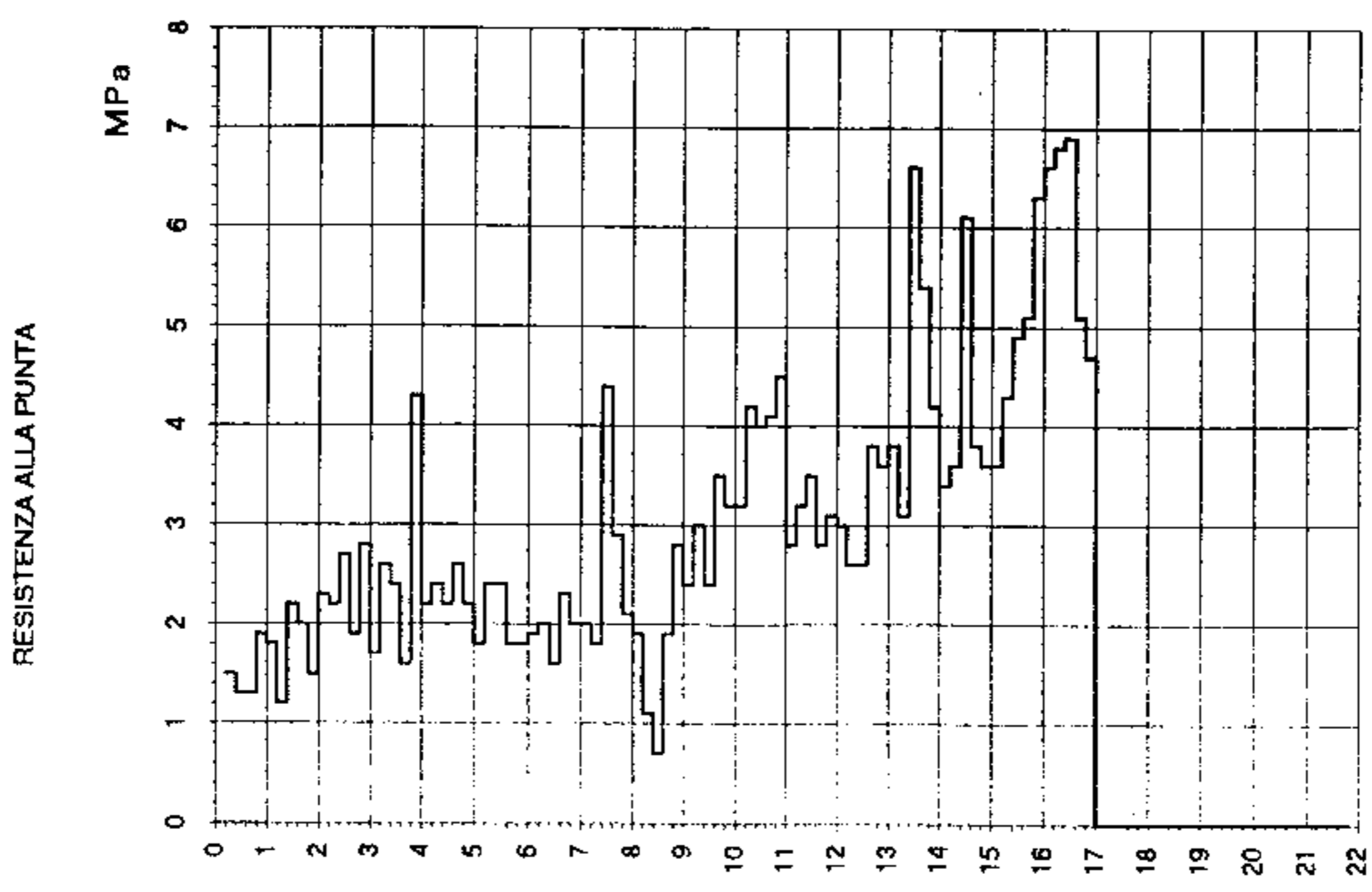
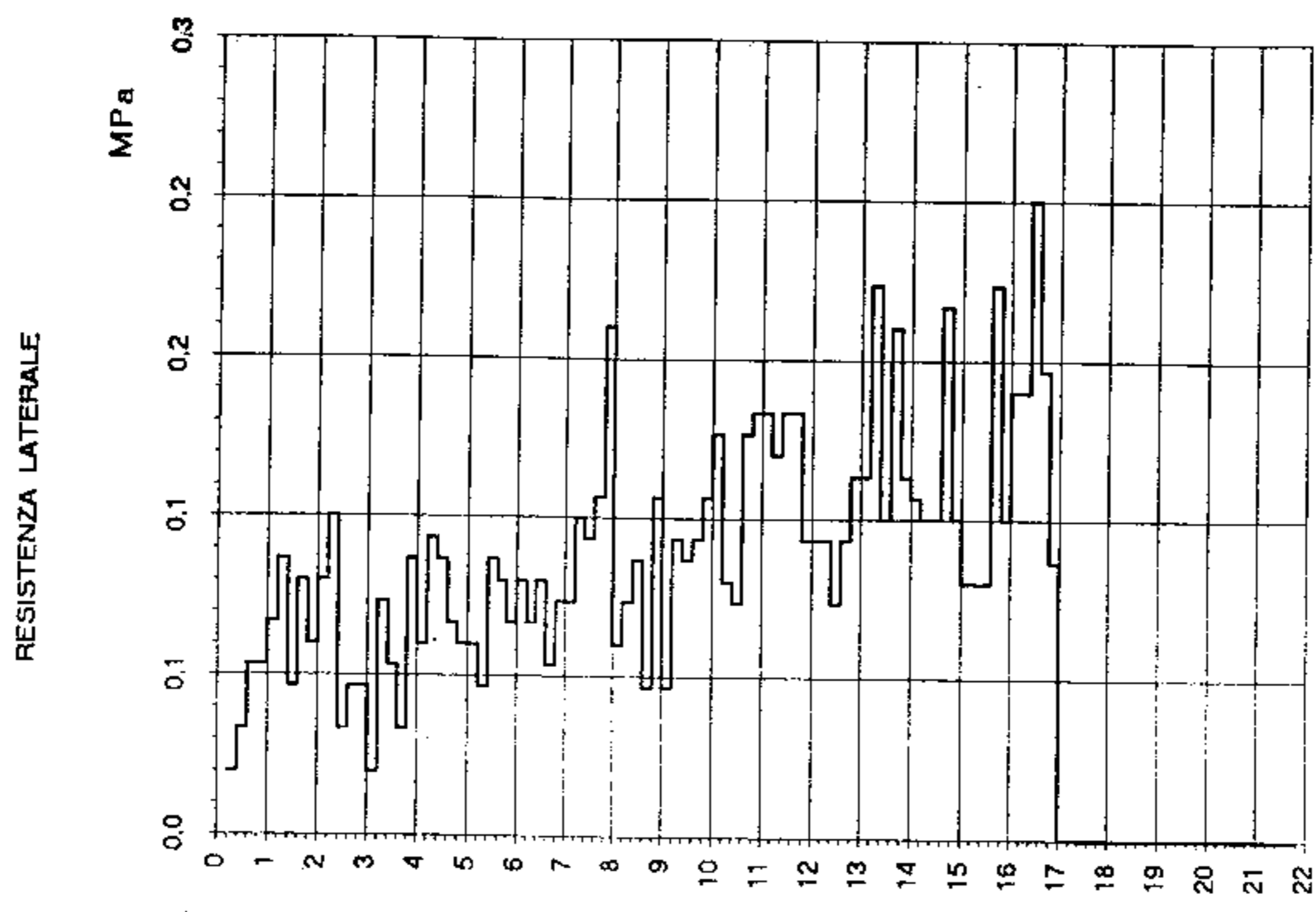
