



DAMES & MOORE

A DAMES & MOORE GROUP COMPANY

ANALISI DEL GAS
INTERSTIZIALE

Monteardone, Fornovo (Pr)

preparato per:
Consorzio G.M.A.

Settembre 1997

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. METODOLOGIA DI LAVORO.....	3
2.1 RILIEVO DEL GAS INTERSTIZIALE NEL TERRENO.....	3
2.2 RILEVO DEL GAS NEI SONDAGGI ESISTENTI.....	4
2.3 ANALISI DEL GAS IN SITO	4
2.4 ANALISI DEL GAS IN LABORATORIO.....	5
3. RISULTATI.....	6
4. CONCLUSIONI	7

Tabelle

Tabella 1	Risultati analisi gas interstiziale nel terreno. Prima campagna di misure (12-13 agosto)
Tabella 2	Risultati analisi gas interstiziale nei piezometri e inclinometri esistenti. Prima e seconda campagna di misure (14-25 agosto)
Tabella 3	Risultati analisi gas interstiziale nel terreno. Seconda campagna di misure (25 agosto)
Tabella 4	Risultati analisi di laboratorio sui campioni di gas interstiziale.

Figure

Figura 1	Inquadramento geografico dell'area di studio.
Figura 2	Ubicazione delle indagini effettuate

Allegati

Allegato 1	Certificati delle analisi chimiche sui campioni di gas
------------	--

1. INTRODUZIONE

Dames & Moore è stata incaricata nell'agosto 1997 dal Consorzio G.M.A., di eseguire un monitoraggio della concentrazione naturale di gas metano nel sottosuolo di un'area di circa 4.000 m², sede di una futura discarica di RSU, in località Monteardone-Fontanelle nel Comune di Forno di Taro (PR) (Figura 1).

L'area nella quale sorge la discarica è interessata dall'affioramento delle Argille a Palombini che sono a contatto per faglia con le Argille di Lugagnano.

La ricerca del gas metano nell'area della discarica discende dalla possibilità, desunta da precedenti esperienze, che le Argille a Palombini siano metanifere.

2. METODOLOGIA DI LAVORO

La metodologia dei lavori, descritta nell'offerta Dames & Moore MIL079717 del 30 luglio 1997, è stata oggetto di una riunione tenuta il con il dott. Alemani di HPC Envirotec, nel corso della quale è stato chiarito il contesto generale del lavoro e sono state concordate le modalità di svolgimento dell'indagine.

Il rilievo ha compreso due campagne di misure effettuate a distanza di circa dieci giorni, con lo scopo di verificare l'eventuale accumulo di gas metano nei punti di prelievo:

1. la prima ha riguardato il rilievo su 38 fori realizzati per questa indagine e su 8 inclinometri e piezometri presenti in sito;
2. la seconda ha riguardato i rilievi su 18 fori appositamente attrezzati durante la prima campagna, su 8 piezometri e inclinometri presenti e nel prelievo di quattro campioni di gas da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Le attività in sito sono state svolte dal dott. M. Roveda dell'ufficio Dames & Moore di Milano

2.1 Rilievo del gas interstiziale nel terreno

Il rilievo del gas interstiziale è stato effettuato su 38 punti posizionati nell'area della discarica, con densità maggiore delle misure in corrispondenza dei terreni ascrivibili alla Formazione delle Argille a Palombini e nella zona circostante il contatto tettonico che mette a contatto le stesse con le altre Formazioni argillose.

Oltre alla concentrazione percentuale di gas metano sono state misurate, per verifica, le concentrazioni di ossigeno e anidride carbonica.

Il rilievo del gas è stato condotto attraverso le seguenti operazioni:

- perforazione con trapano elettrico a roto-percussione con punta di diametro 18 mm fino alla profondità di 60 cm;

- infissione manuale di una punta di acciaio per ulteriori 10 cm, fino al raggiungimento della profondità di circa 70 cm;
- estrazione della punta di acciaio;
- inserimento nel foro di un tubo di campionamento a perdere realizzato in plastica;
- prelievo dei gas dal fondo foro e analisi in campo tramite l'utilizzo di un analizzatore di gas all'infrarosso portatile per la misura del metano, dell'ossigeno e dell'anidride carbonica;
- predisposizione del foro per misure successive. Questa operazione, effettuata su 18 punti, è consistita nell'installazione nel terreno di un tubo in plastica fessurato all'estremità inferiore, nella cementazione dell'estremità superiore del foro ed infine nella chiusura del tubo di prelievo con un attacco rapido per la misura del gas.

2.2 Rilevo del gas nei sondaggi esistenti

In considerazione della presenza nell'area della discarica di un discreto numero di piezometri e inclinometri è stato ritenuto utile effettuare il rilievo dei gas in corrispondenza di essi, in modo da avere informazioni relative a profondità maggiori.

I piezometri e gli inclinometri hanno una profondità media approssimativa di 15 metri dal piano campagna.

La misura è avvenuta calando il tubo di prelievo nel foro.

I numeri identificativi di tali punti di rilievo sono gli stessi utilizzati dal Consorzio G.M.A., la loro ubicazione è riportata nella Fig. 2.

2.3 Analisi del gas in sito

I gas sono stati analizzati in campo mediante analizzatore di gas modello GA 94 della Geotechnical Instruments collegato direttamente al tubo di campionamento. Le procedure di analisi dello strumento sono quelle descritte nel seguito:

- una pompa interna allo strumento aspira il gas, privato del suo contenuto in acque da un filtro, in una cella di campionamento;
- un raggio all'infrarosso, tramite filtri di zaffiro, viene proiettato attraverso il gas campionato. Il raggio è tarato per tre determinazioni: metano, anidride carbonica e una per la compensazione;
- un microprocessore calcola l'ammontare di luce infrarossa assorbita secondo le diverse lunghezze d'onda e determina i livelli di concentrazione dei vari gas presenti;
- le concentrazioni vengono evidenziate su un pannello a cristalli liquidi espresse come percentuali di gas su volume;
- la concentrazione di ossigeno viene misurata mediante una cella galvanica principale.

Le specifiche tecniche dello strumento sono:

Temperatura di esercizio:	da 0 °C a 40 °C
Umidità relativa:	0-100 %, senza condensa
Alimentazione:	batteria interna ricaricabile
Intervalli operativi:	CH ₄ : 0-100 % CO ₂ : 0-50 % O ₂ : 0-21 %
Intervallo di pressione:	da 900 a 1100 mbar

2.4 Analisi del gas in laboratorio

Durante il secondo campionamento del 25 agosto nei punti di rilievo del gas interstiziale numero 6, 10, 17 e 24 sono stati prelevati campioni di gas da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Il gas è stato campionato con una pompa a portata costante pari a 2,5 L/min. in contenitori di Tedlar ® nuovi con capacità di circa 1 litro. Per ogni punto sono stati prelevati circa 2 litri di gas.

I contenitori, etichettati rispettivamente "Monteardone 6, 10, 17 e 24" e conservati in un borsa refrigerata, sono stati consegnati due ore dopo il prelievo al laboratorio di analisi INDAM di Flero (BS), per la determinazione analitica.

La metodologia di analisi usata è stata la gascromatografia mediante FID in colonna capillare, per separazione degli idrocarburi leggeri. Il limite di rilevabilità di questa metodica è 1 ppm.

3. RISULTATI

I risultati della prima fase di indagine del gas interstiziale effettuata nei giorni 12, 13 e 14 agosto 1997 sono riportati nella Tabella 1 per quanto riguarda le misure nel terreno, la Tabella 2 mostra i risultati delle misure negli otto piezometri e inclinometri esistenti nel sito.

Le concentrazioni di gas metano misurate in percentuale sul volume, sono pari a zero in tutti i punti analizzati.

La Tabella 3 riporta i risultati delle misure effettuate nei fori attrezzati per il secondo campionamento, le concentrazioni riguardanti i piezometri e gli inclinometri esistenti sono invece mostrate nella Tabella 2.

Anche in questo caso le concentrazioni percentuali misurate di gas metano sono tutte pari a zero.

I risultati delle analisi condotte in laboratorio sui campioni prelevati in sito, sono riportate nella Tabella 4, i rapporti di analisi di laboratorio sono riportati nell'Allegato 1.

Le determinazioni di gas metano sono tutte inferiori al limite di rilevabilità che è di 1 ppm, ad eccezione del campione prelevato in corrispondenza del punto 17 in cui è stata misurata una concentrazione molto prossima al limite di rilevabilità della gascromatografia.

Le concentrazioni misurate in laboratorio confermano quindi, nell'ambito dei differenti limiti di rilevabilità degli strumenti di laboratorio e di campo, i risultati del rilievo in sito.

4. CONCLUSIONI

I risultati dei rilievi e delle analisi di campo, relativamente alle metodologie utilizzate, non hanno evidenziato la presenza di gas metano.

Le analisi effettuate in laboratorio hanno evidenziato concentrazioni inferiori o molto prossime al limite di rilevabilità (1 ppm) della gascromatografia.

oOo

Confidando che il presente rapporto soddisfi le esigenze del consorzio G.M.A., restiamo a disposizione per qualsiasi chiarimento.

DAMES & MOORE INTERNATIONAL

Project manager
Fabio Pascarella



Project director
Andrea Campioni



TABELLE

Tabella 1

Risultati analisi gas interstiziale nel terreno Prima campagna di misure (12-13 agosto)

Numero id.	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Numero id.	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
1	0,0	0,0	20,5	20	0,0	0,0	21,3
2	0,0	0,0	20,8	21	0,0	0,0	21,4
3	0,0	0,0	20,7	22	0,0	0,0	21,0
4	0,0	0,0	20,8	23	0,0	0,0	20,8
5	0,0	2,3	17,3	24	0,0	0,0	21,1
6	0,0	0,0	20,6	25	0,0	0,0	21,0
7	0,0	0,0	20,7	26	0,0	0,0	21,3
8	0,0	0,1	20,4	27	0,0	0,0	21,3
9	0,0	0,0	20,9	28	0,0	0,0	21,0
10	0,0	0,3	20,1	29	0,0	0,0	21,1
11	0,0	0,0	21,0	30	0,0	0,0	20,9
12	0,0	0,0	20,9	31	0,0	0,0	21,4
13	0,0	0,0	21,0	32	0,0	0,0	20,8
14	0,0	0,0	21,0	33	0,0	0,0	21,0
15	0,0	0,0	20,8	34	0,0	0,0	21,3
16	0,0	0,0	21,0	35	0,0	0,0	20,9
17	0,0	0,0	21,0	36	0,0	0,0	21,0
18	0,0	0,0	21,4	37	0,0	0,0	21,4
19	0,0	0,0	21,0	38	0,0	0,0	21,1

Tabella 2

**Risultati analisi gas interstiziale nei piezometri e inclinometri esistenti
Prima e seconda campagna di misure (14 -25 agosto)**

Prima campagna				Seconda campagna			
Numero id.	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Numero id.	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
PZ1	0,0	0,0	21,0	PZ1	0,0	0,0	20,5
PZ2	0,0	0,0	21,2	PZ2	0,0	0,0	20,5
PZ3	0,0	0,0	21,3	PZ3	0,0	0,0	20,4
PZ4	0,0	0,0	21,0	PZ4	0,0	0,0	20,6
PZ5	0,0	0,0	21,2	PZ5	0,0	0,0	20,6
7*	0,0	0,0	21,6	7	0,0	0,0	20,6
S1	0,0	0,0	21,4	S1	0,0	0,0	20,6
S2	0,0	0,0	21,4	S2	0,0	0,0	20,8

* il punto 7 è il piezometro nei pressi di PZ3

Tabella 3

Risultati analisi gas interstiziale nel terreno Seconda campagna di misure (25 agosto)

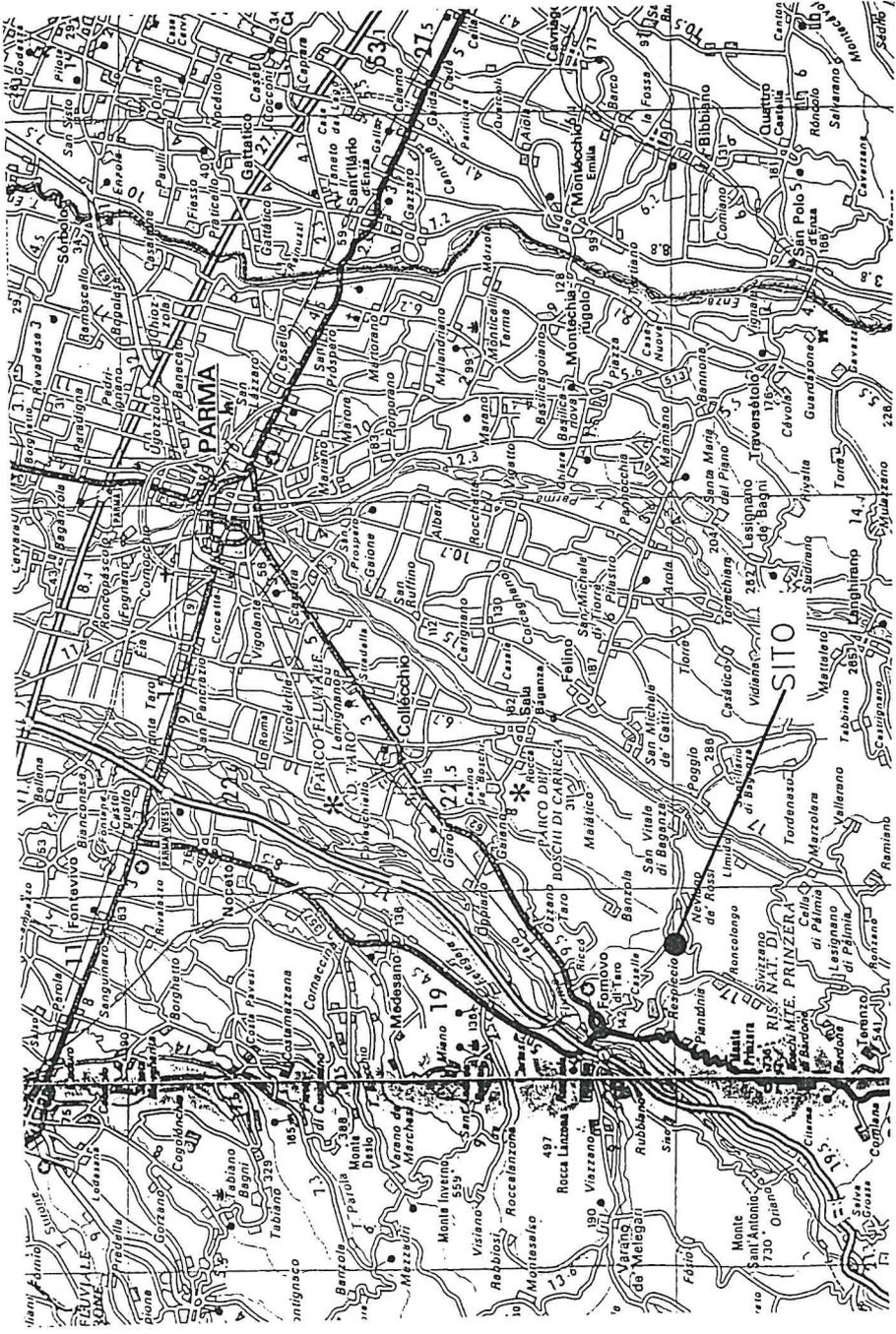
Numero id.	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
6	0,0	0,3	18,6
8	0,0	0,0	20,7
10	0,0	0,3	19,8
14	0,0	0,0	20,5
16	0,0	0,0	20,6
17	0,0	0,7	19,7
18	0,0	0,0	20,7
19	0,0	0,0	20,8
22	0,0	0,0	20,6
23	0,0	0,0	20,2
24	0,0	0,0	20,5
25	0,0	0,0	20,5
26	0,0	0,0	20,6
27	0,0	0,0	20,5
28	0,0	0,0	20,4
29	0,0	0,0	20,4
30	0,0	0,0	20,4
31	0,0	0,0	20,5

Tabella 4

Risultati analisi di laboratorio sui campioni di gas interstiziale

Campione #	data di prelievo	CH ₄ (ppm)
6	25/08/97	< 1
10	25/08/97	< 1
17	25/08/97	1,3
24	25/08/97	< 1

FIGURE



DCM
DAMES & MOORE
INTERNATIONAL SRL
A DAMES & MOORE SUBSIDIARY

Via Colidaro, 21
 20153 Milano - Tel.
 39-2-452665 Fax.
 39-2-452665

CLIENTE : **CONSORZIO G.M.A.
 MONTEARDONE - FORNOVO (PR)**
 OGGETTO : **FIGURA 1: INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELLA
 AREA DI STUDIO**

SCALE:	DATA:	DIS:	CONTROL:	FILE:	PROGETTO N°	DISEGNO N°
1:250000	29-09-97	C.G.	F.P.	VARIE/GMA	37277-001	FIGURA 1



LEGENDA	
+	SOIL GAS SURVEY
●	PIEZOMETRO
⊕	INCLINOMETRO

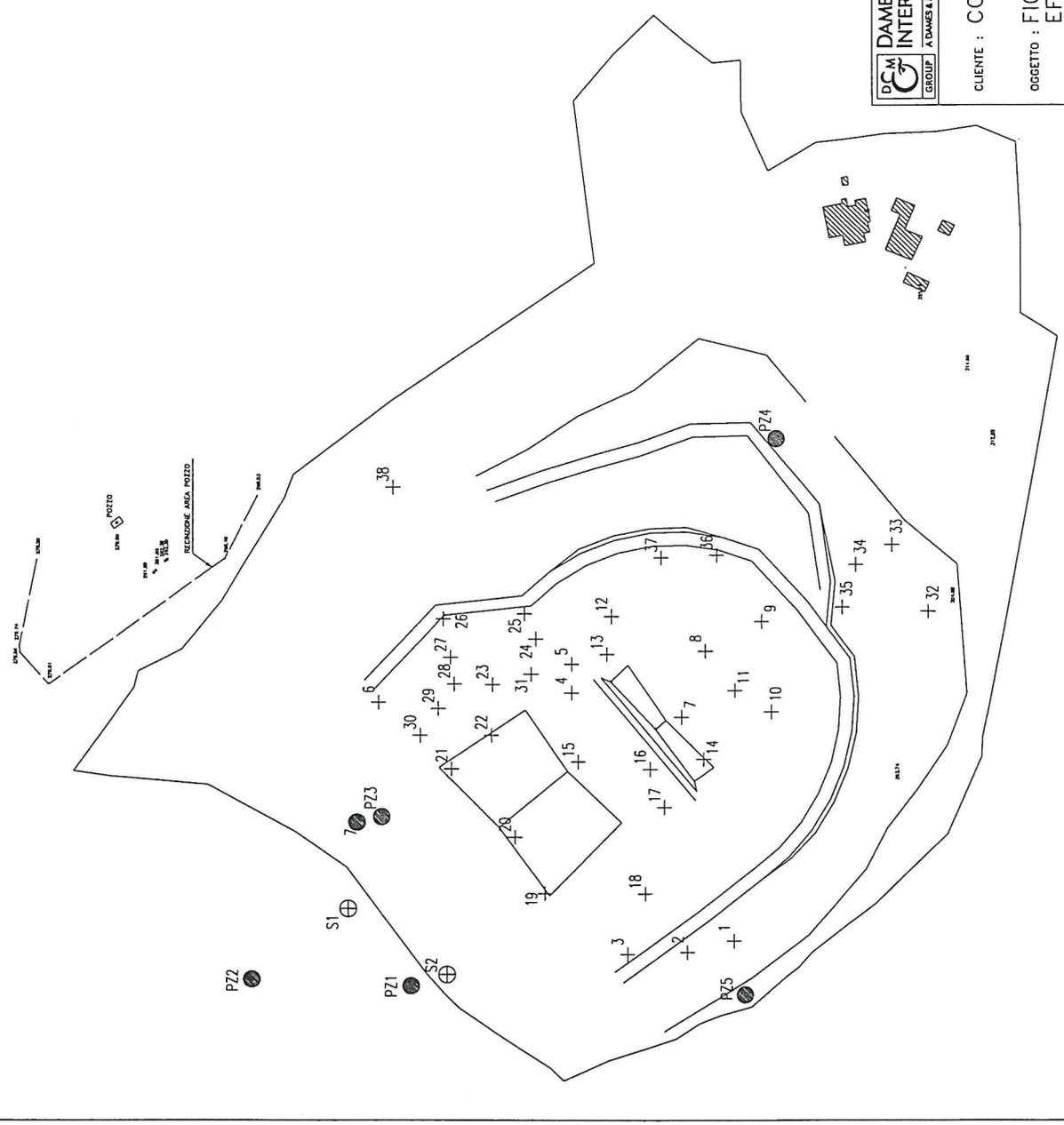
Via Caldera, 21
20153 Milano
39-2-4526576 Tel.
39-2-4526695 Fax.