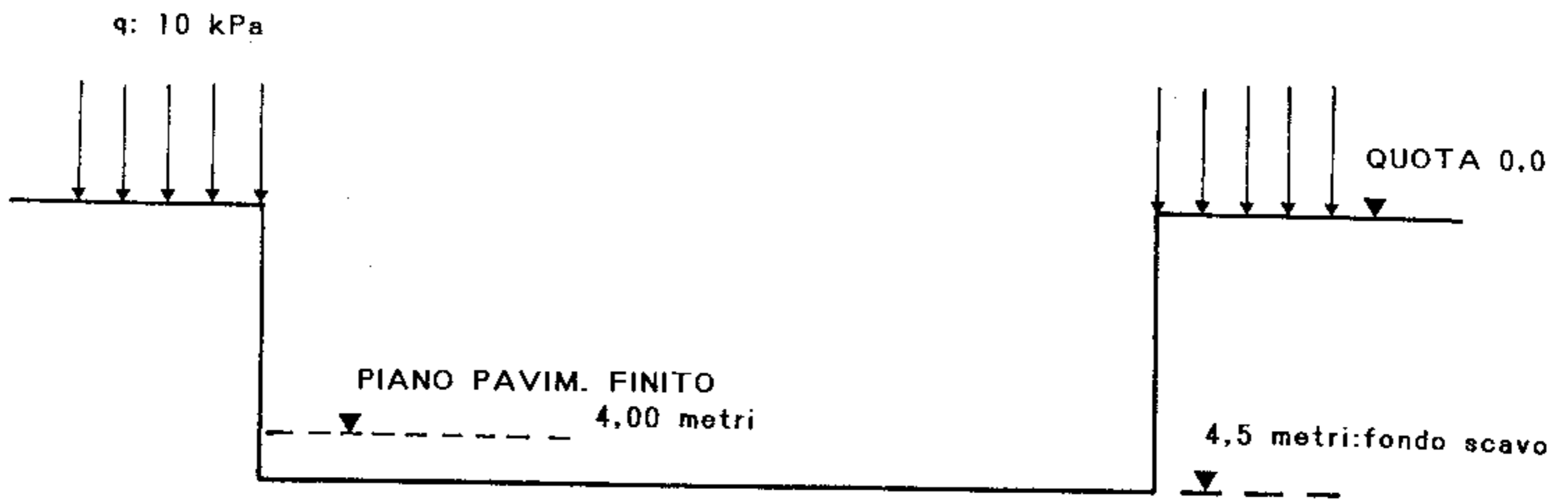
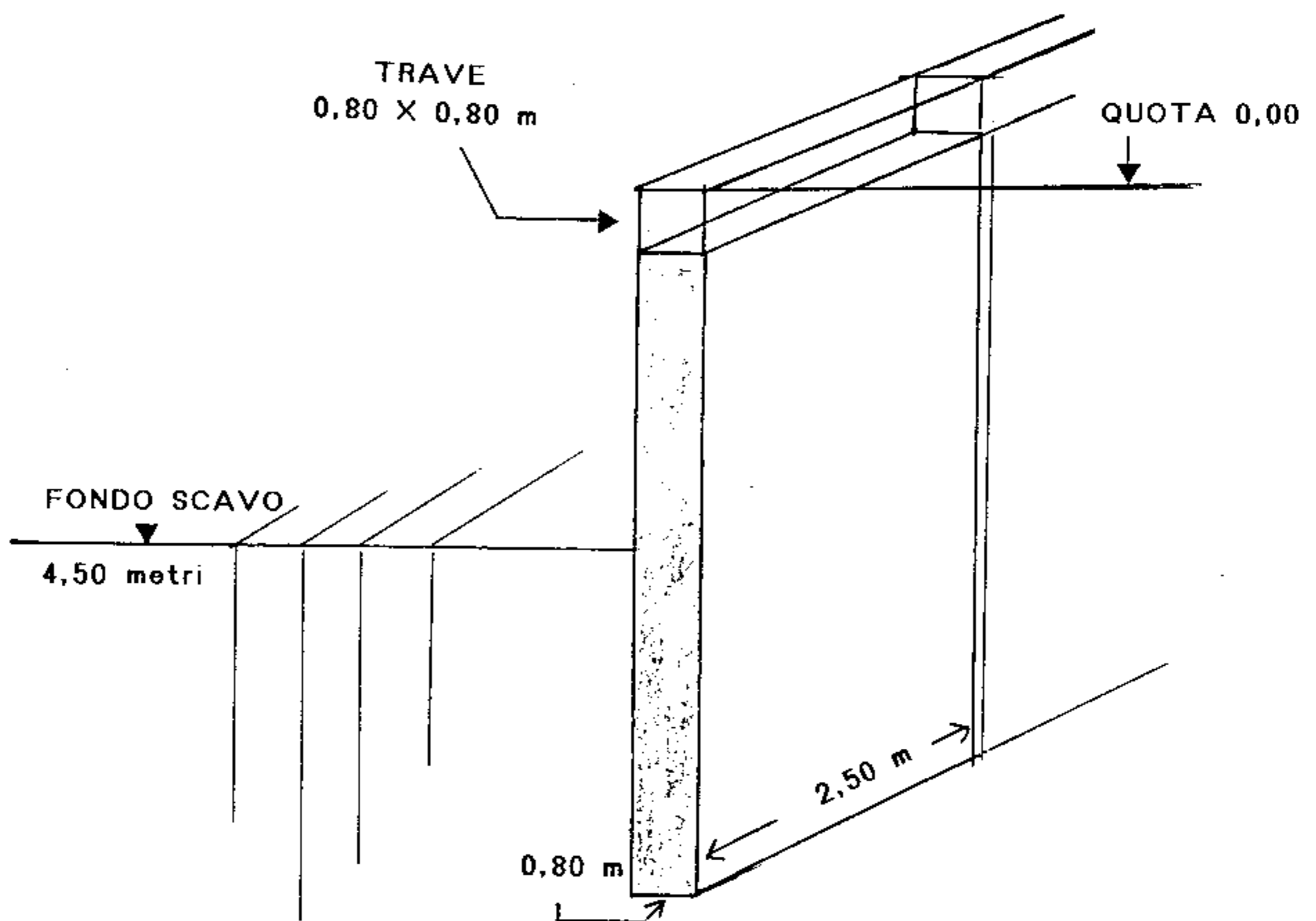


FIGURA 3



(a) SCHEMA DELLO SCAVO



(b) SCHEMA DEL PANNELLO TIPO E DELLA TRAVE DI COLLEGAMENTO (CONTINUA)

FIGURA 4

campione CR1

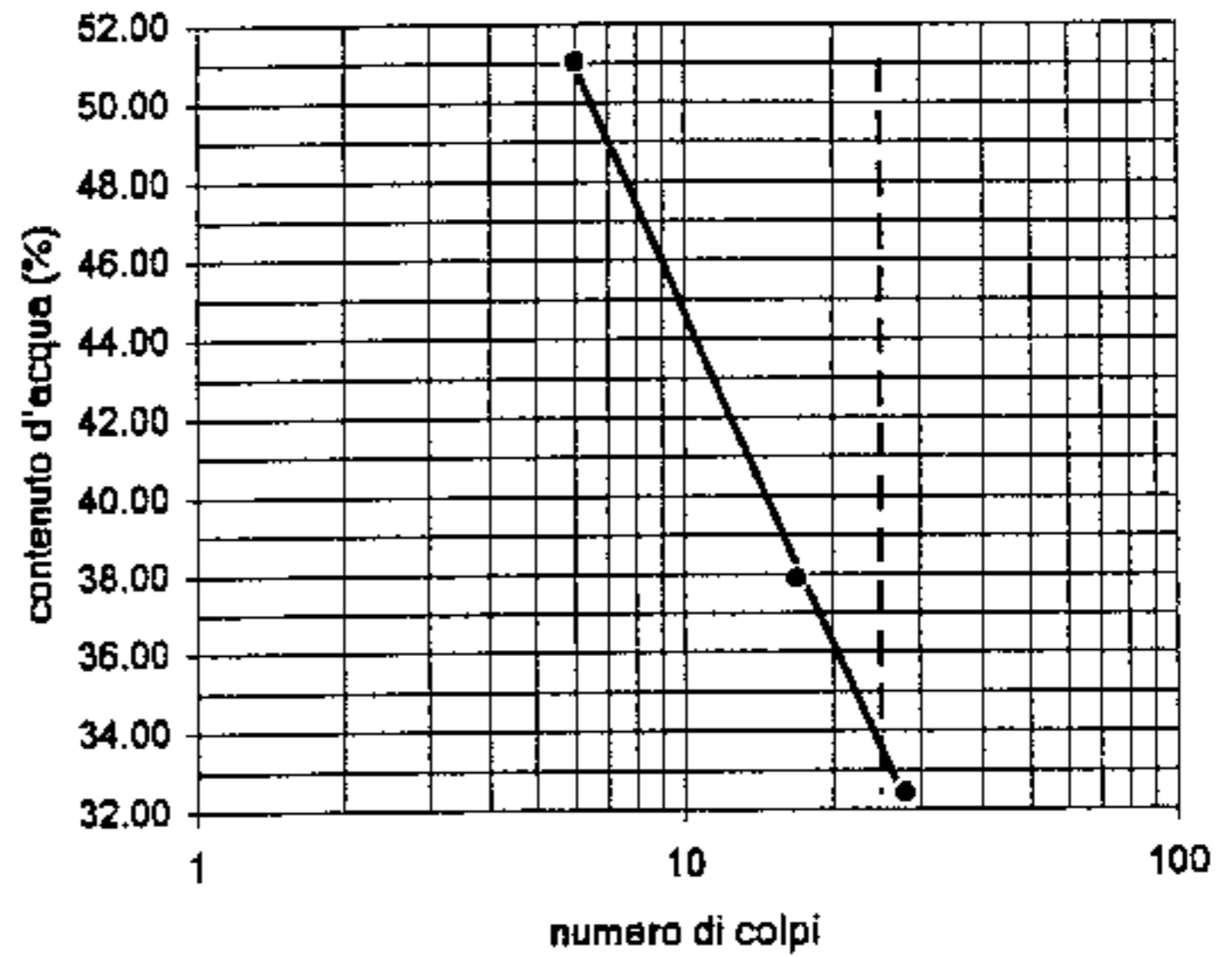
profondità (m). 3.0-3.50

**Limite Liquido**

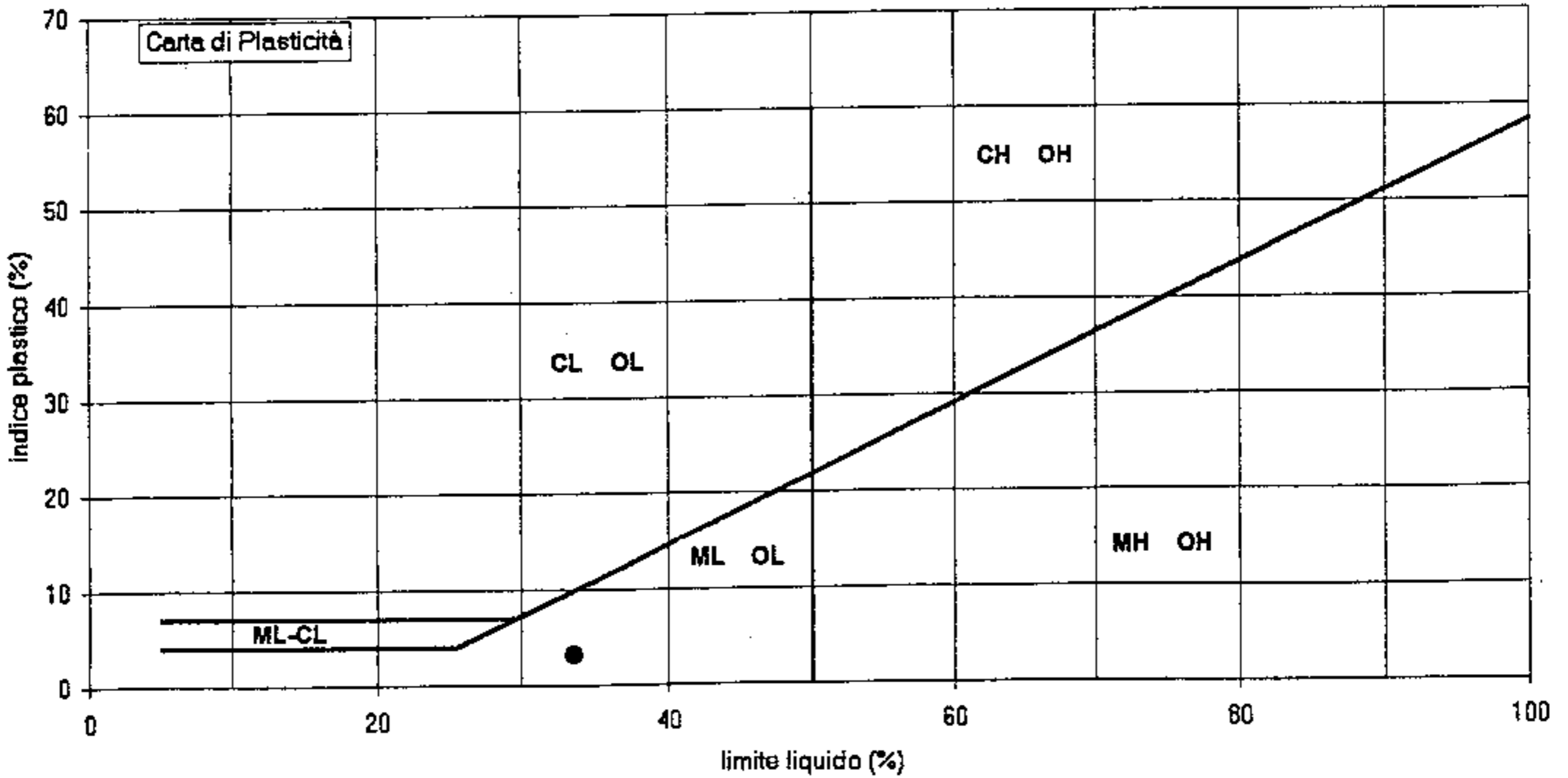
	B	F	L
Numero tara	6	17	28
Numero dei colpi	6	17	28
P. umido + tara (g)	19.66	19.81	18.69
P. secco + tara (g)	17.23	17.93	17.50
Peso tara (g)	12.47	12.97	13.83
Peso umido (g)	7.19	6.84	4.86
Peso secco (g)	4.76	4.96	3.67
Contenuto acqua (%)	51.05	37.90	32.43

**Limite Plastico**

	S	G
Numero tara		
P. umido + tara (g)	15.66	15.38
P. secco + tara (g)	15.05	14.79
Peso tara (g)	13.02	12.86
Peso umido (g)	2.64	2.52
Peso secco (g)	2.03	1.93
Contenuto acqua (%)	30.05	30.57