DCM
DAMES & MOORE
INTERNATIONAL SRL
GROUP A DAMES & MOORE SUBSIDIARY

CLIENTE : CONSORZIO G.M.A.

OGGETTO : FIGURA 2: UBICAZIONE DELLE INDAGINI EFFETTUATE

SCALA:	DATA:	DIS.:	CONTROL:	FILE:	PROGETTO N°	DISEGNO N°
1:3000	13-10-95	C.G.	F.P.	VARIE\GMA	37277-001	FIGURA 2



ALLEGATO 1

CERTIFICATI DELLE ANALISI CHIMICHE

RAPPORTO D'ANALISI

No. : 9773 del 26-08-97
pag. 1 di N. 1 pagine

n° di registro : 977923
ns distinta : **

Denominazione : Gas
Relativo a : Campione n. 6 - Monte Ardone (PR)
Contenuto in : Sacchetto tedlar
Presentato da : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL - Milano
Prelevato da : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL - Milano
Data presentazione : 25-08-97
Committente : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL

Aspetto : /
Note : /
Analisi richiesta : Come sottoriportato

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di misura	Risultati analitici
Metano	ppm	n.d. - inf. a 1

Legenda: n.d. = non dosabile, inferiore al limite di rivelabilità del metodo adottato.



Il presente rapporto d'analisi contiene i risultati che si riferiscono esclusivamente al campione provato.
Il rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio.

RAPPORTO D'ANALISI

No. : 9774 del 26-08-97

pag. 1 di N. 1 pagine

n° di registro : 977924

ns distinta : **

Denominazione : Gas
Relativo a : Campione n. 10 - Monte Ardone (PR)
Contenuto in : Sacchetto tedlar
Presentato da : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL - Milano
Prelevato da : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL - Milano
Data presentazione : 25-08-97
Committente : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL

Aspetto : /
Note : /
Analisi richiesta : Come sottoriportato

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di misura	Risultati analitici
Metano	ppm	n.d. - inf. a 1

Legenda: n.d. = non dosabile, inferiore al limite di rivelabilità del metodo adottato.



Il presente rapporto d'analisi contiene i risultati che si riferiscono esclusivamente al campione provato.
Il rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio.



indam
laboratori chimici srl

ANALISI STUDI E RICERCHE APPLICATE AL
SETTORE AMBIENTALE E CONTROLLO QUALITÀ

indam laboratori chimici srl

via San Desiderio, 21 - 25020 Flero (Brescia)
tel. 030/3581231 (3 l. r.a.) - fax 030/3581241
c.f. e p.iva 00915210173 - c.c.i.a.a. bs 225674

Laboratorio accreditato n. 059 da SINAL - Sistema
Nazionale Accreditamento dei Laboratori - Roma

Laboratorio associato ALPI - Associazione Laboratori di
prova e Organismi di certificazione indipendenti - Milano

RAPPORTO D'ANALISI

No. : 9775 del 26-08-97
pag. 1 di N. 1 pagine

n° di registro : 977925
ns distinta : **

Denominazione : Gas
Relativo a : Campione n. 17 - Monte Ardone (PR)
Contenuto in : Sacchetto tedlar
Presentato da : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL - Milano
Prelevato da : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL - Milano
Data presentazione : 25-08-97
Committente : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL

Aspetto : /
Note : /
Analisi richiesta : Come sottoriportato

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di misura	Risultati analitici
Metano	ppm	1.3



Il presente rapporto d'analisi contiene i risultati che si riferiscono esclusivamente al campione provato.
Il rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio.

RAPPORTO D'ANALISI

No. : 9776 del 26-08-97
pag. 1 di N. 1 pagine

n° di registro : 977926
ns distinta : **

Denominazione : Gas
Relativo a : Campione n. 24 - Monte Ardone (PR)
Contenuto in : Sacchetto tedlar
Presentato da : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL - Milano
Prelevato da : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL - Milano
Data presentazione : 25-08-97
Committente : DAMES & MOORE INTERNATIONAL SRL

Aspetto : /
Note : /
Analisi richiesta : Come sottoriportato

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di misura	Risultati analitici
Metano	ppm	n.d. - inf. a 1

Legenda: n.d. = non dosabile, inferiore al limite di rivelabilità del metodo adottato.



Il presente rapporto d'analisi contiene i risultati che si riferiscono esclusivamente al campione provato.
Il rapporto non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio.

Allegato 3

“Indagini e verifiche integrative sull’area interessata dalla costruenda discarica
R.S.U. di Monte Ardone in Comune di Fornovo Taro (Provincia di Parma)”, luglio
1997, Ing. A. Pagotto, Dott. M. Nespoli, Milano

CONSORZIO GMA

INDAGINI E VERIFICHE INTEGRATIVE SULL'AREA INTERESSATA DALLA
COSTRUENDA DISCARICA R.S.U. DI MONTE ARDONE IN COMUNE DI FORNOVO
TARO (PROVINCIA DI PARMA)

LUGLIO 1997

RELATORI:
ING. A. PAGOTTO
DOTT. M. NESPOLI



Aldo Pagotto

1. Premessa

Nella presente nota vengono analizzati alcuni risultati relativi alle ultime indagini integrative effettuate in località Monte Ardone del Comune di Fornovo di Taro (Provincia di Parma), dove è in fase di realizzazione un impianto di smaltimento di RSU.

Oltre ai nuovi sondaggi concordati con il Collegio Peritale, sono stati eseguiti un rilievo geologico dell'area, un rilievo della zona dell'invaso (per quanto visibile alla data del rilievo essendo la stessa in continua evoluzione) e una sezione di dettaglio nella quale si è cercato di ricostruire l'assetto strutturale della valletta.

Circa la possibilità di effettuare rilievi strutturali sugli affioramenti, si ritiene che l'operazione risulti estremamente difficoltosa sulla argille a palombini, mentre per quanto riguarda le altre unità affioranti sono state rilevate le principali fratturazioni esistenti anche se non in numero statisticamente idoneo.

Per l'analisi delle deformazioni ci si è anche riferiti ad una pubblicazione esistente ("Le deformazioni dei sedimenti messiniano-pleistocenici fra il F. Taro ed il T. Baganza", Bernini M., 1986), nella quale queste determinazioni sono state eseguite nell'intorno dell'area interessata dalla discarica.

Circa le verifiche di stabilità e il disegno definitivo dell'argine di valle, sono stati effettuati alcuni calcoli che saranno suscettibili di integrazioni.

Per quanto riguarda le analisi del gas interstiziale, si rimanda al programma già concordato che prevede la loro effettuazione al termine degli scavi.

Per le nuove indagini sono stati realizzati:

- un nuovo rilievo geologico delle unità affioranti nell'intorno del Monte Ardone;
- un rilievo dell'assetto geologico dell'area di invaso e la stesura di una sezione geologica interpretativa;
- oltre 10 sondaggi geognostici a carotaggio continuo alcuni dei quali adattati a piezometri;
- effettuazione di prove di laboratorio su campioni cubici rappresentativi delle unità geologiche affioranti nell'invaso;
- ulteriori verifiche di stabilità.

2. Caratteristiche geologiche del settore

A seguito di un rilievo effettuato nel mese di luglio è stata redatta la carta geologica alla scala 1:5000 allegata al presente documento.
Dalla più antica alla più recente sono state rinvenute le seguenti formazioni.

Argille a palombini della media Valle del Taro (Cretacico)

Si tratta di una formazione a prevalenza argillosa con immersi blocchi e strati calcarei, calcareo mamosi e arenitici, attribuita al Cretacico.

Essendo una formazione appartenente al complesso di base, in affioramento risulta tettonizzata sia nella componente matriciale, formata da argille sovraconsolidate scagliose, sia negli inclusi calcarei che appaiono disarticolati.

Le caratteristiche geometriche degli strati componenti l'unità non sono perlopiù identificabili. Il contatto con le formazioni soprastanti, talora di natura incerta, può essere sia di natura tettonica che stratigrafica, in discordanza sedimentaria.

Affioramenti nell'area

Le argille a palombini formano buona parte del Monte Ardone, il versante in destra idrografica del Rio Scavizza (laddove la formazione manifesta un'evoluzione di tipo calanchivo) e la parte bassa delle pendici in sinistra idrografica del Rio Cerreto (orientativamente tra gli impluvi del Rio dei Boschi e del Rio della Mucchia).

Lo spessore della Formazione è superiore a 500 m come provato dalle perforazioni per estrazione di gas metano presenti in sito.

Le caratteristiche metanogeniche della formazione, con particolare riferimento all'area della costruenda discarica, saranno verificate una volta ultimati gli scavi, mediante prelievi di gas interstiziale.

Il suolo sviluppa colorazione tendente al nocciola ed è ricco di inclusi calcarei di svariate dimensioni.

Le formazioni a tetto sono rappresentate dalle seguenti unità:

- Arenarie di Ranzano (e Marne di Monte Piano) - poco a Sud di Monte Ardone;
- Ghiaie del Messiniano - in località Cerreto e presso le confluenze tra il Rio di Monte Ardone e il Rio Cerreto e tra il Rio Fontaneille e il Rio Cerreto;
- Argille plioceniche di Lugagnano - nelle rimanenti zone.

Un ulteriore affioramento di alternanze arenaceo-calcareo-mamose, attribuibile, con discreto margine di incertezza, alla formazione paleocenico-eocenica di Monte Sporno, è stato rinvenuto durante i lavori di approfondimento del fondo vasca.

Un'altra caratteristica dell'unità in oggetto è data dalla presenza di brecce poligeniche, di colore marrone e con clasti estremamente ricchi in ferro, che affiorano in prossimità della culminazione del Monte Ardone.

Data la geometria del limite geologico, si tratta con buona probabilità di un grosso corpo incluso entro le argille a palombini.

Affioramenti nell'invaso

Nell'area dell'invaso la formazione in oggetto affiora in corrispondenza del versante in destra

idrografica.

Come evidenziato dalla carta geologica di dettaglio, allo stato di scavo attuale essa risulta, nella parte bassa dell'invaso, a letto di alternanze arenaceo-calcareo-argillose (probabile Flysch di Monte Sporno) e nella parte alta delle argille plioceniche.

La superficie di contatto con i flysch è di natura estremamente incerta.

Essendo, per quanto visibile, questi ultimi parzialmente ricoperti dalle argille a palombini con contatto di tipo stratigrafico in forte discordanza angolare (si veda la documentazione fotografica) si può avanzare l'ipotesi che la serie torbiditica, originariamente appoggiata in discordanza angolare sui palombini, sia stata, durante l'evoluzione appenninica, ricoperta e parzialmente immersa nell'unità argillosa.

La superficie di contatto con le argille plioceniche appare invece di tipo tettonico; al piano di scavo attuale la superficie di faglia si sviluppa poco a Ovest dell'asse centrale della valle.

Per quanto visibile nelle pareti già scavate, il contatto tra le due formazioni è osservabile unicamente lungo l'attuale strada di cantiere tra i punti battuti P35 e P82; verso valle la prosecuzione della superficie di contatto può essere desunta, non senza incertezze, analizzando le carote estratte dai sondaggi.

Sulla base di quanto ricostruibile al momento del rilievo, il contatto si verifica mediante una faglia, all'incirca immergente WSW con inclinazione di circa 70°; trattandosi tuttavia di formazioni argillose, una delle quali intrinsecamente disarticolata, è peraltro difficoltoso stabilire l'entità della deformazione subita.

La fascia di disturbo dei palombini non mostra sostanziali differenze litotecniche rispetto all'intera porzione affiorante nell'invaso, mentre nell'unità pliocenica soprastante si ha una fascia dello spessore di circa 2 m formata da argille marroni molto consistenti, con frattura scheggiata, che alla rottura presentano superfici lucide.

Nell'unità in oggetto in alcuni casi è possibile intravedere una giacitura degli strati calcarei ma i dati sono da considerarsi incerti in quanto, data la tettonizzazione della formazione, si hanno valori contrastanti anche su aree ridotte.

Nel complesso la natura d'insieme dell'ammasso non consente un'attendibile analisi strutturale.

Localmente si hanno anche affioramenti di facies a colorazione rossastra; esse non mostrano continuità areale e per quanto visibile in sito non sembrano connesse alle superfici di contatto tra le formazioni.

D'altro canto la presenza di facies di tipo varicolore caratterizza in più punti la formazione in oggetto, come può essere osservato anche lungo la carrareccia che dalla C.na Monte Ardone scende verso il pozzo Baganza, in più punti sui versanti a calanchi in destra idrografica del Rio Scavizza e salendo dal sentiero che da Rio Cerreto porta a Pramontano.

Alternanze arenaceo-calcareo-argillose (probabile Flysch di Monte Sporno - Paleocene-Eocene)

Si tratta di una formazione formata da alternanze ritmiche di arenarie, calcari e argille che affiora solo in corrispondenza della porzione di valle dell'invaso.

Sulla base della colorazione dei suoli, si potrebbe tuttavia ipotizzare una sua prosecuzione verso monte ad occupare una fascia, immersa entro le argille a palombini, posta a ridosso del sondaggio Pz4.

Affioramenti nell'invaso

Gli affioramenti di queste litologie si hanno solo in corrispondenza del piano di base dell'invaso laddove sono visibili strati calcareo mamosi e arenacei dello spessore medio di 15-20 cm, alternati ad argille e argilliti di colore marrone e grigio aventi spessore variabile da 1-3 cm sino a

1.5-2 m.

In tutta l'area di affioramento i lembi contenuti nel melange presentano una giacitura pressoché costante (da 190 a 230°) con inclinazione a traversopoggio che tende a ridursi (da circa 50° a 10°) procedendo verso il contatto con le argille plioceniche.

Gli strati argillosi meno competenti si presentano fissili con frattura scheggiata.

Le due principali famiglie di fratture presentano immersione N 320° e N 150° con inclinazioni medie rispettivamente di 60° e 50°.

Fratture secondarie sono disposte ortogonalmente alle precedenti con immersione analoga (o opposta) a quella della giacitura, data la loro inclinazione subverticale.

La spaziatura tra le famiglie è dell'ordine di 10, 20 cm con aperture chiuse (inferiori a 0.5 mm) e non riempite; i giunti hanno limitata estensione e non si propagano entro lo strato argilloso.

Sulla natura del contatto con la formazione sottostante si è già detto nel paragrafo precedente, mentre in riferimento al contatto con le soprastanti argille plioceniche non si hanno al momento riscontri visivi di superficie.

L'unità è per buona parte dell'affioramento ricoperta da uno spessore eluvio-colluviale e in prossimità del contatto con le argille plioceniche, lo stesso è mascherato dai riporti di terreno predisposti per lo scarico delle acque meteoriche.

L'analisi delle carote estratte dai sondaggi e la ricostruzione dell'assetto strutturale dell'invaso consente, non senza incertezze, di valutare lo spessore complessivo di questa unità nell'ordine di qualche metro.

Arenarie di Ranzano e Marne di Monte Piano (Oligocene inf.-Eocene sup.)

Sono formate da strati arenitici, marnosi e siltitici alternati a limi e argille, che vengono datati all'Oligocene-Eocene.

L'unità sormonta, con contatto stratigrafico in discordanza angolare, le argille a palombini; al tetto della formazione, nel settore in esame, non si ha contatto con altre unità.

Affioramenti nell'area

In corrispondenza dell'area rilevata gli affioramenti di questa unità formano buona parte dei versanti del Monte delle Croci.

Le caratteristiche geometriche sono state rilevate presso il bivio sulla strada del Cerreto, dove la formazione immerge N 20° con inclinazione di 45°.

Ghiaie del Messiniano (Miocene sup.- Pliocene inf.?)

Si tratta di depositi formati da ghiaie e ciottoli in abbondante matrice limoso-sabbiosa, attribuiti al Miocene sup.-Pliocene inf.?, che nell'area compaiono a tetto delle argille a palombini.

L'abbondante matrice limoso-sabbiosa e la prevalenza di ciottoli calcarei lasciano presumere che si tratti di depositi di rimaneggiamento alluvionale, avvenuto durante la fase regressiva del Messiniano, di un substrato formato dalle argille a palombini.

Sono frequenti variazioni nello spessore della formazione che in alcuni settori risulta del tutto mancante consentendo la giustapposizione tra le formazioni a prevalenza argillosa dei palombini e di Lugagnano.

Affioramenti nell'area

Nell'intorno dell'area della costruenda discarica gli affioramenti di maggiore estensione sono in prossimità della confluenza tra il Rio di Monte Ardone e il Rio Cerreto e del dosso collinare posto a Est della località Cerreto.

Nel primo caso il contatto con la formazione sottostante è di probabile natura stratigrafica mentre nel secondo di probabile natura tettonica.

Ulteriori limitati affioramenti sono posti nella parte bassa del Rio Fontanelle (poco a valle della discarica) e presso il pozzo Baganza.

Affioramenti nell'invaso

L'invaso rappresenta uno di quei settori in cui la formazione è mancante e nel quale si ha pertanto il contatto tra le unità argillose, diretto o per interposta presenza dell'unità arenaceo-calcareo-argillosa.

Argille di Lugagnano (Pliocene)

E' una unità formata in larga prevalenza da argille limose e limi sabbiosi del Pliocene.

Trattandosi di una formazione del complesso Neautoctono, in affioramento mostra una minore tettonizzazione e una fratturazione che tende perlopiù a scomporre l'ammasso roccioso in blocchi separati da superfici sferoidali di limitata continuità.

Il contatto con le formazioni sottostanti, già analizzato nei paragrafi precedenti, può essere sia di natura tettonica che stratigrafica.

Affioramenti nell'area

Le argille plioceniche formano estesi affioramenti che circondano la struttura del Monte Ardone occupando gran parte del versante in sinistra idrografica del Rio del Cerreto, la porzione settentrionale del versante in destra idrografica del Rio di Monte Ardone e parte del versante Ovest del Monte Ardone.

Su molti versanti l'evoluzione morfologica del territorio occupato da questa unità si esplica attraverso la formazione di calanchi.

Il suolo sviluppa colorazione tendente al grigio e risulta pressoché privo di inclusi se non di natura argillitica o arenitica.

La formazione a letto è rappresentata dalle ghiaie del Messiniano in località Cerreto e presso le confluenze tra il Rio di Monte Ardone e il Rio Cerreto e tra il Rio Fontanelle e il Rio Cerreto.