Limite Liquido %	LL	33.6
Limite Plastico %	LP	30.3
Indice Plastico %	IP	3.3



(a)



campione CR1

profondità (m) 3.0-3.50

Quantità di terreno analizzato (g)	120	Peso specifico dei granuli (g/cm <sup>3</sup> )	2.68
------------------------------------	-----	---	------

apertura maglie	peso inerte trattenuto	parziali trattenuti	totale trattenuti	totale passante	tempo	lettura aerometro	Hr	corr. temp.	diametro dei granuli	passante parziale	somma
mm	g	%	%	%	min	R	cm		mm	%	%
76.200	0.00	0.00	0.00						0.0750		71.45
50.800	0.00	0.00	0.00		0.5	255	9.54	-1.13	0.0570	92.40	66.02
38.100	0.00	0.00	0.00		1	225	10.19	-1.13	0.0417	80.44	57.47
25.400	0.00	0.00	0.00		2	179	11.19	-1.13	0.0309	62.09	44.37
19.050	0.00	0.00	0.00		4	136	12.12	-1.13	0.0227	44.99	32.14
12.700	0.00	0.00	0.00		8	97	12.96	-1.13	0.0166	29.59	21.14
9.520	0.00	0.00	0.00		15	73	13.49	-1.13	0.0124	19.79	14.14
4.760	0.00	0.00	0.00		30	57	13.83	-1.13	0.0089	13.49	9.64
2.000	0.00	0.00	0.00	100.00	60	49	14.01	-1.13	0.0063	10.25	7.32
0.420	0.16	0.13	0.13	99.87	120	44	14.12	-1.13	0.0045	8.18	5.84
0.177	3.12	2.60	2.73	97.27	240	40	14.21	-1.13	0.0032	6.66	4.76
0.075	30.98	25.82	28.55	71.45	480	38	14.25	-1.13	0.0022	5.86	4.19
fondo	85.74	71.45	100.00		1440	34	14.34	-1.13	0.0013	4.27	3.05

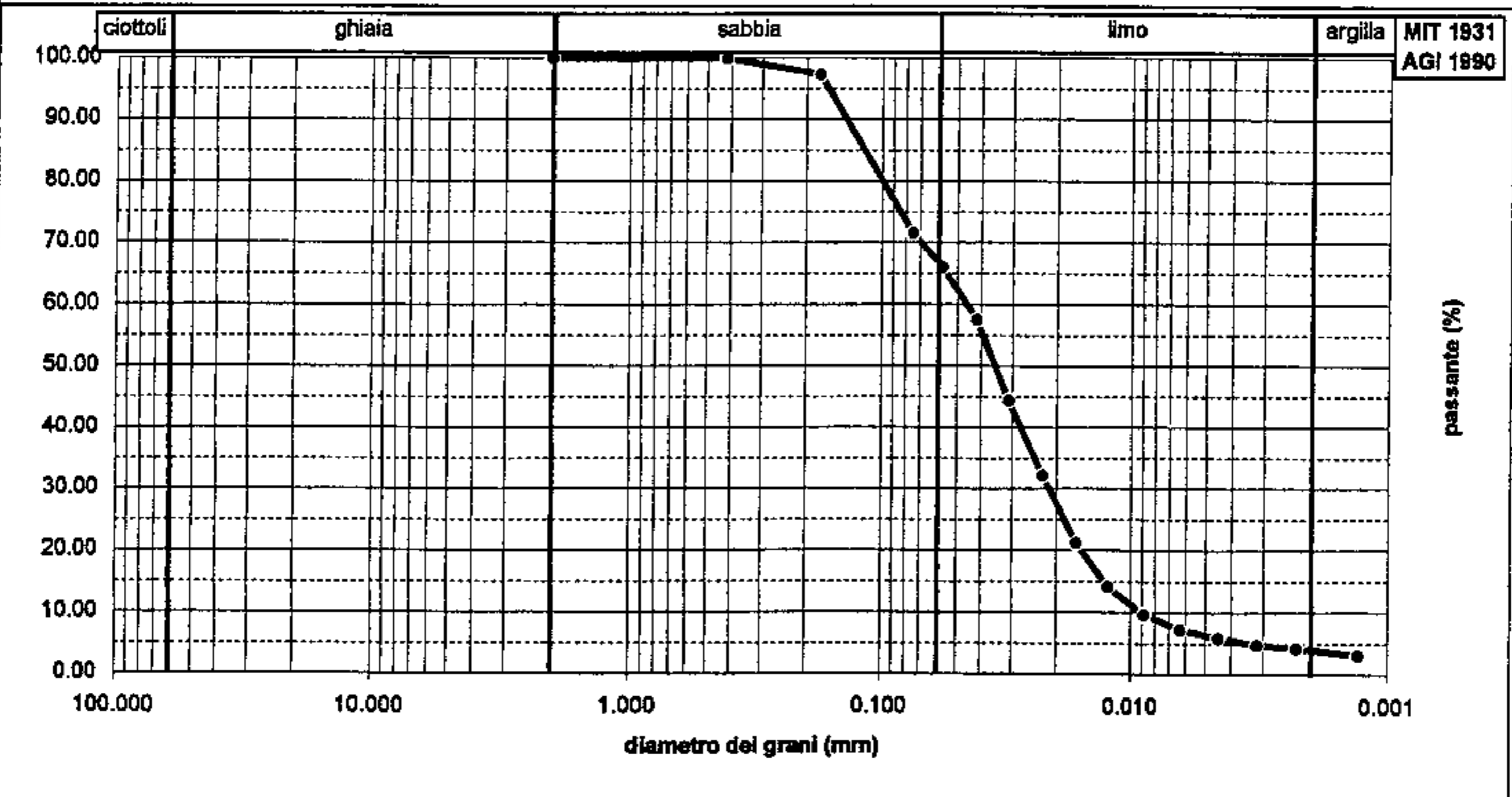
**DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE TERRENO**

**limo con sabbia**  
 classif. CNR-UNI10006: A4      classif. USCS: ML

Temperatura di prova °C      23.0

Correzione menisco      0.3

Correzione dispersivo      -1.5



5

campione CR2

profondità (m): 6.7÷7.0

Quantità di terreno analizzato (g) 1500

Peso specifico dei granuli (g/cm<sup>3</sup>)

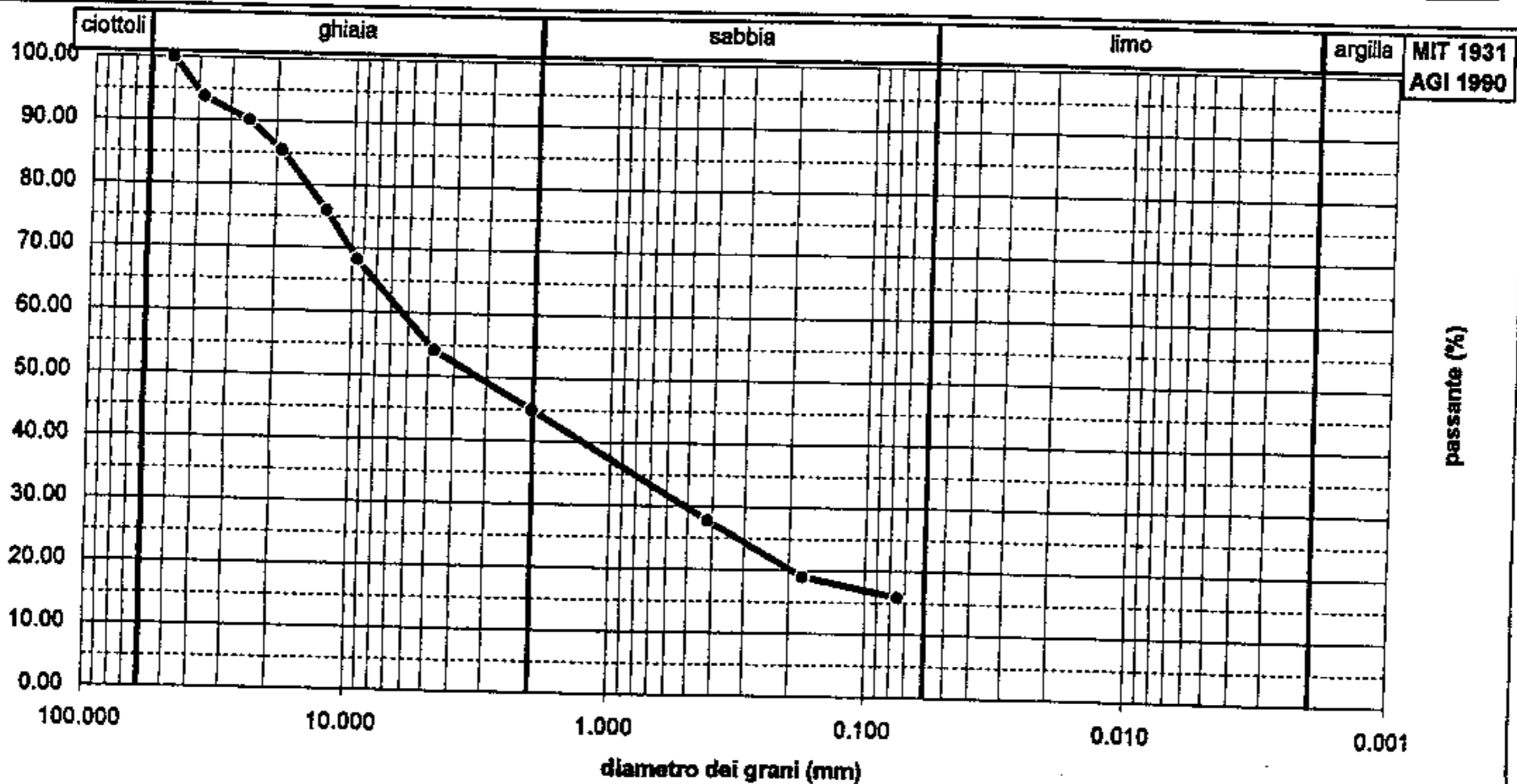
apertura maglie mm	peso inerte trattenuto g	parziali trattenuti %	totale trattenuti %	totale passante %	tempo min	lettura aerometro R	Hr cm	corr. temp.	diametro dei granuli mm	passante parziale %	somma %
76.200	0.00	0.00	0.00								
50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	0.5						
38.100	94.20	6.28	6.28	93.72	1						
25.400	53.70	3.58	9.86	90.14	2						
19.050	70.40	4.69	14.55	85.45	4						
12.700	142.50	9.50	24.05	75.95	8						
9.520	116.00	7.73	31.79	68.21	15						
4.760	210.90	14.06	45.85	54.15	30						
2.000	137.80	9.19	55.03	44.97	60						
0.420	257.60	17.17	72.21	27.79	120						
0.177	131.80	8.79	80.99	19.01	240						
0.075	47.70	3.18	84.17	15.83	480						
fondo	237.40	15.83	100.00		1440						

DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE TERRENO

**ghiaia limosa con sabbia**  
 classif. CNR-UNI10006: A1-b classif. USCS: GM

Temperatura di prova °C

Correzione menisco  
 Correzione dispersivo



(C)

campione CR3

profondità (m): 9.7+10.0

Quantità di terreno analizzato (g) 500

Peso specifico dei granuli (g/cmc)