Nelle rimanenti zone si ha diretto contatto con la formazione delle argille a palombini.

Affioramenti nell'invaso

Nell'area dell'invaso la formazione affiora nel versante in sinistra idrografica della valle ed è direttamente a contatto con le argille a palombini nella parte sommitale dell'invaso e con le alternanze arenaceo-calcareo-argillose in quella di valle.

Gli affioramenti visibili lungo le pareti di monte della strada di accesso alla vasca mostrano litologie argilloso-limose molto consistenti di colorazione grigio cenere, senza alcuna apparente stratificazione (si veda la documentazione fotografica).

Avvicinandosi alla formazione sottostante la fratturazione diviene più scheggiata e a diretto contatto con la stessa si ha una fascia dello spessore di circa 2 m costituita da argille marroni molto consistenti a frattura scheggiata, che alla rottura presentano superfici lucide.

Gli scavi effettuati mostrano che nella zona di coronamento lo spessore eluviale della formazione è di circa 1-2 m.

Secondo le più accreditate ipotesi, il campo di sforzi principale che ha interessato i terreni pre-pleistocenici posti tra il Baganza e il Taro è rappresentato da una direzione di massima compressione NNE con vettore suborizzontale.

In prossimità della struttura di Monte Ardone gli AA. rilevano direzioni di massima compressione discordanti dalle precedenti che vengono attribuite ad una riorientazione del campo degli sforzi connessa ad una attività pleistocenica media e inf. della struttura di Monte Ardone.

Secondo rilievi eseguiti sui ciottoli delle Ghiaie messiniane presso la località Cerreto sono stati infatti rilevati piani di frattura con immersione media di 300° , inclinati di circa 70° in accordo con quanto rilevato su terreni del Pleistocene medio e inf. nel pedemonte parmense.

La struttura del Monte Ardone viene interpretata come un "cuneo di espulsione" delimitato a NE da una faglia inversa e a SW, ovvero nell'area della costruenda discarica, da una faglia diretta.

Queste evidenze appaiono più o meno concordanti con quanto rilevato in sito sia entro le litologie arenaceo-calcaree affioranti alla base dell'invaso sia nelle argille plioceniche, sebbene in riferimento a queste ultime si ha una distribuzione dei poli delle fratture più disperso.

Tale fatto è probabilmente connesso alla difficoltà di individuare le principali famiglie entro un'ammasso nel quale i sistemi secondari di fratturazione si sviluppano lungo superfici chiuse di tipo semi-sferoidale che tendono a suddividere lo stesso in blocchi aventi dimensioni medie da una a poche decine di cm.

I giunti piani principali risultano in buona parte chiusi (apertura inferiore a 0.5 mm) e risulta difficoltoso individuare quelli di maggiore frequenza.

Si può affermare che la maggiore frequenza, estensione e apertura è relativa a una famiglia di fratture che presenta immersione e inclinazione media N 160° e $65-80^\circ$.

Le stesse presentano in taluni casi anche un'estensione di alcuni metri, con apertura da 1 a 5 mm e sono talora riempite da materiale argilloso o con pareti ricoperte da incrostazioni calcitiche.

Le rimanenti famiglie presentano perlopiù caratteristiche tra loro analoghe, contraddistinte da estensioni alquanto inferiori (fa in parte eccezione la famiglia N $45^\circ-60^\circ$ che risulta leggermente più estesa), apertura inferiore a 0.5 mm e che terminano contro una delle già menzionate superfici semi-sferoidali.

Sebbene sicure deduzioni potrebbero derivare solo da un numero statisticamente più rilevante di misure, si può affermare che le evidenze in sito lascerebbero ipotizzare la presenza di una faglia non diretta, ma inversa, con asse di massima compressione ortogonale alla direzione del piano di faglia.

Tali evidenze sono date da:

- la presenza di fratture di estensione disposte ortogonalmente alla superficie di faglia (con direzione parallela al massimo raccorciamento);
- la presenza di fenomeni di uncinamento negli strati dell'unità arenaceo-calcareo-argillosa, avvicinandosi al contatto con le argille plioceniche;
- la geometria e la distribuzione degli affioramenti delle unità presenti nell'area.

3. Ricostruzione geologico-strutturale dell'area di invaso

Se in corrispondenza degli affioramenti la distinzione tra le formazioni affioranti è immediata, nelle carote prelevate dai fori di sondaggio la stessa può talora risultare incerta. I principali caratteri distintivi che si possono utilizzare sono dati da:

- la presenza di strati e inclusi calcarei che caratterizza le argille a palombini (risolutivo);
- il colore, che tende ad avere tonalità grigio plumbea nei palombini, grigio cenere nel pliocene e nocciola nelle alternanze (non sempre risolutivo);
- il differente tipo di fratturazione (risolutivo solo per i sondaggi sicuramente attribuiti all'una o all'altra formazione);
- la presenza di facies varicolori che caratterizza le argille a palombini (risolutivo);
- la presenza di fossili (risolutivo).

Il contenuto in carbonato di calcio, che si pensava potesse consentire un discreto grado di attendibilità nella distinzione tra argille a palombini e argille plioceniche, non ha permesso di operare l'attribuzione voluta.

Per quanto concerne l'individuazione nel sottosuolo del contatto tettonico tra le due formazioni non si hanno sicure evidenze, sia sotto l'aspetto litologico e, in parte, per quanto attiene i caratteri geotecnici.

In estrema sintesi e rimandando per maggiori dettagli litologici e geotecnici agli specifici allegati, le successioni stratigrafiche rinvenute nei fori geognostici (per la cui ubicazione si veda la cartografia allegata) possono essere attribuiti all'una o all'altra formazione, come di seguito specificato e come anche evidenziato nella sezione geologica allegata:

Sondaggio A1: con ogni probabilità attraversa per tutta la sua profondità l'unità pliocenica.

Sondaggio A2: al di sotto di uno strato eluviale dello spessore di 2.5 m (di analoghe caratteristiche litotecniche del cubo C2 prelevato in vicinanza) compaiono argille limose nocciola con intercalazioni arenacee verosimilmente attribuibili all'unità arenaceo-calcareo-argillosa; le argille limose di colore grigio rinvenute più in profondità sono presumibilmente attribuibili alla formazione a palombini (esiste margine di incertezza nella determinazione).

Sondaggio A3: al di sotto dello strato eluvio-colluviale (spessore di circa 2.5 m) sono state estratte argille limose nocciola con arenarie, anch'esse riconducibili alla presenza di olistoliti nel melange, poggianti su argille limose grigie presumibilmente attribuibili ai palombini (esiste margine di incertezza nella determinazione).
Interpolando le litologie rinvenute nei sondaggi A2 e A3 risulta un appoggio suborizzontale tra l'unità a tetto e quella sottostante che può derivare sia da una sedimentazione in discordanza angolare sia dalla inclusione del corpo flyschioide entro le argille a palombini.

Sondaggio Pz1: al di sotto di uno strato eluviale (3.2 m di spessore) si hanno argille limose, talora con livelli centimetrici di sabbie fini limose, di colore grigio passante a marrone rossastro tra 8 e 10.4 m di profondità; già a partire da una profondità di circa 7 m i sedimenti sono a nostro avviso, presumibilmente attribuibili alle argille a palombini. Poiché nelle vicinanze del sondaggio sono affioranti terreni pliocenici, lo stesso risulta posto nelle immediate vicinanze del passaggio tra le due formazioni argillose che potrebbe essere individuato nel tratto tra 4 e 7 m. All'interno della sequenza non sembra riconoscibile la sequenza flyschioide.

Sondaggio Pz2: in questo foro la formazione argilloso-limosa attraversata al di sotto dello strato eluvio-colluviale (spessore 2.2 m) è sicuramente attribuibile alle argille a palombini, che peraltro

affiorano nell'immediato intorno.

Sondaggio Pz3: come nel caso precedente al di sotto dello strato superficiale (1.6 m di spessore) viene attraversata per tutta la profondità del carotaggio la formazione cretacea.

Sondaggio Pz4: la perforazione a carotaggio continuo è stata effettuata a partire da 6 m; da questa profondità sino a fondo foro (40 m) viene attraversata la formazione a palombini.

Sondaggio Pz5: per tutta la profondità del sondaggio vengono interessate le argille plioceniche; le carote estratte a partire da 17 m di profondità contengono frammenti di bivalvi cenozoici.

Sondaggio S1: per tutta la profondità viene attraversata la formazione delle argille a palombini.

Sondaggio S2: presenta caratteristiche simili a quelle del limitrofo sondaggio Pz1 in quanto al di sotto dell'eluvio superficiale (4 m di spessore) compaiono argille limose grigie che passano a una facies varicolori rossastra tra 16 e 24.6 m; il limite tra le due formazioni argillose può essere individuato, anche in questo caso con un certo margine di incertezza, presumibilmente intorno a 4 m. Evidenze dell'unità arenaceo-calcareo-argillosa sono difficilmente riscontrabili.

Sondaggio S3: nella parte compresa tra 1.5 e 5 m i terreni sono presumibilmente attribuibili alla sequenza flyschioide; al di sotto e per tutta la profondità viene attraversata la formazione delle argille a palombini. Il sondaggio è posto in vicinanza del cubo C3, campionato nelle argille in facies varicolore; allo stato di scavo attuale le litologie affioranti nei primi metri sono state asportate.

Sondaggio S4: sebbene presumibilmente posto in vicinanza della superficie di contatto il sondaggio attraversa, con ogni probabilità, le medesime unità rinvenute nel precedente, ovvero le alternanze arenaceo-calcaree-argillose (con discreto margine di incertezza tra circa 4 e 7.5 m di profondità) e le argille a palombini; allo stato di scavo attuale le litologie affioranti nei primi metri sono state asportate.

4. Indagini geotecniche di approfondimento

In corso d'opera sono state programmate e realizzate indagini suppletive di approfondimento delle conoscenze geologico-tecniche del sito.

Per l'ubicazione delle prospezioni di seguito descritte si veda la cartografia allegata.

Una prima campagna di sondaggi è stata effettuata nell'autunno, 1996 con la perforazione di 4 sondaggi a carotaggio continuo (sondaggi S1-S4) spinti sino alla profondità di circa 20-25 m dal piano campagna originario.

I sondaggi geognostici S1 e S2 sono stati in seguito attrezzati a inclinometri; in riferimento alle misure effettuate in questi ultimi, i dati sono al momento difficilmente interpretabili.

A seguito delle due prime misurazioni, si sono registrati movimenti leggermente inferiori al cm con direzione verso valle NNE, nell'inclinometro S2 (primi 12 m) e direzione verso monte E, nell'inclinometro S1 (primi 4 m); nell'ultima lettura effettuata nel luglio 97 non si sono registrati movimenti.

I campioni prelevati sono stati oggetto di prove in laboratorio al fine di individuarne i parametri geotecnici utili alle valutazioni di stabilità delle scarpate nonché all'ulteriore verifica del progetto.

Una successiva campagna di indagine, condotta nella primavera 1997, è stata finalizzata all'esigenza di chiarire le evidenze geologiche manifestatesi in fase di predisposizione dell'invaso, apparse differenti da quanto previsto nella fase preliminare della progettazione.

Tale circostanza ha suggerito di procedere con ulteriori perforazioni spinte a profondità medie di 15-20 m (in un solo caso si è raggiunta la profondità di 40 m).

Nella zona dell'invaso sono stati effettuati i seguenti sondaggi:

- n.3 sondaggi a carotaggio continuo: A1-A2-A3;
- n.3 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di piezometri a tubo aperto: Pz1-Pz2-Pz3;
- n.2 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di piezometri Casagrande: Pz4-Pz5.

Ulteriori sondaggi hanno riguardato l'area ove è avvenuto lo scivolamento del cumulo di terra temporaneamente stoccata dopo le prime escavazioni.

In corso di realizzazione sono stati effettuati degli SPT in foro e prove speditive tipo Vane test e Pocket penetrometer test.

Per maggiori dettagli sulle modalità di esecuzione dei sondaggi, sulle litologie attraversate e sulle prove si rimanda alle relazioni specifiche prodotte dalle Ditte appaltatrici.

Internamente all'invaso sono inoltre stati prelevati 4 campioni cubici per l'effettuazione di prove di laboratorio in condizioni il più possibile indisturbate, ovvero prossime alle condizioni reali.

L'obiettivo di queste perforazioni era quello di individuare le differenze comportamentali dei materiali affioranti nell'invaso, segnatamente per l'individuazione e la caratterizzazione della zona di contatto tra le due formazioni argillose, nonché caratterizzare il sedime che sarà interessato dalla fondazione dell'arginatura di contenimento a valle della discarica.

4.1 Prove speditive in sito

In quasi tutti i carotaggi eseguiti nella zona di invasore a partire da profondità medie di circa 4 m, ovvero al di sotto dello strato eluvio-colluviale, si sono rinvenute argille compatte e consistenti caratterizzate da valori superiori a 1 kg/cm² di coesione non drenata (torvane), a 4,5 kg/cm² di carico limite del terreno (pocket) e a 20 colpi/piede per quanto concerne le prove SPT.

Un'elaborazione delle prove SPT, mediante l'impiego di metodologie semiempiriche, può condurre alla determinazione di valori approssimativi di angoli di resistenza al taglio che a profondità superiori a 4 m risultano dell'ordine o superiori a 25°.

Naturalmente questi valori esprimono una caratterizzazione solo indicativa del comportamento dei materiali testati.

Nel grafico di correlazione tra indice di plasticità e angolo di attrito interno (Bjerrum e Simons, 1960), allegato alla presente relazione, sono state inoltre riassunti i valori sinora ottenuti di questi parametri in rapporto al loro possibile stato di rimaneggiamento.

4.2 Risultati delle prove di laboratorio

Dati ottenuti da prove precedenti

In riferimento alla prima campagna di prove su campioni prelevati da scavi della profondità di 3-4 m si erano ottenuti i seguenti parametri di resistenza:

argille plioceniche (scavi S1 e S2)

angolo di resistenza al taglio = 26.5°
coesione = 0.23 kg/cm^2
coesione non drenata = 2 kg/cm^2

argille a palombini (scavi S4 e S5)

angolo di resistenza al taglio = $24.9-27.1^\circ$
coesione = 0.1 kg/cm^2
coesione non drenata = $1.1-1.6 \text{ kg/cm}^2$

Il limite di liquidità dei provini varia dal 48 al 62%, mentre l'indice plastico, variabile tra 30 e 40%; i valori di LL e LP riscontrati, caratterizzanti i depositi rinvenuti, ricadono nel campo delle argille inorganiche di alta e media (in subordine) plasticità, come da diagramma di Casagrande.

Per quanto attiene la campagna di prove realizzata nell'autunno 1996, sui campioni prelevati dai sondaggi S1-S4 si sono ottenuti valori alquanto più ridotti, in parte influenzati dal cattivo stato di estrazione dei campioni.

I parametri di resistenza più attendibili, ricavati su campioni disturbati di argille a palombini, hanno fornito valori di:

angolo di resistenza al taglio = $16-17^\circ$
coesione = $0.1-0.7 \text{ kg/cm}^2$
coesione non drenata = $3.2-3.4 \text{ kg/cm}^2$
angolo di resistenza residua = $5-12^\circ$

Per quanto concerne i limiti di Atterberg si registrano valori analoghi a quelli precedenti per i sondaggi S3 e S4, mentre valori estremamente elevati dell'indice di plasticità (circa 100%) caratterizzano alcuni campioni prelevati entro i sondaggi S1 e S2.

Il contenuto in carbonati è molto variabile in quanto compreso tra valori di 0 e 21%; i valori più elevati sono perlopiù compresi entro i primi 3-5 m dalla superficie, in quanto già alla profondità di 7-8 m si ottengono valori compresi tra 0 e 3%.

Su un campione cubico ricavato nello scavo A (profondità 3.5-3.9 m), prelevato nello strato colluviale si sono ricavati:

angolo di resistenza al taglio = 20°
coesione = 0.2 kg/cm^2

coesione non drenata = 1.1-1.9 kg/cm²
angolo di resistenza residua = 10°

Risultati dell'ultima campagna di indagine

In riferimento alle ultime campagne al momento si dispone dei soli dati di carico-rottura relativi alle prove di taglio effettuate sui cubi C1-C4 estratti dai seguenti litotipi.

Cubo C1: argilla molto limosa grigio cenere (argille plioceniche) - solida, inorganica di alta plasticità, normalmente attiva;
cubo C2: argilla molto limosa nocciola (eluvio zona argine) - solida, inorganica di medio-alta plasticità, inattiva;
cubo C3 (zona rossa): argilla limosa rossa (facies varicolori delle argille a palombini) - solida, inorganica di alta plasticità, normalmente attiva;
cubo C3 (zona grigia): argilla molto limosa grigio plumbea (argille a palombini) - solida, inorganica di alta plasticità, attiva;
cubo C4: argilla limosa grigio plumbea (argille a palombini) - solida inorganica di alta plasticità, inattiva.

Le prove di taglio, eseguite su 6 carichi verticali, forniscono valori in alcuni casi difficilmente interpretabili, segnatamente per le prove effettuate sul cubo C3.

Per quest'ultimo, con riferimento ai carichi meno elevati, è stato riscontrato un comportamento estremamente rigonfiante nello stadio di saturazione-consolidazione dei provini e un comportamento dilatante nella fase di rottura di picco.

Con l'aumento dei carichi i provini assumono comportamento meno rigonfiante e dilatante.

Per una caratterizzazione litologica e geotecnica di maggiore dettaglio, si rimanda alla relazione prodotta dallo SGI LAB.

Alla luce dei risultati, e non senza qualche margine di incertezza, relativamente alle prove condotte sul cubo C3, che peraltro risulta di scarsa rappresentatività ai fini della stabilità data l'esiguità degli affioramenti, si possono ricavare i seguenti parametri:

cubo C1

peso specifico = 1.9 g/cm³
limite liquido = 50.7%
indice plastico = 30.4%
contenuto in carbonati = 23%
contenuto d'acqua = 15.3%
indice di consistenza = 1.16
indice di attività = 0.78
angolo di resistenza al taglio = 33°
coesione = 0.7 kg/cm²
coesione non drenata = 6 kg/cm²
angolo di resistenza residua = 23°

cubo C2

peso specifico = 1.84 g/cm³
limite liquido = 50%
indice plastico = 31.2%
contenuto in carbonati = 25%
contenuto d'acqua = 16.6%

indice di consistenza = 1.07
indice di attività = 0.68
angolo di resistenza al taglio = 28° (carichi bassi)
coesione = 0.35 kg/cm² (carichi bassi)
angolo di resistenza al taglio = 22° (carichi alti)
coesione = 0.7 kg/cm² (carichi alti)
coesione non drenata = 7 kg/cm²
angolo di resistenza residua = 22°

cubo C3

peso specifico = 1.84 g/cm³ (zona rossa), 1.89 g/cm³ (zona grigia)
limite liquido = 87.8% (zona rossa), 89.5% (zona grigia)
indice plastico = 66.4% (zona rossa), 69.5% (zona grigia)
contenuto in carbonati = 0% (zona rossa), 30% (zona grigia)
contenuto d'acqua = 17.3% (zona rossa), 15.1% (zona grigia)
indice di consistenza = 1.06 (zona rossa), 1.07 (zona grigia)
indice di attività = 0.89 (zona rossa), 1.31 (zona grigia)
angolo di resistenza al taglio = 26° (carichi bassi zona rossa)
coesione = 1 kg/cm² (carichi bassi zona rossa)
angolo di resistenza al taglio = 27° (carichi alti zona rossa)
coesione = 0 kg/cm² (carichi alti zona rossa)
coesione non drenata = 4.8 kg/cm²
angolo di resistenza residua = 12°

cubo C4

peso specifico = 1.79 g/cm³
limite liquido = 59.8%
indice plastico = 36.5%
contenuto in carbonati = 2%
contenuto d'acqua = 19.2%
indice di consistenza = 1.11
indice di attività = 0.59
angolo di resistenza al taglio = 18°
coesione = 0.4 kg/cm²
coesione non drenata = 2 kg/cm²
angolo di resistenza residua = 9.5°

5. Verifiche geotecniche

In base ai risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni cubici sono state prodotte alcune verifiche di stabilità che riguardano le seguenti condizioni:

- verifiche longitudinali e trasversali con le sezioni finali di scavo;
- verifica longitudinale con la sezione finale di scavo nell'ipotesi di riempimento con acqua della vasca di valle sino al ciglio arginale;
- verifica longitudinale a rifiuto conferito;
- verifica longitudinale a rifiuto conferito nell'ipotesi di riempimento con acqua (e/o percolato) della vasca di valle sino al ciglio arginale;
- verifica della zona argine di base (relazione a parte).

Le stesse sono state strutturate considerando l'assetto geologico-strutturale dell'area e i parametri geotecnici ricavati dalle fasi di indagine.

5.1 Scelta dei parametri di verifica

Sulla scorta dei risultati di laboratorio sopra sintetizzati, nonché della forte eterogeneità dei terreni e delle loro caratteristiche talora fortemente rigonfianti, per la verifica delle condizioni di stabilità si è fatto riferimento ai parametri di seguito riportati:

Argille plioceniche (cubo 1)

$$\Phi = 24^\circ$$
$$C = 0.35 \text{ kg/cm}^2$$

Eluvio zona argine (cubo 2)

$$\Phi = 19^\circ$$
$$C = 0.5 \text{ kg/cm}^2$$

Argille a palombini (cubo 4)

$$\Phi = 18^\circ$$
$$C = 0.35 \text{ kg/cm}^2$$

Per lo strato eluvio-colluviale si sono utilizzati parametri di:

$$\Phi = 18^\circ$$
$$C = 0.1 \text{ kg/cm}^2$$

Il peso specifico è stato considerato pari a 1.9 g/cm^3 ed inoltre è stata simulata la presenza di muri di sostegno nel ciglio di monte della strada perimetrale (ai quali sono stati attribuiti parametri di $\Phi = 100^\circ$ e $C = 0$).

Circa la presenza di acqua nel terreno i piezometri realizzati consentono di trarre le seguenti considerazioni.

Premesso che in tutti i fori realizzati non è stata rilevata alcuna falda acquifera, in alcuni casi i piezometri a tubo aperto mostrano una limitata circolazione d'acqua, probabilmente entro i livelli più superficiali o più sabbiosi, che tende a riempire detti piezometri sino alle profondità (dal

piano campagna) di:

Pz1 = 10.85 m

Pz2 = 19.46 m

Pz3 = 5.53

I dati sembrano escludere, anche in ragione dell'eterogeneità del terreno e la mancanza di continuità dei livelli più sabbiosi, la presenza di un livello di saturazione continuo entro i terreni. La bassa permeabilità dei terreni è oltremodo testimoniata dal mantenimento delle quote assunte dall'acqua utilizzata nella perforazione, che si sono pressoché mantenute invariate sino al loro spurgo avvenuto di recente.

I soli piezometri che hanno permesso di individuare moti di filtrazione sono il Pz1 e il Pz3. Con la realizzazione dei sondaggi ubicati essenzialmente al contorno dell'invaso di scarica in allestimento si sono anche convenientemente installate (concordandone la profondità con il collegio arbitrale) alcune celle di Casagrande al fine di determinare la pressione interstiziale o neutra nei materiali argillosi presenti.

I 4 punti di misura individuati sono installati in corrispondenza dei piezometri Pz4 e Pz5. Nel Pz4 sono stati installati due celle Casagrande alle profondità di 28 e 40 m, oltre a un piezometro a tubo aperto alla profondità di 12 m.

Nel Pz5 sono stati installati due piezometri Casagrande alle profondità di 7 e 20 m.

Pz4: in questo piezometro prima delle operazioni di spurgo si erano registrati i seguenti livelli connessi alla presenza di acqua utilizzata per la perforazione:

tubo aperto = - 0.9 m (12-6-97), -1.81 m (13-6-97)

Casagrande 28 m = - 10.9 m (12-6-97)

Casagrande 40 m = - 27.67 m (12-6-97)

Successivamente alle operazioni di spurgo effettuate in data 16-7-97 con immissione di aria e peraltro solo in parte riuscite (dato il piccolo diametro dei tubi) si rilevava la seguente situazione:

il piezometro a tubo è stato spurgato sino a -7.5 m;

il Casagrande 28 m aveva un livello non misurabile (il tubo è piegato alla profondità di circa 10 m) e di conseguenza non è stato possibile verificare la buona riuscita dello spurgo;

il Casagrande 40 m presentava un livello a - 35.9 m.

Le prime misure effettuate dopo lo spurgo in data 23-7-97 hanno fornito i seguenti valori:

piezometro a tubo aperto: - 1.24 m (la misura è inattendibile in quanto effettuata pochi giorni dopo un violento temporale che, dato l'infossamento entro il terreno circostante dello scatolare che racchiude i tubi piezometrici, ha provocato un consistente ristagno d'acqua nel suo intorno);

Casagrande 28 m: - 19.25 m (misura di significato incerto in ragione del fatto che non è stato possibile verificare la riuscita dello spurgo);

Casagrande 40 m: - 35.77 m

Pz5: le misure effettuate appena posate le celle registravano i seguenti livelli:

Casagrande 7 m = - 1.1 m (12-6-97);

Casagrande 20 m = - 0.71 m (12-6-97).

Al termine delle operazioni di spurgo si registravano le seguenti profondità:

Casagrande 7 m = - 5 m (16-7-97);
Casagrande 20 m = - 7.4 m (16-7-97).

Le prime misure effettuate dopo lo spurgo hanno fornito i seguenti valori:

Casagrande 12 m = - 4.9 m (23-7-97);
Casagrande 20m = - 13.15 m (23-7-97).

Determinazione delle pressioni neutre

I piezometri Casagrande consentono la misura della pressione neutra "u" utile allo studio del comportamento dei materiali in sforzi efficaci ($\sigma' = \sigma - u$).

Infatti nelle argille si possono registrare, pur in assenza di una vera e propria falda freatica, valori di pressione interstiziale il cui effetto sulla instabilità dei versanti è direttamente proporzionale alla loro entità.

Il termine "u" si sottrae alla σ del terreni (sforzi totali) riducendone il peso; intervenendo sulle forze normali alle superfici di scivolamento si assiste a un peggioramento dei termini che compongono l'equazione di equilibrio nelle verifiche di stabilità.

In pratica tale situazione si traduce in una riduzione del fattore di sicurezza ovvero della stabilità a scala reale del versante.

Riassumendo, il monitoraggio dei piezometri Casagrande installati nell'area della discarica di Monte Ardone ha fornito puntualmente i seguenti valori del battente d'acqua sulla quota di misura:

Pz4 cella a -40 m	$\delta H = 5$ m
Pz4 cella a -28 m	$\delta H = 9$ m
Pz5 cella a - 7 m	$\delta H = 2$ m
Pz5 cella a -20 m	$\delta H = 6.5$ m

In termini cautelativi il peggior valore registrato, anche se di attendibilità incerta viste le operazioni di spurgo e la tendenza all'abbassamento mostrata nell'ultima misura, è quello relativo alla cella -20 m del Pz5 (6.5 m su 20 m) che fornisce un valore di "u" di 0.65 t/m^2 .

Ai fini delle verifiche di stabilità si è fatta l'ipotesi di impiegare su tutta l'area un Constant Pore Pressure Ratio "Ru" calcolato sul peggior valore di "u" rilevato nelle misure, in rapporto alla profondità di riferimento, ovvero $\delta H = 6.5$ m a -20 m dal p.c..

Il rapporto "Ru" è definito come segue:

$$Ru = u / \gamma h$$

dove

u = pressione interstiziale

γh = pressione del terreno sovrastante

Nel caso specifico

$$u = 0.65 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma h = 1.9 \text{ [t/m}^3] \cdot 20 \text{ [m]} = 38 \text{ t/m}^2$$

pertanto

$Ru \approx 0.17$

Il valore calcolato si considera applicato a tutti gli strati costituenti i versanti, cosicchè in ogni punto a qualsiasi profondità la pressione interstiziale è la stessa frazione (Ru) della pressione dovuta al sovraccarico della colonna di terreno sovrastante:

$$u = Ru \cdot \gamma h$$

A titolo di esempio se si ricalcolassero i valori di "u" misurati nei piezometri attraverso l'adozione di Ru fissato a 0.17 si otterrebbero pressioni interstiziali superiori a quelle reali, in un caso fino a 3 volte.

Tutte le verifiche di stabilità svolte, per simulare un comportamento dei versanti in sforzi efficaci, adottando un valore $Ru = 0.17$, il che comporta considerare una pressione neutra "u", lungo le superfici di scivolamento investigate, variabile tra 15 t/m^2 (1.5 kg/cm^2) e 2 t/m^2 (0.2 kg/cm^2) rispettivamente per le più profonde e le più superficiali.

5.2 Risultati delle verifiche

In allegato vengono riportati i risultati ottenuti e la geometria del pendio con i cerchi caratterizzati da Fs minori.

In tutti i casi si sono ricavati valori del Fs superiori a 1.3 e più precisamente:

pendio longitudinale a scavo aperto - $Fs \text{ min} = 1.35$

pendio trasversale sponda destra a scavo aperto - $Fs \text{ min} = 1.31$

pendio trasversale sinistro a scavo aperto - $Fs \text{ min} = 1.46$

pendio longitudinale a rifiuto conferito - $Fs \text{ min} = 1.53$

pendio longitudinale a scavo aperto (con battente d'acqua al ciglio arginale) - $Fs \text{ min} = 1.37$

pendio longitudinale a rifiuto conferito (con battente d'acqua al ciglio arginale) - $Fs \text{ min} = 1.53$

Nelle verifiche condotte a rifiuto conferito, che consentono di ottenere valori maggiori del Fs , per maggiore cautela è stato considerato un profilo dei rifiuti raccordato verso monte a quello del versante.

Un'ulteriore verifica (peraltro non richiesta per l'area) è stata condotta, relativamente al solo pendio longitudinale, utilizzando coefficienti sismici di 0.07; i risultati forniscono un valore minimo del $Fs = 1.23$, consentito dalla normativa nel caso di verifiche di stabilità che adottino valori dei coefficienti sismici maggiori di 0.

Analogo comportamento è prevedibile per i pendii trasversali.

Se per il versante scavato nelle argille plioceniche (sinistra idrografica) anche l'utilizzo dei parametri residui determina condizioni di stabilità accettabili, maggiori problemi desta il versante occupato dalle argille a palombini per il quale a seguito di completa imbibizione del terreno, le prove di laboratorio hanno fornito valori residui dell'angolo di attrito interno di circa 10° .

E' infatti noto da numerosi AA. che in pendii scavati in argilla, a seguito di fenomeni di rammollimento e di softening, si può produrre una riduzione della resistenza sino al raggiungimento delle condizioni di stato residuo.

Questi fenomeni, che possono intervenire anche dopo alcuni decenni dall'apertura dello scavo, non dovrebbero interessare quella parte riempita dai rifiuti, ma potrebbero altresì produrre una riduzione della resistenza del terreno lungo le scarpate a monte della zona di conferimento (che peraltro già allo stato naturale presentavano un'inclinazione superiore a 22°).

Ulteriori verifiche, effettuate utilizzando per le argille a palombini valori di $\Phi = 17^\circ$ e $C = 0$, mostrano che con tali parametri sussistono condizioni di instabilità unicamente nella zona di

monte dell'invaso (soprattutto presso la strada di coronamento), laddove sono tuttavia previsti muri di sostegno in terra armata e opere di impermeabilizzazione, drenaggio e inerbimento (senza apportare alcun incremento di inclinazione dei versanti rispetto allo stato di fatto ante operam) che risolveranno il problema.

Potranno essere impiegate, ad esempio, geomembrane grimpanti al di sopra delle quali troveranno sistemazione rivestimenti tipo geocelle suscettibili di inerbimento, per ridare ai versanti l'aspetto originario.

Questi interventi si rendono necessari in quanto, dato il rigonfiamento dei materiali ai bassi carichi registrato dalle prove, dovrà essere evitata, come già ribadito in altra sede, ogni possibile infiltrazione di acque meteoriche nel cotico superficiale, a monte dell'area di scarico dei rifiuti.

Si coglie inoltre l'occasione per rammentare alcune cautele progettuali da adottare in fase di realizzazione degli scavi nonché dell'allestimento dell'invaso definitivo.

Particolare attenzione andrà posta al fatto che in alcuni punti si hanno evidenze di un marcato incremento dell'indice di plasticità delle argille; in affioramento le fasce ad elevata plasticità possono determinare, a seguito di precipitazioni atmosferiche, un deciso rigonfiamento e una conseguente perdita delle caratteristiche di resistenza del materiale innescando locali e piccole colate superficiali.

Questi fenomeni possono soprattutto interessare quei settori di versante che per esigenze operative sono stati scavati con pendenze superiori a quelle di progetto e che dovranno pertanto essere protetti con la stesa di teli provvisori.

Le pareti di monte delle vie di accesso provvisorie possono al momento contare sulla coesione non drenata del materiale, ma al contempo dare origine a piccoli e localizzati smottamenti in loro corrispondenza.

Facendo riferimento ai parametri tecnici dei materiali le stesse non danno garanzie di stabilità sul lungo periodo e pertanto, una volta aperte le vie di accesso definitive alla vasca, le pareti di monte delle medesime dovranno essere al più presto stabilizzate con muri di sostegno in terra armata.

E' di primaria importanza realizzare in tempi brevi anche le opere definitive di smaltimento delle acque superficiali.

In ogni caso (fatta ovviamente eccezione per quelle al di sopra del cumulo di rifiuti), le opere di smaltimento definitive dovranno obbligatoriamente essere realizzate prima dell'inizio delle operazioni di smaltimento dei rifiuti.

Una menzione meritano anche i ristagni d'acqua evidenziati nel corso dei sopralluoghi, alcuni dei quali dovuti alla presenza di riporti di materiale, di nessuna apparente utilità.

Si auspica nell'immediato futuro un sollecito intervento volto alla eliminazione di detti avvallamenti che dovranno essere impediti durante i futuri lavori di cantiere.

Milano, 28 luglio 1997

dott. M. Nespoli

ing. A. Pagotto



CONSORZIO GMA

VERIFICHE GEOTECNICHE DEL RILEVATO ARGINALE DI VALLE

PROGETTO SEZIONE RILEVATO

Premessa

La progettazione del rilevato non può prescindere da una quanto mai precisa conoscenza delle caratteristiche geotecniche del suolo di fondazione e del materiale da impiegare nella costruzione dell'opera.

A questo proposito sono state eseguite prove sul campo e prove di laboratorio; i risultati ottenuti sono sinteticamente mostrati di seguito:

PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENO FONDAZIONE

- peso specifico $\gamma_F = 19 \text{ kN}$
- coesione effettiva $c' = 30 \text{ kPa}$
- angolo effettivo resistenza al taglio $\varphi' = 22^\circ$
- coefficiente di consolidazione primaria $C_c = 0.04$
- indice dei vuoti $e_o = 0.67$

TERRA PER RIFIUTO

- peso specifico medio $\gamma_R = 18 \text{ kN}$
- coesione effettiva $c' = 25 \text{ kPa}$
- angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 25^\circ$

Si sono assunti valori medi fra quelli ricavati in laboratorio

Progetto

Prima di occuparsi alla fase progettuale è doveroso scegliere i fattori di sicurezza globali da adottare per la verifica della capacità portante del suolo di fondazione e per le verifiche di stabilità dell'opera in elevazione.

FATTORE DI SICUREZZA FONDAZIONE

- FS portanza = 1.30 (incertezza della formulistica tecnica)
- FS suolo = 1.50 (eterogeneità sottofondo)
- FS misura = 1.50 (lunga durata opera e variabilità parametri)

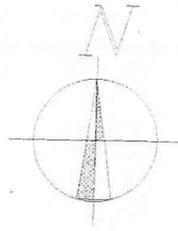
$$\text{FS globale fondazione} = \text{FS}_{po} \times \text{FS}_{su} \times \text{FS}_{mi} = 2.90$$

FATTORE DI SICUREZZA RILEVATO

- FS stabilità = 1.10 (buona formulistica e parametri geotecnici ben noti)
- FS tempo = 1.35 (media difficoltà e lunga durata)
- FS costruzione = 1.35 (argilla scadente per costruzione rilevati)

$$\text{FS globale rilevato} = \text{FS}_{st} \times \text{FS}_{te} \times \text{FS}_{co} = 2.00$$

SEZIONI DI VERIFICA

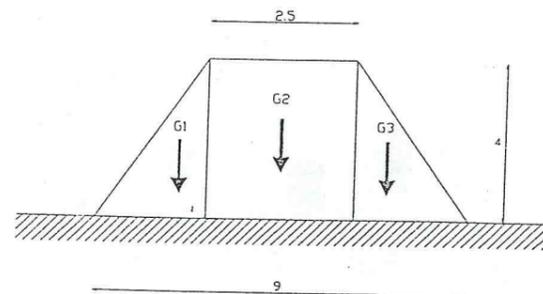


SCALA 1:1500

Calcolo capacità portante

$$Q_{TOT} = G_1 + G_2 + G_3 = 414 \text{ kN/me}$$

$$q_{medio} = \frac{414}{9 \times 1} = 46 \text{ kPa}$$



Dal momento che sulla base del rilevato insiste un carico asimmetrico si fa l'ipotesi che la risultante del peso relativo alla sezione di rilevato, avente larghezza unitaria, insista su una base fittizia $B_1 < B$ ed abbia eccentricità "e" rispetto all'asse di mezzeria della base reale (MEYERHOF). In questo modo si ottiene:

$$e = 0.75 \text{ m} \quad B_1 = B - 2e = 7.5 \text{ m}$$

il carico trasmesso per unità di spessore vale dunque:

$$Q_{TOT} = 414 \text{ kN/m} \text{ da cui } q'_{medio} = 55 \text{ kPa}$$

Per fondazioni nastroformi superficiali la relazione di TERZAGHI diventa:

$$Q_{lim} = B_1 (C^* N_c' + 1/2 \gamma_f B_1 N_\gamma') \text{ dove } C^* = 2/3 C' \text{ e } \varphi^* = 2/3 \varphi'$$

usando i diagrammi che danno i fattori N in funzione di C^* e φ^* si trova:

$$N_c' = 9 \text{ e } N_\gamma' = 0.7$$

da cui $Q_{lim} = 1724 \text{ kN/m}$, essendo $FS = 2.9$ si ricava

$$Q_{amm max} = Q_{lim}/2.9 \text{ ovvero } Q_{TOT} < Q_{amm max} \text{ (414 kN/me < 594 kN/m)}$$

la verifica è positiva.

Disegno dei livelli armati

Il numero delle armature da impiegare per assicurare la stabilità dei pendii viene determinato utilizzando i diagrammi e la teoria messa appunto dall'università di OXFORD appositamente per il calcolo delle terre rinforzate.