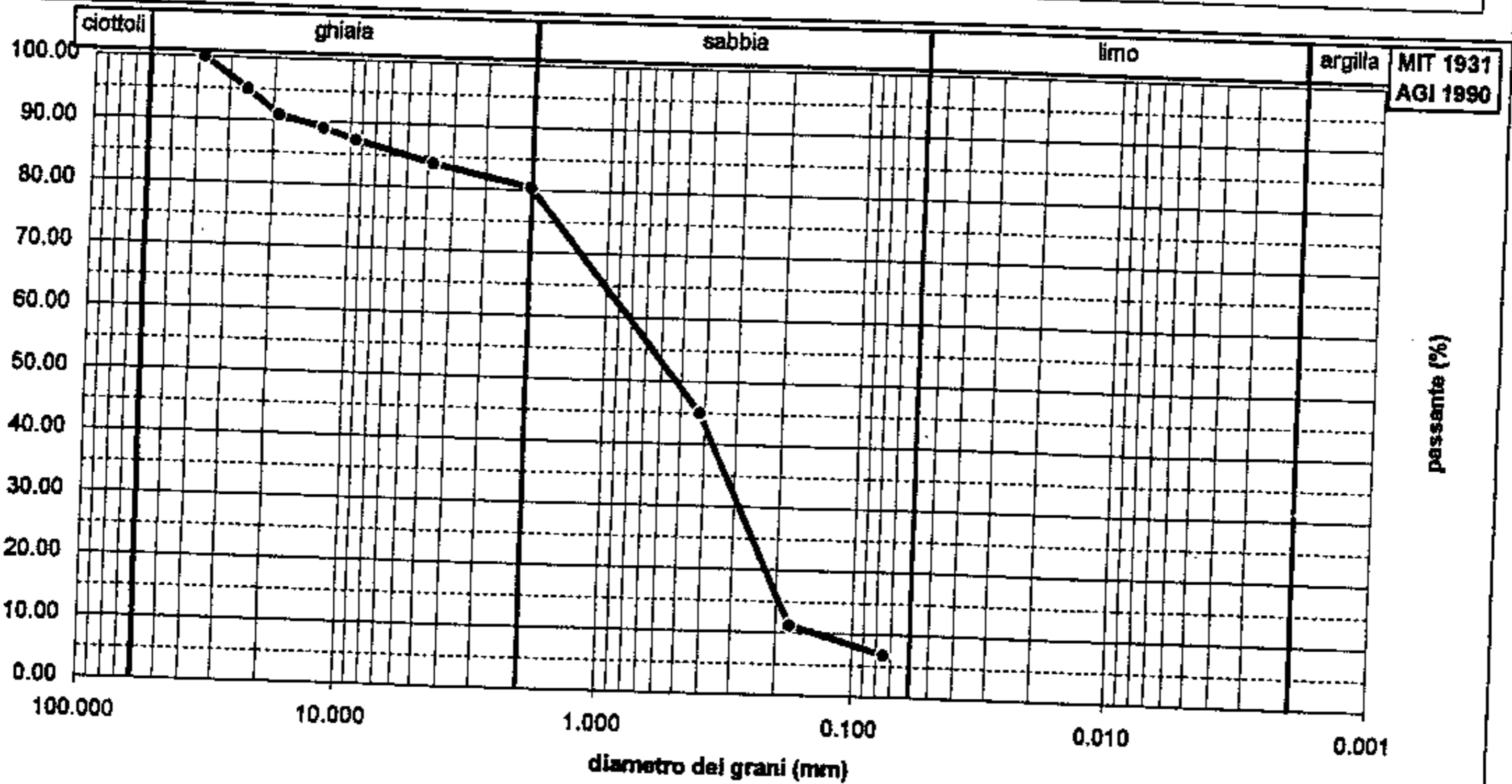
apertura maglie mm	peso inerte trattenuto g	parziali trattenuti %	totale trattenuti %	totale passante %	tempo min	lettura aerometro R	Hr cm	corr. temp.	diametro dei granuli mm	passante parziale %	somma %
76.200	0.00	0.00	0.00								
50.800	0.00	0.00	0.00		0.5						
38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	1						
25.400	25.20	5.04	5.04	94.96	2						
19.050	19.90	3.98	9.02	90.98	4						
12.700	10.20	2.04	11.06	88.94	6						
9.520	8.70	1.74	12.80	87.20	15						
4.760	16.90	3.38	16.18	83.82	30						
2.000	17.20	3.44	19.62	80.38	60						
0.420	177.10	35.42	55.04	44.96	120						
0.177	168.50	33.70	88.74	11.26	240						
0.075	22.60	4.52	93.26	6.74	480						
fondo	33.70	6.74	100.00		1440						

DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE TERRENO

sabbia ghiaiosa debolm. limosa  
 classif. CNR-UNI10006: A1-b classif. USCS: SW-SM

Temperatura di prova °C

Correzione menisco  
 Correzione dispersivo



(2)

**campione CR1**

**profondità (m): 4.0+4.3**

Quantità di terreno analizzato (g) **800**

Peso specifico dei granuli (g/cmc)

apertura maglie	peso inerte trattenuto	parziali trattenuti	totale trattenuti	totale passante	tempo	lettura aerometro	Hr	corr. temp.	diametro dei granuli	passante parziale	somma
mm	g	%	%	%	min	R	cm		mm	%	%
76.200	0.00	0.00	0.00								
50.800	0.00	0.00	0.00		0.5						
38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	1						
25.400	17.30	2.16	2.16	97.84	2						
19.050	7.80	0.98	3.14	96.86	4						
12.700	43.00	5.38	8.51	91.49	8						
9.520	23.00	2.88	11.39	88.61	15						
4.760	61.80	7.73	19.11	80.89	30						
2.000	56.70	7.09	26.20	73.80	60						
0.420	251.30	31.41	57.61	42.39	120						
0.177	139.10	17.39	75.00	25.00	240						
0.075	39.70	4.96	79.96	20.04	480						
fondo	160.30	20.04	100.00		1440						

**DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE TERRENO**

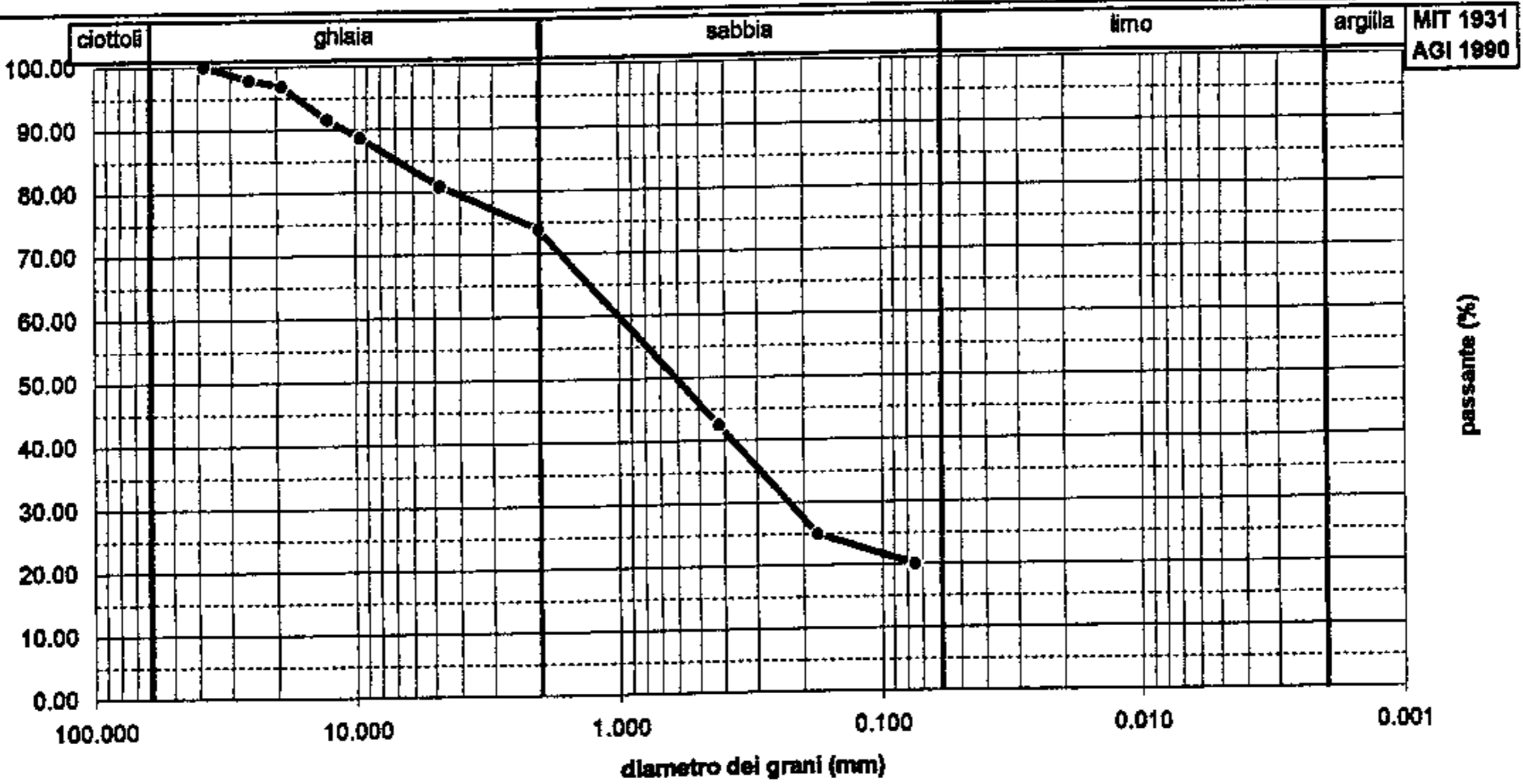
**sabbia limosa con ghiaia**

classif. CNR-UNI10006: A1-b      classif. USCS: SM

Temperatura di prova °C

Correzione menisco

Correzione dispersivo



(e)

campione CR2

profondità (m): 8.0+8.4

Quantità di terreno analizzato (g) 250

Peso specifico dei granuli (g/cm<sup>3</sup>)

apertura maglie	peso inerte trattenuto	parziali trattenuti	totale trattenuti	totale passante	tempo	lettura aerometro	Hr	corr. temp.	diametro dei granuli	passante parziale	somma
mm	g	%	%	%	min	R	cm		mm	%	%
76.200	0.00	0.00	0.00								
50.800	0.00	0.00	0.00		0.5						
38.100	0.00	0.00	0.00		1						
25.400	0.00	0.00	0.00		2						
19.050	0.00	0.00	0.00		4						
12.700	0.00	0.00	0.00		8						
9.520	0.00	0.00	0.00		15						
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	30						
2.000	0.70	0.28	0.28	99.72	60						
0.420	9.00	3.60	3.88	96.12	120						
0.177	15.29	6.12	10.00	90.00	240						
0.075	127.50	51.00	61.00	39.00	480						
fondo	97.51	39.00	100.00		1440						

DESCRIZIONE E CLASSIFICAZIONE TERRENO

sabbia fine con limo

classif. CNR-UNI10006: A4

classif. USCS: SM

Temperatura di prova °C

Correzione menisco

Correzione dispersivo