Detti diagrammi possono essere usati per il progetto purché si rispettino le seguenti condizioni:

- il pendio è uniforme, con sommità orizzontale e con angolo di scarpa compreso nell'intervallo 30° - 80° sull'orizzontale;
- la fondazione è livellata e con capacità portante adeguata, per resistenza naturale e/o resa tale con opportuni interventi;
- il pendio è realizzato con un solo tipo di terreno omogeneo;
- gli sforzi nel terreno di costruzione sono espressi in termini di sforzi efficaci con $\varphi' \geq 15^\circ$ e $c' = 0$;
- le pressioni interstiziali se presenti, sono espresse in termini di PORE PRESSURE RATIO "Ru";

- i sovraccarichi, se presenti sono uniformemente distribuiti in sommità;
- il rinforzo è di larghezza costante ed è posato orizzontalmente all'interno del terreno di costruzione.

Tutti i precedenti requisiti sono rispettati nel progetto in studio; in particolare si ricorda che nel caso in esame si ha:

$$\varphi' = \arctg \frac{\text{tg } 25^\circ}{\text{FS}_{\text{st}}} = 1.1 \quad c' = 0 \quad \beta = 40^\circ - 65^\circ$$

$$\begin{aligned} W_s &= 100 \text{ kPa (sovraccarico)} \quad R_n = 0.25 & H_{\text{fittizio}} &= H_r + W_s/\gamma_R = 4.5 \text{ m} \\ v &= 0.30 \text{ (spessore compattazione)} \quad H_{\text{rilevato}} = 4 \text{ m} & \text{FS}_{\text{globale}} &= 2 \end{aligned}$$

Computo delle reti per $\beta \cong 45^\circ$

Coefficiente di spinta $K = 0.38$
Rapporto di lunghezza ancoraggio / profondità rete $L/H = 1.60$

$$\text{Facendo lavorare la geogriglia a: } \frac{T_{\text{max}}}{\text{FS}_{\text{g}}} = \frac{50 \text{ kN/m}}{2} = 25 \text{ kN/m} = T_{\text{amm}}$$

si individuano n. 4 livelli di armatura (compreso quello di base).
Facendo la verifica globale si ricava:

$$T_{\text{es}} = 1/2 K \gamma_R H_r^2 = 71 \text{ kN/m da cui}$$

$$\frac{T_{\text{es}}}{n^\circ \text{ GRIDS}} = \frac{71}{4} \cong 18 \text{ kN/m} < 25 \text{ kN/m (verifica positiva).}$$

Computo delle reti per $\beta \cong 70^\circ$

Coefficiente di spinta $K = 0.50$
Rapporto di lunghezza ancoraggio / profondità rete $L/H = 1.30$

$$\text{Facendo lavorare la geogriglia a: } \frac{T_{\text{max}}}{\text{FS}_{\text{g}}} = \frac{50 \text{ kN/m}}{2} = 25 \text{ kN/m} = T_{\text{amm}}$$

si individuano n. 4 livelli di armatura (compreso quello di base sarebbero 5).
Dalla verifica globale si ricava:

$$T_{\text{es}} = 1/2 K \gamma_R H_r^2 = 93 \text{ kN/m da cui}$$

$$\frac{T_{\text{es}}}{n^\circ \text{ GRIDS}} = \frac{93}{4} = 23 \text{ kN/m} < 25 \text{ kN/m (verifica positiva).}$$

Verifiche di stabilità

Sono condotte in maniera tale da poter mettere a confronto la stabilità dei paramenti non armati con quella degli stessi ma in presenza di geogriglie.

In sostanza si vuole mostrare come si incrementa il fattore di sicurezza con l'impiego dell'armatura.

Tutte le verifiche vengono eseguite cautelativamente con OMS (ORDINARY METHOD of SLICES), trascurando le interazioni lungo le facce verticali ed assumendo per essi uno spessore unitario.

Si fa inoltre l'ipotesi cautelativa che nel rilevato siano presenti pressioni interstiziali che conducono ad un rapporto $R_n = 0.25$.

Per sicurezza, inoltre, si trascura il contributo stabilizzante della gabbionata al piede di valle.

I cerchi vengono verificati tutti passanti al piede.

Il fattore di sicurezza, come è noto, si ricava dal rapporto tra forze stabilizzanti e forze destabilizzanti secondo le relazioni:

$$FS_{NA} = \frac{\sum P \cos \alpha \cdot \tan \varphi' + c' \cdot L}{\sum P \sin \alpha} \quad (\text{in assenza di armatura})$$

$$FSA = \frac{\sum P (P \cos \alpha + T \sin \alpha) \cdot \tan \varphi' + c' \cdot L + T \cos \alpha}{\sum P \sin \alpha} \quad (\text{con armatura})$$

dove T è la trazione a rottura della geogriglia pari a 50 kN/m.

Utilizzando i parametri geotecnici utilizzati in altra parte della presente relazione si ricava quanto segue:

PARAMENTO a 45° - senza ARMATURA $FS_{NA} = 0.9$, con armatura $FSA = 2.5$

PARAMENTO a 65° - senza ARMATURA $FS_{NA} = 0.6$, con armatura $FSA = 2.1$

Alla luce di quanto emerso si fa rilevare l'importanza dell'armatura come elemento di "cucitura" lungo la superficie di scivolamento.

In pratica le reti agendo come elementi discreti lungo la superficie di scivolamento agisce come una ulteriore "coesione" mentre la forza normale impone un aumento di pressione lungo la linea di scorrimento da cui trae beneficio l'attrito terreno-terreno.

Senza scendere in particolari si rileva che la presenza di livelli armati permette di ottenere fattori di sicurezza elevati, fino a 2-3 volte superiori a quelli riscontrati in assenza di armatura.

Calcolo lunghezza di ripiegatura della rete

E' doveroso, a questo punto, verificare il versante interno del rilevato alla spinta attiva, al fine di stabilire se il numero delle reti ed i relativi ancoraggi sono sufficienti a contrastare questo ulteriore fattore di instabilità.

Innanzitutto si procede al calcolo della lunghezza del risvolto per lo strato più basso e per quello più alto, gli strati intermedi presenteranno, ovviamente, lunghezze di ripiegatura comprese tra queste due.

Si adotta la relazione:

$$LR = \frac{K(z + S/2) \cdot S}{F_{ds} \cdot \tan \varphi' \cdot z} \cdot F_{SCO}$$

dove: $K = 0.50$ coefficiente di spinta

z = approfondimento ripiegatura dalla sommità

S = spessore dello strato ripiegato

$F_{ds} = 0.8$ resistenza allo scorrimento diretto

$F_{SCO} = 1.35$

$\varphi' = 25^\circ$ angolo resistenza al taglio terreno

per lo strato di base si ottiene:

$$LR_b \cong 2 \text{ m}$$

per lo strato di sommità si ottiene:

$$LRS \cong 2.5 \text{ m}$$

La verifica globale nei confronti della spinta attiva viene condotta mediante la relazione di RANKINE.

$$PAG = 1/2 \gamma_T H^2 \text{tg}^2 (45^\circ - \varphi'/2)$$

Essendo $H_f = 4.55$ l'altezza fittizia del rilevato (compreso il sovraccarico) si trova:

$$PAG = 76 \text{ kN/m}$$

per la stabilità deve essere $\frac{PAG}{n \cdot RETI} < T$ ammissibile,

ovvero $76/4 = 19 < 25 \text{ kN/m}$ la verifica è da ritenersi positiva.

Gli allungamenti medi dei livelli armati calcolati a mezzo integrazioni numeriche dal diagramma sforzi-deformazioni della GEOGRIGLIA si aggirano intorno ad un massimo di 10 cm, valori più che accettabili per questo tipo di opera.

Verifica alla traslazione - Rifiuto senza acqua

La stabilità nel caso in esame è garantita dalla sola gravità dell'arginatura:

$$W = 414 \text{ kN/m}$$

$$\delta = 10^\circ \text{ (attrito argine - rifiuto)}$$

$$R = W \text{tg} \varphi' = 167 \text{ kN/m}$$

$$PA = 1/2 \gamma_R H^2 \text{tg}^2 (45^\circ - \varphi'/2) \cdot \cos(\alpha - \delta)$$

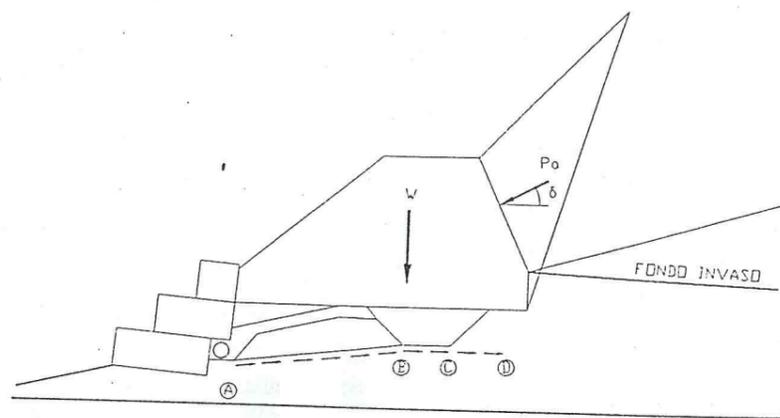
$$TRETE = 50 \text{ kN/m}$$

$$PP = 0$$

$$C = c' (AB + CD) = 10 (3.9 + 1.3) \cong 50 \text{ kN/m}$$

$$FS = \frac{R + PP + TRETE + C}{PA} = \frac{167 + 0 + 50 + 50}{200} = 1.33 \text{ (verifica positiva)}$$

Si ricorda che a fini cautelativi la verifica sopra condotta non tiene conto dell'effetto stabilizzante della gabbionatura nonché della spinta passiva del terreno che contrasta il movimento di traslazione.



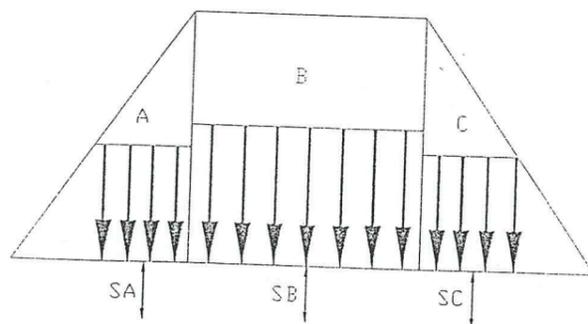
Calcolo dei cedimenti

L'opera in elevazione trasmette con il suo peso delle sovrappressioni al terreno di fondazione, che abbiamo visto essere scadente; a questo proposito è utile suddividere la sezione tipo in conci e calcolare il bulbo delle pressioni indotto al terreno sottostante, utilizzando i diagrammi di STEIMBRENNER - FADUM.

Nel caso specifico sono stati individuati 3 diagrammi di carico, uno per il paramento di valle, uno per quello di monte ed un terzo per il nucleo centrale.

Si determinano tanti cedimenti quanti sono i conci individuati ognuno di essi responsabile del cedimento calcolato lungo la sottostante verticale a mezzo della relazione:

$$Sed = H \frac{CR}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_v + \Delta\sigma_v}{\sigma_v}$$



I risultati ottenuti dall'applicazione del metodo sono riportati di seguito:

SA = 1.4 SB = 2.5 cm Sc = 1.9 cm

Detti valori sono sicuramente accettabili per il tipo di opera da realizzare, si tenga anche conto che se si fossero calcolati i cedimenti in presenza di armature di base, ovvero ipotizzando una trave di fondo su suolo alla WINKLER, i precedenti valori si sarebbero ridotti di un 20+25%.
I maggiori cedimenti si potranno osservare per effetto della compattazione del materiale costituente l'arginatura, ma questi saranno da attribuire ad una sorta di "calo" in altezza.

Milano, 28 luglio 1997

Ing. Adelio Pagotto
Dott. Maurizio Nespoli



DISCARICA - M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE (SCAVO APERTO) CON BATTENTE
D'ACQUA SINO AL CIGLIO ARGINALE

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 8
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 20
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 5
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES -1
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 1.00

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (120.0, -80.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 75, 80

GEOMETRY

SECTIONS -50,0,13,29.8,49.4,74.3,121.1,122.6,130.6,138.3,144.3,181.8,
 221.3,227.4,231.2,234.2,265.6,306.9,315.0,346.1
 T. CRACKS 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,
 65.1,65.1,73,71.4,77,84
 W IN CRACK 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,
 65.1,65.1,73,71.4,77,84
 BOUNDARY 1 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,
 65.1,65.1,73,71.4,77,84
 BOUNDARY 2 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,
 65.1,65.1,73,71.4,77,84
 BOUNDARY 3 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,
 65.1,65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 4 0,2,6,9,12,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,
 65.1,65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 5 300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,
 300,300,300,300,300

SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	.0	.0	1.0
2	1.0	18.0	1.8
3	100.0	.0	2:2
4	3.5	18.0	1.9

PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR

RU = .170

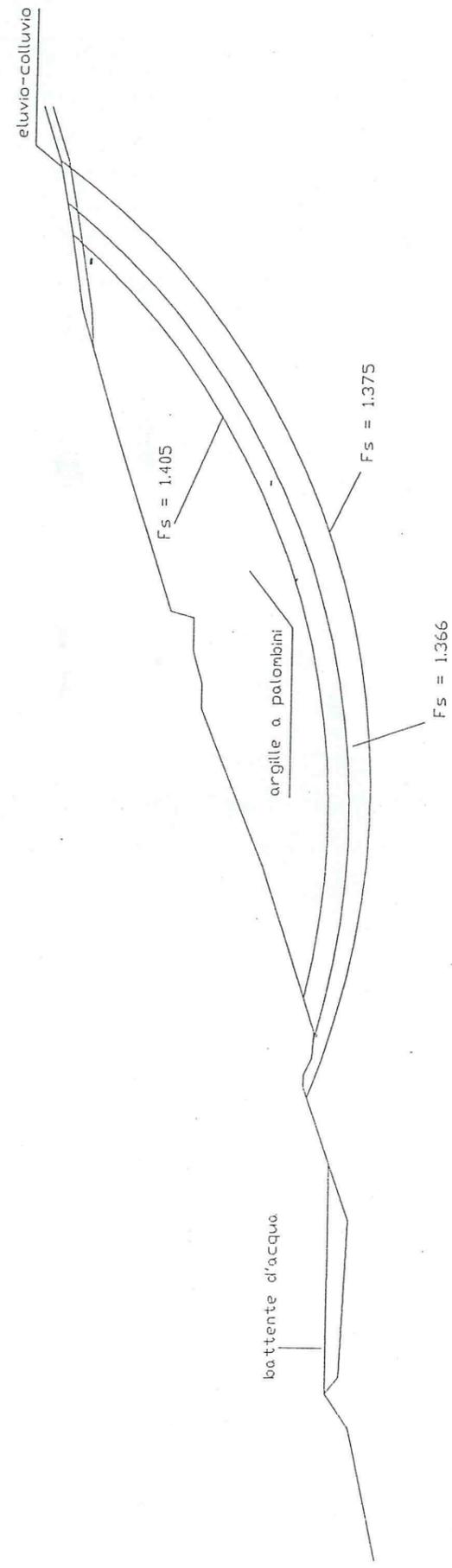
SUMMARY OF THIS STABGM RUN

DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE (SCAVO APERTO) CON BATTENTE
D'ACQUA SINO AL CIGLIO ARGINALE

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN(BMM)
60.00	145.00	-90.00	1.541
62.00	150.00	95.00	1.507
64.00	155.00	-100.00	1.477
66.00	160.00	-105.00	1.451
68.00	165.00	-110.00	1.427
70.00	170.00	-115.00	1.405
75.00	170.00	-115.00	1.366
80.00	165.00	-110.00	1.375

OVERALL MINIMUM FS = 1.366

SEZIONE E-E



DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE CON RIFIUTO E BATTENTE D'ACQUA
SINO AL CIGLIO ARGINALE

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 8
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 20
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 6
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES -1
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 1.00

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (120.0, -80.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 62
 GEOMETRY

SECTIONS -50,0,13,29.8,49.4,74.3,121.1,122.6,130.6,138.3,144.3,181.8,
 221.3,227.4,231.2,234.2,265.6,306.9,315,346.1
 T. CRACKS 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 W IN CRACK 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 BOUNDARY 1 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 BOUNDARY 2 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,73,71.4,77,84
 BOUNDARY 3 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 4 0,0,4,7,10,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 5 0,2,6,9,12,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 6 300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,
 300,300,300,300

SOIL PROPERTIES	LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
	1	1.0	25.0	1.0
	2	.0	.0	1.0
	3	100.0	.0	2.2
	4	1.0	18.0	1.8
	5	3.5	18.0	1.9

PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR RU = .170

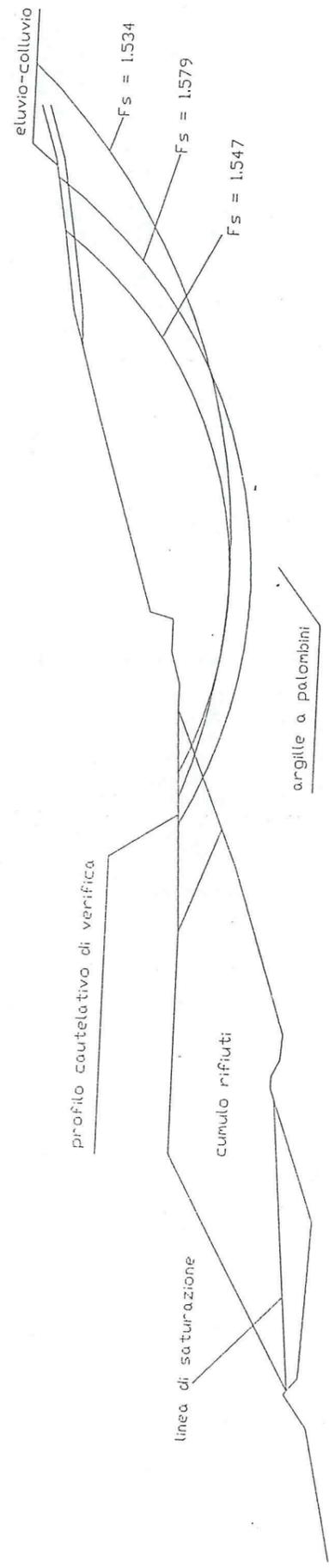
SUMMARY OF THIS STABGM RUN

DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE CON RIFIUTO E BATTENTE D'ACQUA
SINO AL CIGLIO ARGINALE

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN(BMM)
30.00	90.00	-55.00	2.054
35.00	110.00	-90.00	1.801
40.00	115.00	-70.00	1.597
45.00	115.00	-55.00	1.534
50.00	115.00	-55.00	1.547
55.00	115.00	-65.00	1.579
60.00	110.00	-85.00	1.605
62.00	115.00	-90.00	1.619

OVERALL MINIMUM FS = 1.534

SEZIONE E-E



DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE CON RIFIUTO IN PRESENZA DI SOLLECITAZIONI SISMICHE

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 8
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 20
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 5
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES -1
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S207 .07
 UNIT WEIGHT OF WATER 1.00

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (120.0, -80.0) WITH FINAL GRID OF 5.0

ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 62

GEOMETRY

SECTIONS -50,0,13,29.8,49.4,74.3,121.1,122.6,130.6,138.3,144.3,181.8,
 221.3, 227.4 231.2 234.2 265.6 306.9 315.0 346.1
 T. CRACKS 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 W IN. CRACK 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 BOUNDARY 1 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 BOUNDARY 2 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 3 0,0,4,7,10,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 4 0,2,6,9,12,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 5 300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,
 300,300,300,300

SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	1.0	25.0	1.0
2	100.0	.0	2.2
3	1.0	18.0	1.8
4	3.5	18.0	1.9

PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR
 RU = .170

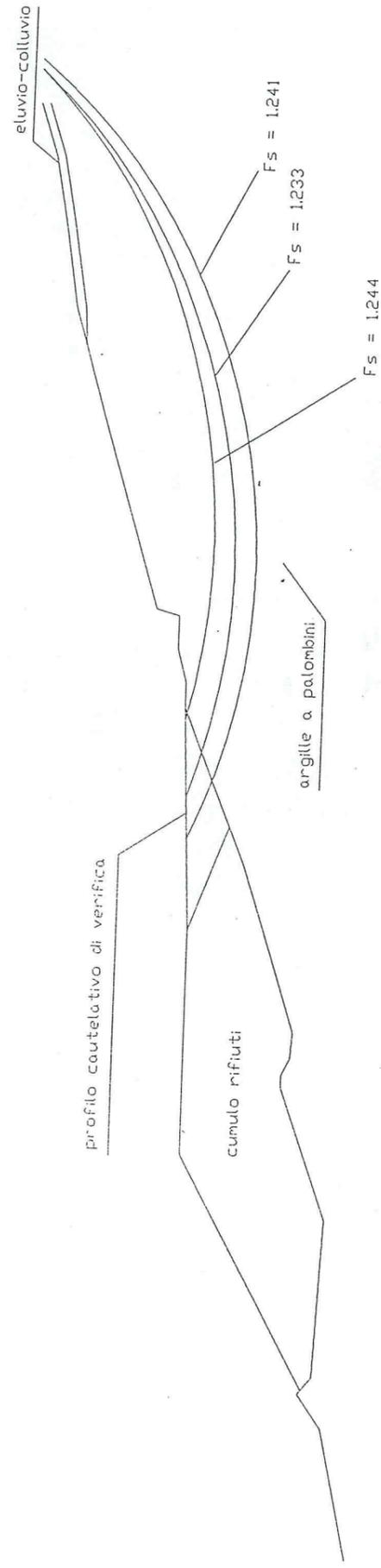
SUMMARY OF THIS STABGM RUN

DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE CON RIFIUTO IN PRESENZA DI SOLLECITAZIONI SISMICHE

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FSMIN(BMM)
30.00	80.00	-125.00	1.561
35.00	100.00	-160.00	1.414
40.00	110.00	-155.00	1.294
45.00	105.00	-120.00	1.244
50.00	110.00	-115.00	1.233
55.00	110.00	-105.00	1.241
60.00	110.00	-100.00	1.262
62.00	115.00	-105.00	1.272

OVERALL MINIMUM FS = 1.233

SEZIONE E-E



DISCARICA - M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE CON RIFIUTO (VERIFICHE CON COESIONE C'= 0)

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 8
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 20
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 5
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES -1
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 1.00

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD
 SEARCH STARTS AT CENTER (120.0, -80.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 62
 GEOMETRY

SECTIONS -50,0,13,29.8,49.4,74.3,121.1,122.6,130.6,138.3,144.3,181.8,
 221.3, 227.4 231.2 234.2 265.6 306.9 315.0 346.1
 T. CRACKS 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 W IN CRACK 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77.0,84
 BOUNDARY 1 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 BOUNDARY 2 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 3 0,0,4,7,10,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 4 0,2,6,9,12,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 5 300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,
 300,300,300,300,300

SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	1.0	25.0	1.0
2	100.0	.0	2.2
3	.0	17.0	1.8
4	.0	17.0	1.9

PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR
 RU = .170

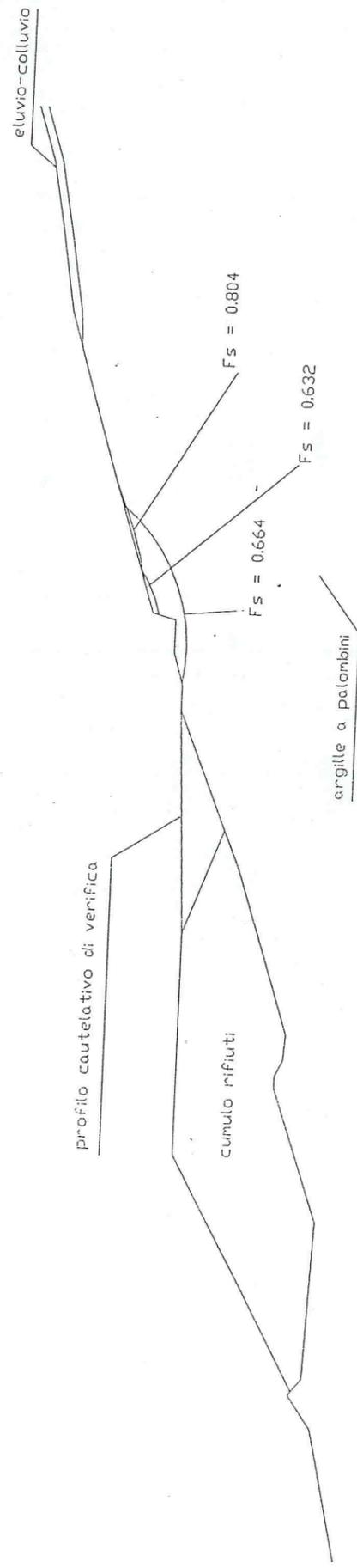
SUMMARY OF THIS STABGM RUN

DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE CON RIFIUTO (VERIFICHE CON COESIONE C'= 0)

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN(BMM)
30.00	130.00	-65.00	.804
35.00	135.00	-15.00	.632
40.00	130.00	5.00	.664
45.00	120.00	-20.00	.893
50.00	120.00	-40.00	1.002
55.00	120.00	-45.00	1.096
60.00	120.00	-55.00	1.181
62.00	120.00	-60.00	1.212

OVERALL MINIMUM FS = .632

SEZIONE E-E



DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE (SCAVO APERTO)

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 8
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 20
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 4
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES -1
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 1.00

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (120.0, -80.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100

GEOMETRY

SECTIONS -50,0,13,29.8,49.4,74.3,121.1,122.6,130.6,138.3,144.3,181.8,
 221.3,227.4,231.2,234.2,265.6,306.9,315.0,346.1
 T. CRACKS 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77.0,84
 W IN CRACK 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77.0,84
 BOUNDARY 1 0,0,4,7,10,17,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77.0,84
 BOUNDARY 2 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77.0,84
 BOUNDARY 3 0,2,6,9,12,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77.0,84
 BOUNDARY 4 300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,
 300,300,300,300

SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	1.0	18.0	1.8
2	100.0	.0	2.2
3	3.5	18.0	1.9

PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR
 RU = .170

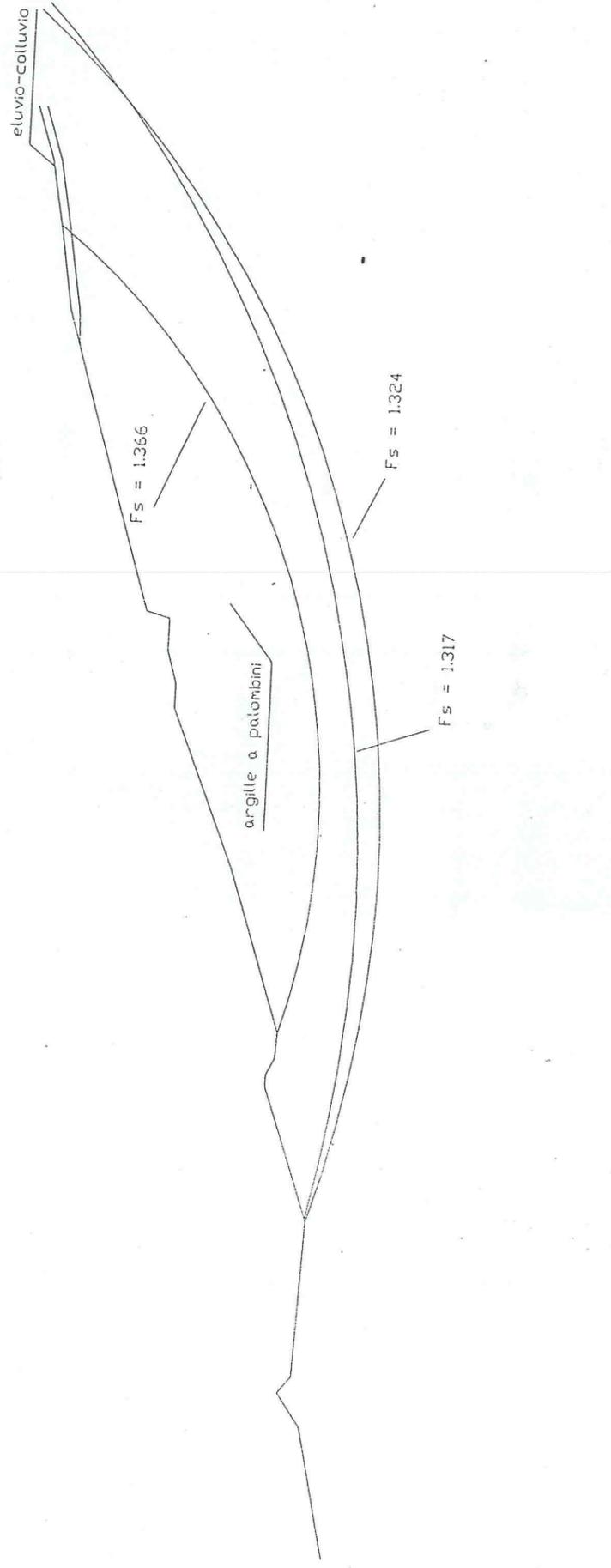
SUMMARY OF THIS STABGM RUN

DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE (SCAVO APERTO)

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FSMIN(BMM)
60.00	145.00	-90.00	1.541
65.00	155.00	-100.00	1.464
70.00	165.00	-105.00	1.406
75.00	170.00	-105.00	1.366
80.00	170.00	-120.00	1.373
85.00	190.00	-235.00	1.317
90.00	180.00	-185.00	1.324
100.00	175.00	-145.00	1.370

OVERALL MINIMUM FS = 1.317

SEZIONE E-E



DISCARICA M.ARDONE -SEZIONE TRASVERSALE VERSANTE IDROGRAFICO DESTRO (SCAVO APERTO)

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 9
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 15
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 3
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES -1
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 1.00

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (60.0, -40.0) WITH FINAL GRID OF 10.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 45, 50, 55
 GEOMETRY

SECTIONS -50,0,11.7,19,20.3,24.6,28.6,48.1,52,59.3,99,105,153.6,183.6,
 213.6

T. CRACKS 0,0,-.5,-.5,0,0,-.3,3.3,5.5,6,21.9,21.9,42.5,43.4,42.5

W IN CRACK 0,0,-.5,-.5,0,0,-.3,3.3,5.5,6,21.9,21.9,42.5,43.4,42.5

BOUNDARY 1 0,0,-.5,-.5,0,0,-.3,3.3,5.5,6,21.9,21.9,42.5,43.4,42.5

BOUNDARY 2 0,2,1.5,1.5,2,2,2,5.3,5.5,6,21.9,21.9,42.5,43.4,42.5

BOUNDARY 3 300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300

SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	1.0	18.0	1.8
2	3.5	18.0	1.9

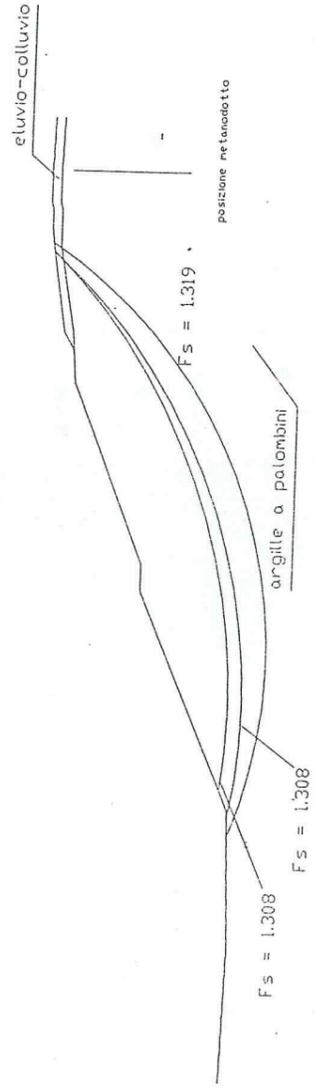
PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR
 RU = .170

SUMMARY OF THIS STABGM RUN

DISCARICA M.ARDONE -SEZIONE TRASVERSALE VERSANTE IDROGRAFICO DESTRO (SCAVO APERTO)

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN(BMM)
22.00	80.00	-50.00	1.841
26.00	80.00	-30.00	1.731
30.00	100.00	-70.00	1.614
34.00	110.00	-80.00	1.509
38.00	120.00	-90.00	1.420
42.00	130.00	-100.00	1.347
45.00	130.00	-90.00	1.308
50.00	120.00	-60.00	1.319
55.00	120.00	-60.00	1.353
OVERALL MINIMUM FS =			1.308

SEZIONE 8



DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE TRASVERSALE VERSANTE IDROGRAFICO SINISTRO
(SCAVO APERTO)

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 9
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 10
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 4
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES -1
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 1.00

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (50.0, .0) WITH FINAL GRID OF 2.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 15, 20, 25, 30, 35, 38, 42, 45, 47

GEOMETRY

SECTIONS	-50.0	.0	9.0	14.0	41.9	44.0	50.0	96.7	126.7	156.7
T. CRACKS	.0	.0	-.7	-.4	10.7	14.3	14.3	36.2	37.1	36.2
W IN CRACK	.0	.0	-.7	-.4	10.7	14.3	14.3	36.2	37.1	36.2
BOUNDARY 1	.0	.0	-.7	-.4	10.7	14.3	14.3	36.2	37.1	36.2
BOUNDARY 2	.0	2.0	1.3	1.6	10.7	14.3	14.3	36.2	37.1	36.2
BOUNDARY 3	.0	2.0	1.3	1.6	10.7	14.3	14.3	36.2	37.1	36.2
BOUNDARY 4	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0

SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICITION ANGLE	DENSITY
1	1.0	18.0	1.8
2	100.0	.0	2.2
3	3.5	24.2	1.9

PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR
 RU = .170

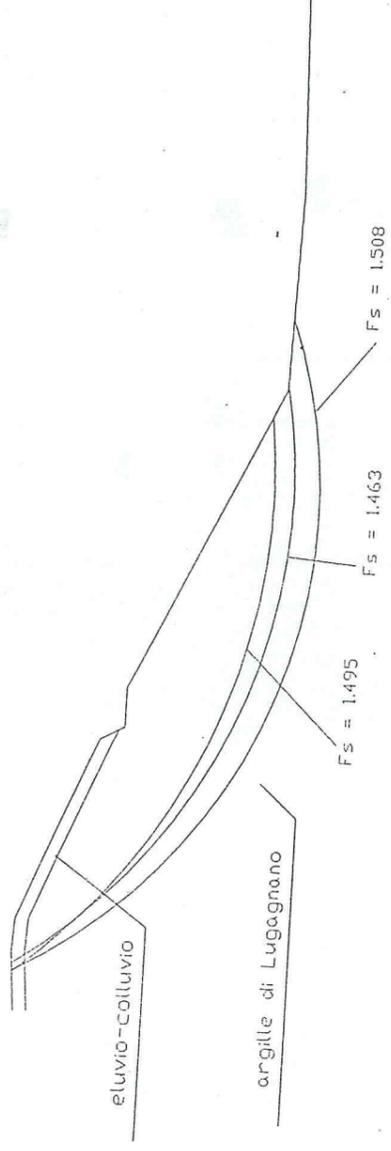
SUMMARY OF THIS STABGM RUN

DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE TRASVERSALE VERSANTE IDROGRAFICO SINISTRO
(SCAVO APERTO)

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FSMIN(BMM)
15.00	36.00	-24.00	2.827
20.00	50.00	-34.00	1.913
25.00	60.00	-42.00	1.725
30.00	70.00	-52.00	1.592
35.00	80.00	-60.00	1.495
38.00	80.00	-50.00	1.463
42.00	78.00	-40.00	1.508
45.00	78.00	-38.00	1.560
47.00	78.00	-36.00	1.602

OVERALL MINIMUM FS = 1.463

SEZIONE S



DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE CON RIFIUTO
 CONTROL DATA

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 8
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 20
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 5
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES -1
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 1.00

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD
 SEARCH STARTS AT CENTER (120.0, -80.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 62
 GEOMETRY

SECTIONS -50,0,13,29.8,49.4,74.3,121.1,122.6,130.6,138.3,144.3,181.8,
 221.3, 227.4 231.2 234.2 265.6 306.9 315.0 346.1
 T. CRACKS 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 W IN CRACK 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 BOUNDARY 1 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,39.4,39.4,39.4,
 39.4,39.4,71.4,77,84
 BOUNDARY 2 0,0,4,7,10,17.2,31.7,37.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 3 0,0,4,7,10,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 4 0,2,6,9,12,17.2,31.7,39.2,37.2,39.4,39.4,54.6,67.4,67.1,65.1,
 65.1,76.3,71.4,77,84
 BOUNDARY 5 300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,300,
 300,300,300,300,300

SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	1.0	25.0	1.0
2	100.0	.0	2.2
3	1.0	18.0	1.8
4	3.5	18.0	1.9

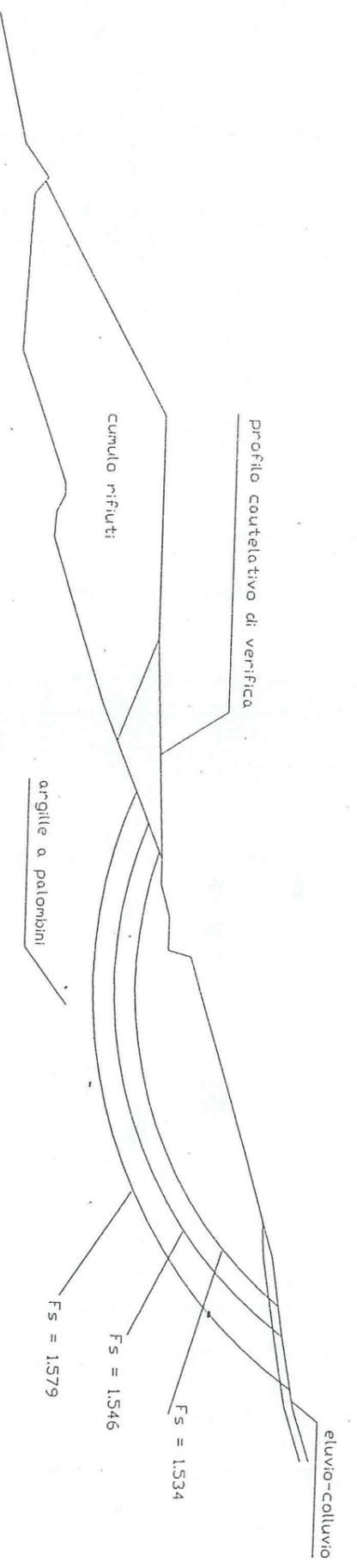
PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR
 RU = .170

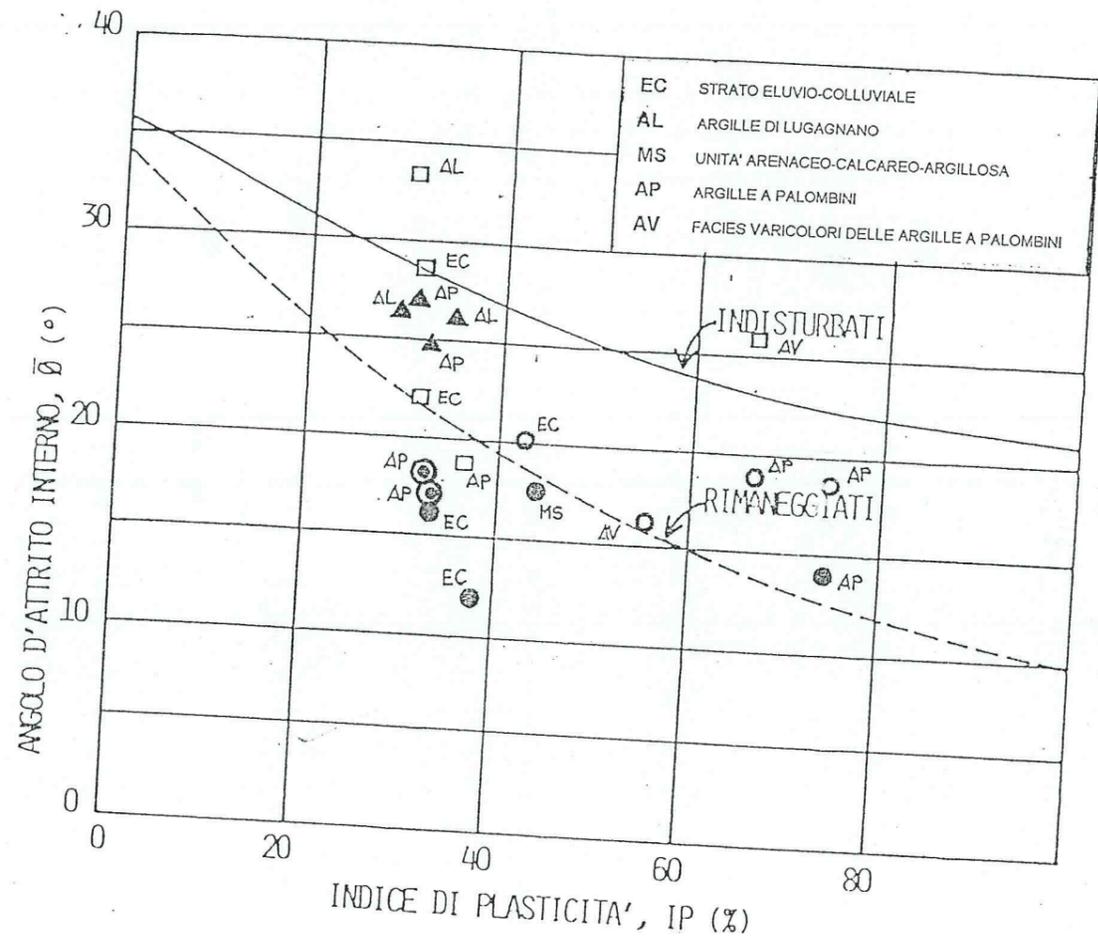
SUMMARY OF THIS STABGM RUN
 DISCARICA M.ARDONE - SEZIONE LONGITUDINALE CON RIFIUTO

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN(BMM)
30.00	90.00	-55.00	2.054
35.00	110.00	-90.00	1.801
40.00	115.00	-70.00	1.597
45.00	115.00	-55.00	1.534
50.00	115.00	-55.00	1.546
55.00	115.00	-65.00	1.579
60.00	110.00	-85.00	1.605
62.00	115.00	-90.00	1.619

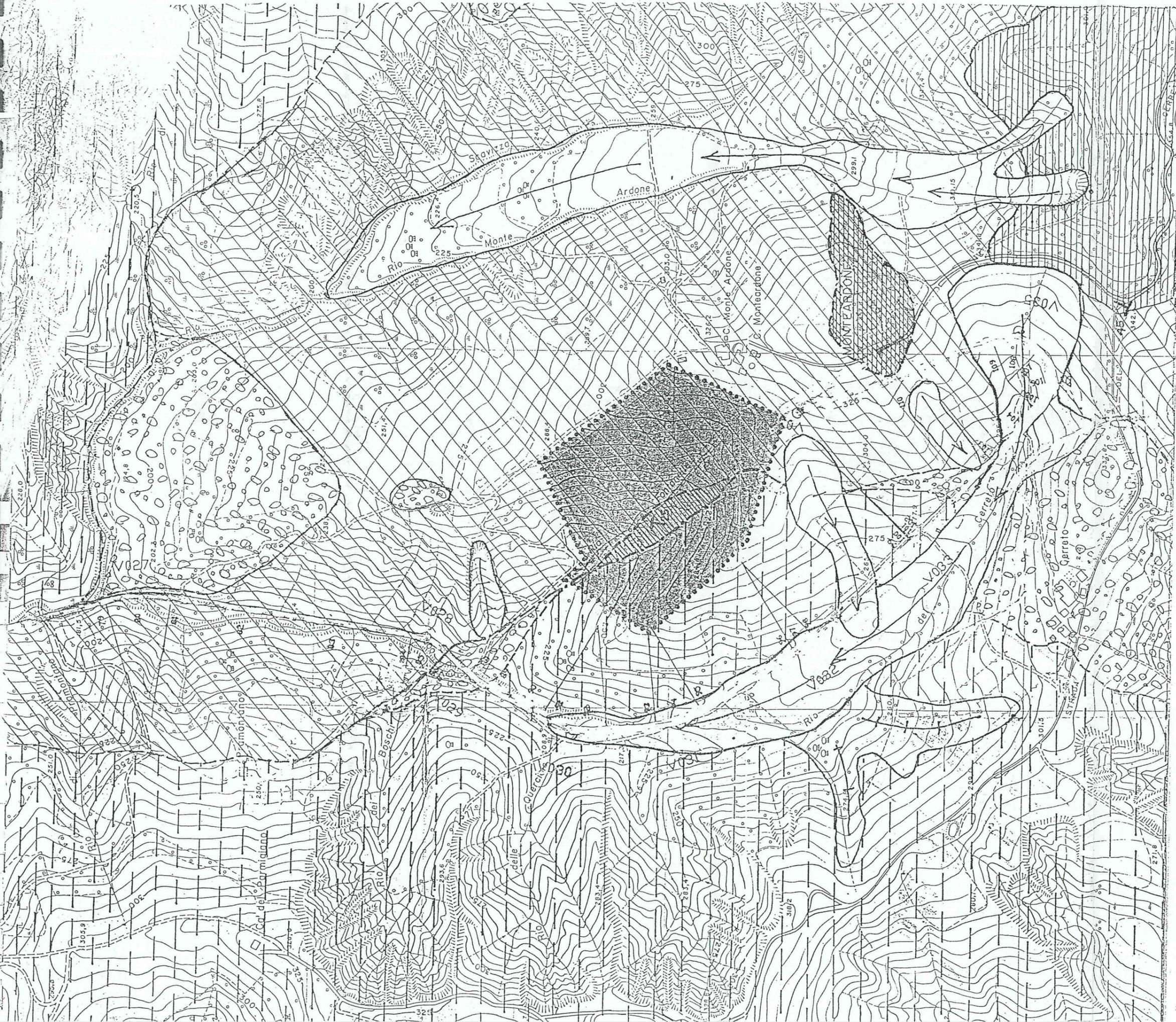
OVERALL MINIMUM FS = 1.534

SEZIONE E-E





- ⊙ CAMPAGNA DI INDAGINI - OTTOBRE 1990
- ▲ PRIMA CAMPAGNA DI INDAGINI (LABORATORIO GEOTECNICO EMILIANO) - LUGLIO 1995
- SECONDA CAMPAGNA DI INDAGINI (SGI LAB) - OTTOBRE 1996
- SECONDA CAMPAGNA DI INDAGINI (GEOTECNICA VENETA) - OTTOBRE 1996
- TERZA CAMPAGNA DI INDAGINI (SGI LAB) - MAGGIO 1997

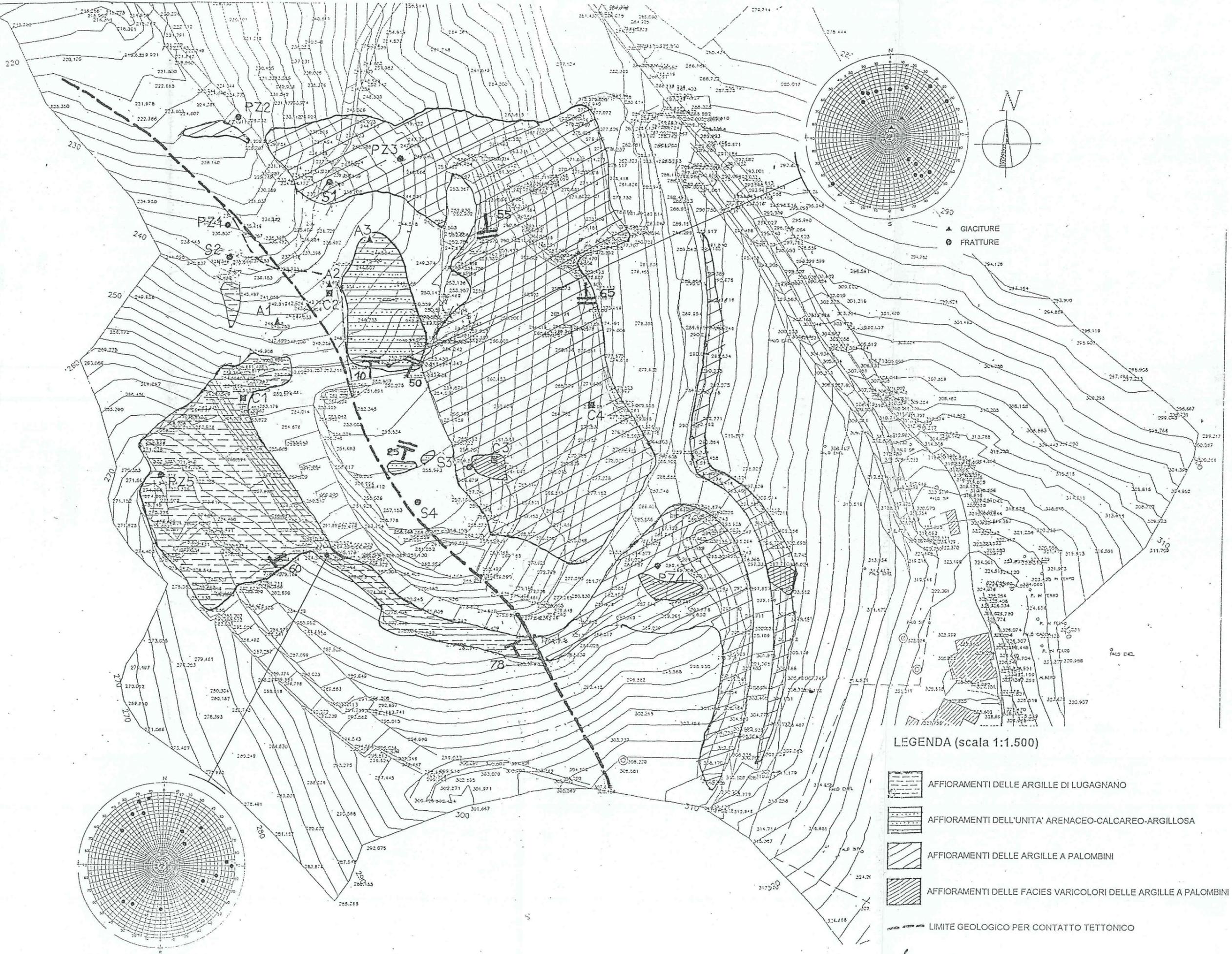


CARTA GEOLOGICA (scala 1:1.500)

-  LIMITE GEOLOGICO PER PROBABILE CONTATTO TETTONICO
-  LIMITE GEOLOGICO DI NATURA INCERTA
-  GIACITURA
-  FRANE ATTIVE
-  FRANE QUIESCENTI
-  ARGILLE DI LUGAGNANO (PLIOCENE)
-  GHIAIE (MIOCENE SUP. - PLIOCENE INF.?)
-  ARENARIE DI RANZANO E MARNE DI MONTE PIANO (OLIGOCENE INF. - EOCENE SUP.)
-  ARENARIE E ARGILLE GRIGIO MARRONE CON INTERCALAZIONI DI CALCARI MARNOSI (PROBABILE FLYSCH DI MONTE SPORNO)
-  BRECCIE POLIGENICHE (PROBABILE INCLUSO DELLE ARGILLE A PALOMBINI)
-  ARGILLE A PALOMBINI DELLA MEDIA VAL DI TARO (CRETACICO)

PZ1,PZ2,PZ3 = PIEZOMETRI A TUBO APERTO
 PZ4 = PIEZOMETRO CON N.2 CELLE DI CASAGRANDE (27m e 40m)
 E PIEZOMETRO A TUBO APERTO (tra 7 e 12m)
 PZ5 = PIEZOMETRO CON N.2 CELLE DI CASAGRANDE (7m e 20m)
 A1,A2,A3 = SONDAGGI GEOGNOSTICI
 C1,C2,C3,C4 = CAMPIONI CUBICI

SCALA 1:1500



LEGENDA (scala 1:1500)

-  AFFIORAMENTI DELLE ARGILLE DI LUGAGNANO
-  AFFIORAMENTI DELL'UNITA' ARENACEO-CALCAREO-ARGILLOSA
-  AFFIORAMENTI DELLE ARGILLE A PALOMBINI
-  AFFIORAMENTI DELLE FACIES VARICOLORI DELLE ARGILLE A PALOMBINI
-  LIMITE GEOLOGICO PER CONTATTO TETTONICO
-  GIACITURA DELLE PRINCIPALI FRATTURE

*PRESIDENZA DEL CONSIGLIO
DEI MINISTRI*

*DIPARTIMENTO PER I SERVIZI
TECNICI NAZIONALI*

SERVIZIO GEOLOGICO





Parma, 7 NOV. 1997 19

Presidenza
del Consiglio dei Ministri

Segretariato Generale
Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali
SERVIZIO GEOLOGICO

1. S. G. G. / 3306 / U. 2

Proposta al T. P. G. del

1. S.

Al Prof. Franco Barberi
Sottosegretario di Stato
per il coordinamento della
Protezione Civile
via Ulpiano, 11
00193 ROMA

Oggetto: Osservazioni geologiche e geologico tecniche sul sito da adibire a discarica controllata di prima categoria in località Monte Ardone nel comune di Fornovo sul Taro (Parma).

In risposta alle note dell'8.4.97 n. 1694, del 9.7.97 e del 16.9.97 n. 1694/FT concernenti l'argomento in oggetto ed a seguito del sopralluogo eseguito da funzionari di questo Servizio nel sito individuato per la realizzazione di una discarica di R.S.U. nel Comune di Fornovo sul Taro (PR), si invia, in allegato alla presente ed in triplice copia, una nota con le osservazioni richieste.

IL VICARIO DEL DIRETTORE DEL
SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE
IL DIRIGENTE SUPERIORE
(DR. FERDINANDO PETRONE)



Presidenza del Consiglio dei Ministri

SEGRETARIATO GENERALE

DIPARTIMENTO PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI

SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE

OSSERVAZIONI GEOLOGICHE E GEOLOGICO TECNICHE SUL SITO
DA ADIBIRE A DISCARICA CONTROLLATA DI PRIMA CATEGORIA IN
LOCALITA' MONTE ARDONE NEL COMUNE DI FORNOVO SUL TARO
(PARMA).

Premessa

Su richiesta del Sottosegretario di Stato per il Coordinamento della Protezione Civile in data 16 e 17 ottobre 1997, è stato effettuato un sopralluogo geologico tecnico in località Monte Ardone nel comune di Fornovo sul Taro (PR) in un'area ove è in via di realizzazione una discarica comunale di prima categoria.

Il sopralluogo è stato preceduto da una riunione presso gli uffici dell'Assessorato Ambiente e Difesa del Suolo della Provincia di Parma, ove sono stati acquisiti i

necessari documenti progettuali inerenti la realizzazione dell'impianto di smaltimento per R.S.U.

Caratteristiche morfologiche, geologiche ed idrogeologiche dell'area.

Il sito esaminato si sviluppa sul versante Nord Occidentale del rilievo di Monte Ardone, lungo la testata di Rio Fontanelle, affluente di destra del Rio Riccò (fig. 1).

Nel complesso la vasta area circostante il sito si presenta morfologicamente poco stabile in virtù delle litologie affioranti di natura prevalentemente argillosa soggette a fenomeni di dissesto fluvio-denudazionale anche con sviluppo di calanchi.

Tali dissesti sono sostanzialmente dovuti all'azione delle acque meteoriche sia di infiltrazione nei livelli episuperficiali del terreno, sia di scorrimento in superficie.

I terreni che affiorano nel vallone di Rio Fontanelle, alla cui testata è ubicato l'impianto della costruenda discarica, sono rappresentati da litotipi di età cretacea e pliocenica, in contatto tettonico nel settore di monte dell'invaso, con caratteristiche giaciture di tipo traversopoggio.

I terreni cretacei, sviluppati sul versante destro del Rio Fontanelle e parzialmente alla testata del suo versante sinistro, sono costituiti da un complesso sedimentario caratterizzato da brecce eterometriche di natura calcarea ed arenacea immerse in una matrice argillosa (unità delle argille a Palombini; foto 1 e 2).

I terreni pliocenici sono invece rappresentati da argille e argille limose con livelli arenacei (foto 3) sviluppati lungo il versante sinistro del Rio Fontanelle (unità delle argille di Lugagnano).

La dislocazione che pone a contatto i due litotipi, la cui superficie di faglia è stata messa in luce durante i lavori di scavo, è stata oggetto di specifici studi geologici che hanno evidenziato un andamento della faglia, di tipo diretto, con direzione circa NNO - SSE ed immersione di circa 80° Ovest (fig. 2).

Come visibile nella fig. 2 la geometria del piano di faglia rispetto all'andamento morfologico del versante da questo interessato, non costituisce un particolare elemento negativo per ciò che riguarda la possibilità di scivolamenti e/o franamenti di porzioni di versante all'interno della vallecchia.

Per quel che riguarda gli aspetti idrogeologici dell'area in esame, lo spessore rilevante dei sedimenti di natura prevalentemente argillosa (così come testimoniato dalle stratigrafie di pozzi profondi per la captazione di metano presenti all'intorno) non dà luogo ad acquiferi di rilievo sino a notevole profondità.

Limitate e confinate falde possono tuttavia essere presenti nei livelli più permeabili episupefficiali delle due formazioni. La loro alimentazione è comunque scarsa in quanto la natura litologica dei terreni che caratterizzano il sito ostacola l'infiltrazione delle acque meteoriche favorendo il loro ruscellamento sulla superficie del terreno ed il loro ristagno.

La scarsa permeabilità dei litotipi affioranti è stata anche resa visibile, al momento del sopralluogo, dalla presenza, immediatamente a valle dell'impianto, di una pozza con acqua (foto 5).

Nell'ambito delle indagini dirette effettuate nell'area del costruendo impianto sono stati realizzati 13 sondaggi spinti a profondità variabili tra i 20 e i 40 metri che non hanno evidenziato in alcun caso falde acquifere.

Cinque delle terebrazioni eseguite sono state comunque attrezzate a piezometro per il costante controllo delle eventuali filtrazioni delle acque meteoriche nel sottosuolo (foto 4).

Aspetti tecnici dell'impianto di discarica.

L'impianto in via di realizzazione è stato strutturato nelle sue linee generali, con una serie di sbancamenti operati sulla testata e su parte dei due versanti del Rio Fontanelle, che hanno completamente modificato l'assetto morfologico originario (foto 6).

Le vasche di conferimento per R.S.U. sono state modellate con pendenze variabili tra i 18 e i 22°, valori compatibili con le caratteristiche geomeccaniche riscontrate sui litotipi affioranti mediante opportune prove di laboratorio.

Le scarpate artificiali sono state comunque rinforzate ed ulteriormente stabilizzate mediante l'adozione del sistema TEXTOMUR (terre armate; foto 7).

Tale metodologia è stata peraltro applicata anche al terrapieno di sbarramento realizzato a valle dell'invaso (foto 8). Quest'ultimo, alto circa 12 metri e con spessori massimi di circa 7 metri, realizzato con terre opportunamente compattate appartenenti alla formazione sviluppata sul versante destro del Rio Fontanelle, è

stato strutturato con una base inclinata verso monte. Sul fondo inclinato del terrapieno è stato posto un dreno in grado di convogliare qualunque tipo di infiltrazione di acque nella struttura entro un apposito collettore di smaltimento (foto 9).

Al fine inoltre di eliminare l'infiltrazione delle acque anche all'interno e sui versanti delle vasche di stoccaggio dei rifiuti, sono stati predisposti 4 ordini di canalette di raccolta acque di cui uno lungo il coronamento dell'impianto e tre sulle pareti in "terre armate" (foto 6).

Allo scopo di tenere sotto osservazione eventuali movimenti del terreno sia nel corpo della discarica che nelle zone immediatamente a valle dello sbarramento artificiale, sono stati messi in opera alcuni inclinometri (foto 5) le cui letture, nell'arco di circa un anno, hanno fornito valori insignificanti di spostamenti del terreno.

Conclusioni

Lo studio complessivo effettuato nel sito del costruendo impianto di discarica e nell'area immediatamente circostante, ha evidenziato una naturale predisposizione morfologica dei terreni al dissesto superficiale ed episupeficiale legato all'azione erosiva e dilavante delle acque meteoriche sui litotipi a componente prevalentemente argillosa.

I lavori inerenti la realizzazione dell'invaso per lo smaltimento dei R.S.U., sviluppato lungo la testata del Rio Fontanelle, hanno modificato il contesto morfologico preesistente a vantaggio della stabilità del sito.

Il rimodellamento dei versanti del fosso, con pendenze consone alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni, la creazione di un'opera di sbarramento a valle e la predisposizione di un'ottimale reticolo di canalette drenanti per lo smaltimento delle acque meteoriche, costituiscono infatti elementi positivi nei riguardi della sicurezza complessiva dell'opera.

La mancanza di filtrazione di acque nel terreno elimina la causa principale del dissesto caratterizzante il territorio circostante il sito e stabilizza quindi l'area dell'impianto rispetto all'ambiente nel suo intorno ove sono al contrario presenti intensi fenomeni calanchivi e franosi (foto 10).

Questi ultimi sono stati anche visionati dagli scriventi in una zona al di fuori dell'impianto ove, a seguito dell'accumulo di terre di risulta derivanti dalle opere di scavo con conseguente sovraccarico sul versante, si è generato uno scoscendimento

di modeste dimensioni che ha interessato sia gli inerti, sia porzioni del terreno in sito.

All'interno dell'area della discarica tali fenomenologie sono risultate del tutto assenti in virtù delle opere di stabilizzazione sopra richiamate.

La dislocazione tettonica che attraversa il terreno di sedime mettendo a contatto i terreni cretacei con quelli pliocenici, non costituisce un particolare problema alla stabilità del sito, così come bene evidenziato anche dagli specifici studi effettuati sulla faglia da geologi esperti in materia. Non è tuttavia possibile escludere una riattivazione della faglia in caso di eventi sismici di estrema entità. Sulla base di manifestazioni telluriche storiche, con epicentro a pochi chilometri di distanza dal sito in esame, non sono state però riscontrate significative modifiche all'assetto strutturale dell'area. Una ipotetica riattivazione della faglia sarebbe pertanto legata a scosse sismiche così intense e catastrofiche da rendere insicuro qualsiasi sito alternativo.

Le caratteristiche idrogeologiche del sito sono tali da fare escludere qualsiasi tipo di inquinamento della falda profonda di base attestata a notevole profondità rispetto all'attuale piano campagna.

Lo spessore e la bassa permeabilità dei litotipi presenti danno infatti luogo ad una naturale protezione delle acque sotterranee, cui vanno ad aggiungersi le impermeabilizzazioni artificiali sui fondo invasi previste dal progetto.

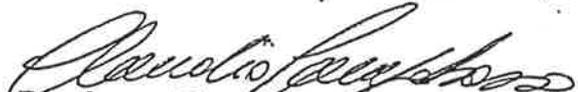
In ultimo è da tener presente che, da informazioni assunte presso la Provincia di Parma, i rifiuti che dovranno essere posti a dimora verranno preventivamente selezionati dall'AMNU di Parma ed opportunamente trattati in modo da ridurre al massimo, dopo il loro stoccaggio nell'impianto, la formazione di percolato, biogas, cattivi odori e presenza di animali e/o insetti, a completo vantaggio dell'ambiente circostante.

Sulla base di quanto sopra evidenziato in merito alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geo-ambientali e tecniche dell'area ove è in corso di realizzazione l'impianto di smaltimento R.S.U., non si evincono particolari elementi ostativi tali da sconsigliare la prosecuzione dei lavori ed il successivo stoccaggio dei rifiuti sia per quanto riguarda la stabilità dell'opera, sia per quel che riguarda la tutela della falda acquifera e la tutela degli aspetti ambientali a contorno.

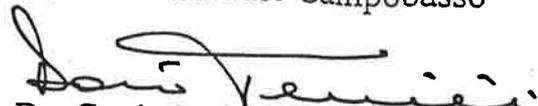
Roma, novembre 1997



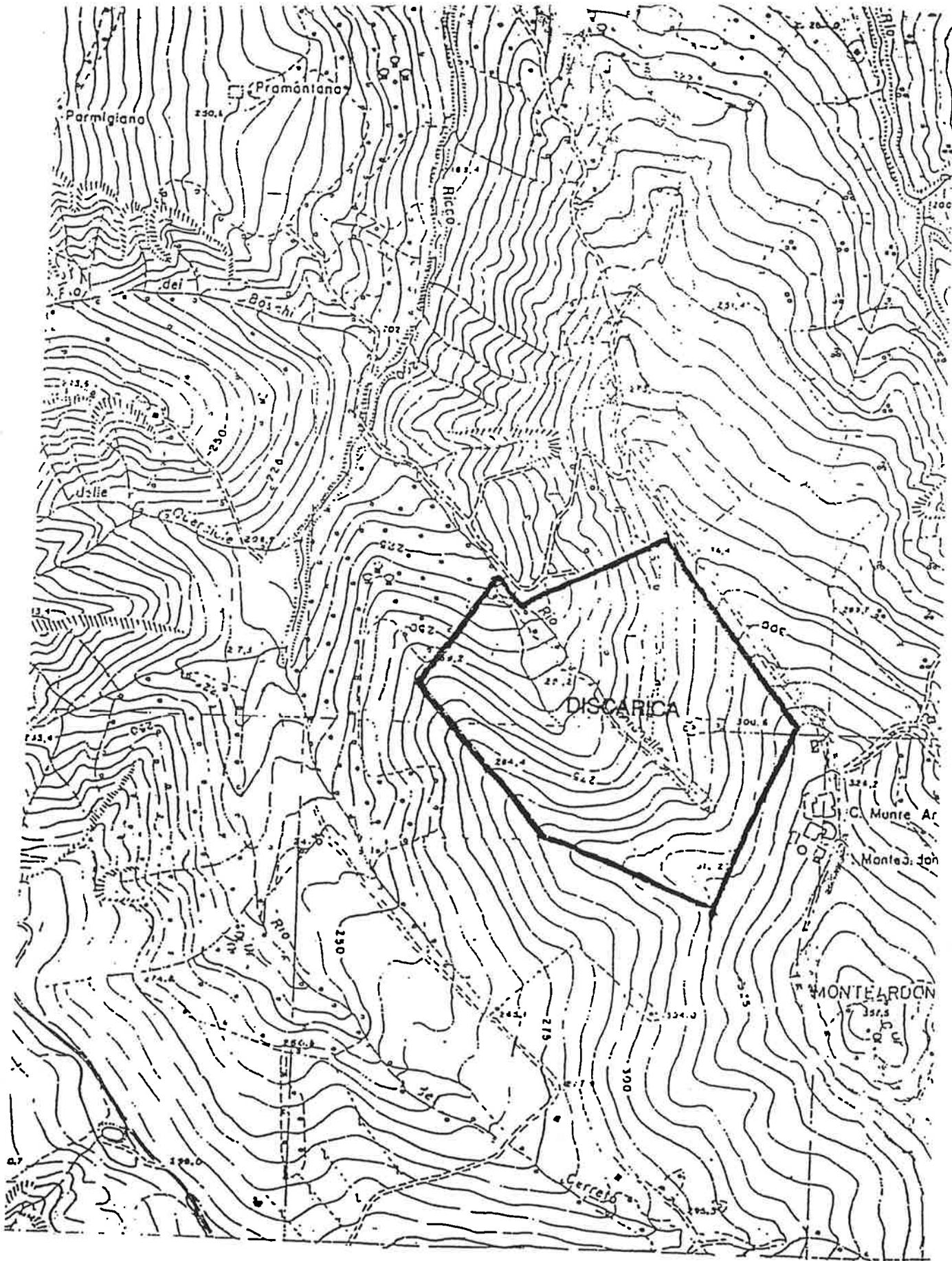
Dr. Geol. Ferdinando Petrone



Dr. Geol. Claudio Campobasso

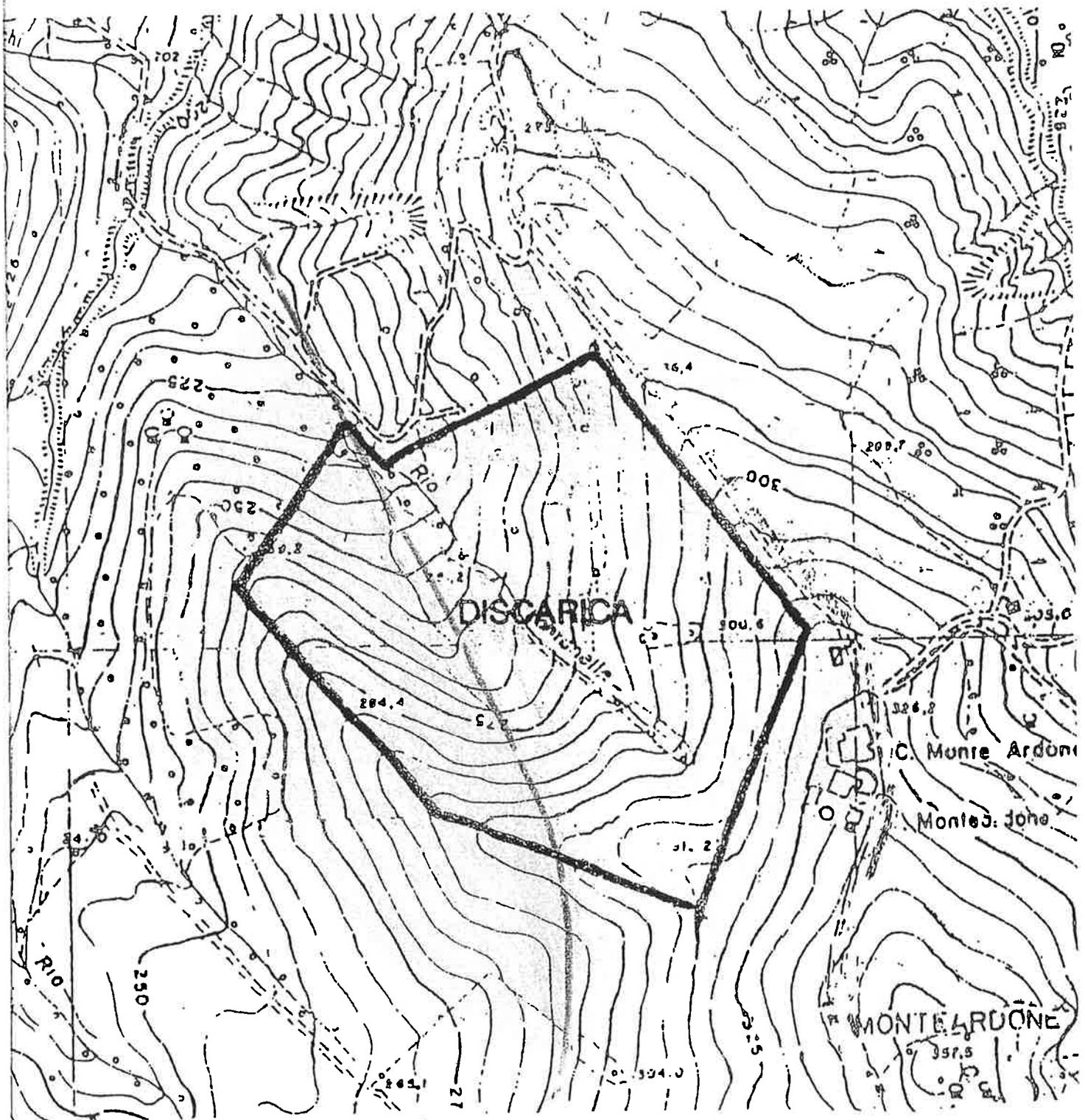


Dr. Geol. Dario Terribili



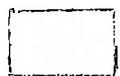
Comune di Fornovo sul Taro (PR)

Fig. 1



Faglia

Carta geologica di sintesi



Unità delle Argille di Lugagnano



Unità delle Argille a Palombini

Fig. 2

DOCUMENTAZIONE ICONOGRAFICA

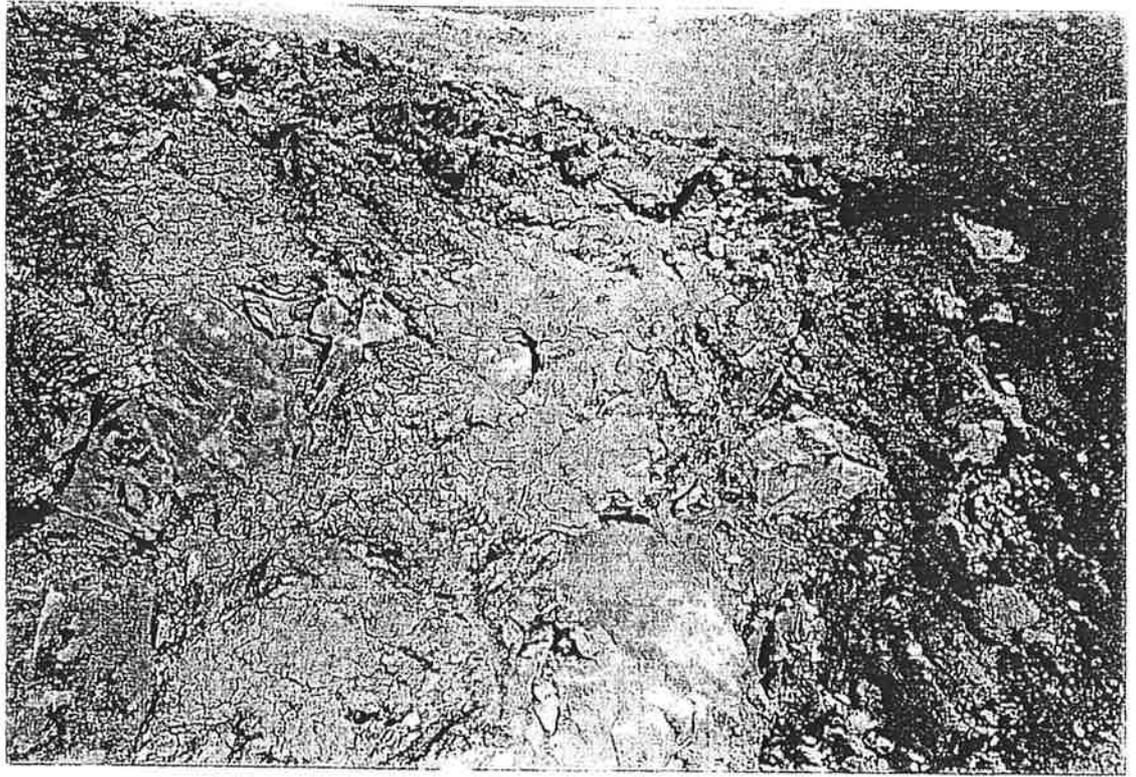


Foto 1 - 2 Particolare del complesso sedimentario caratterizzato da brecce eterometriche di natura calcarea ed arenacea immerse in una matrice argillosa (Unità delle argille a Palombini) affiorante lungo la testata e sul versante destro del Rio Fontanelle.



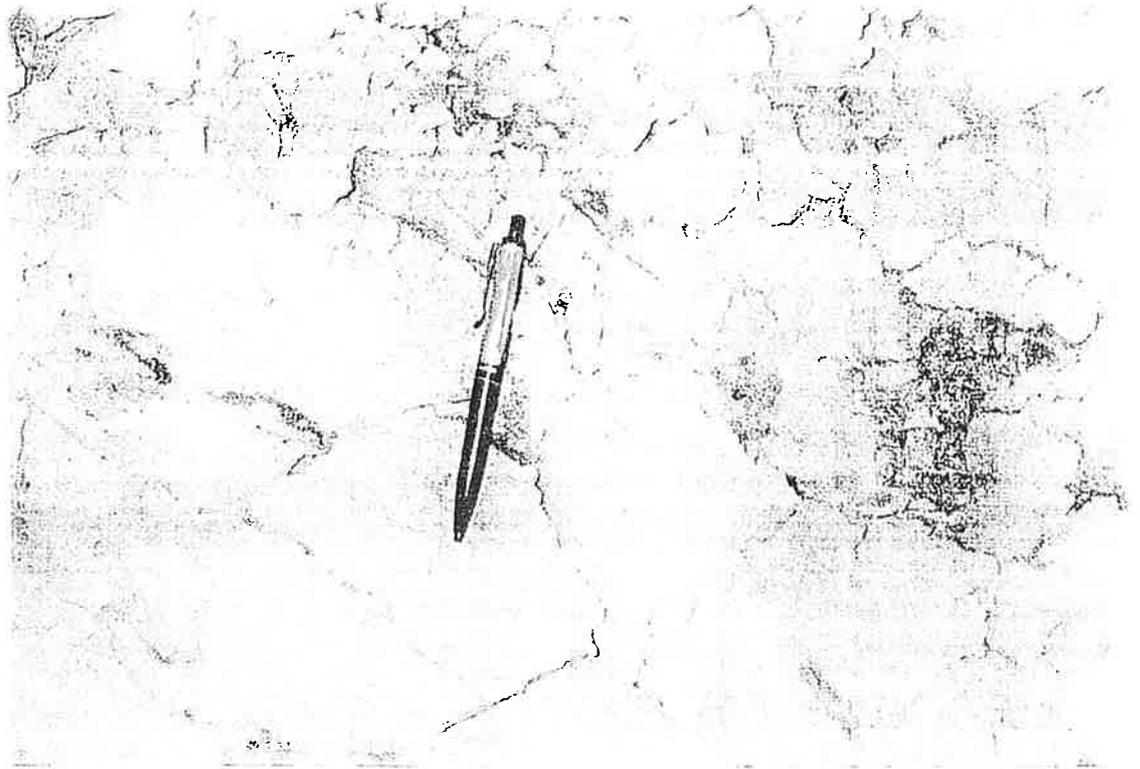
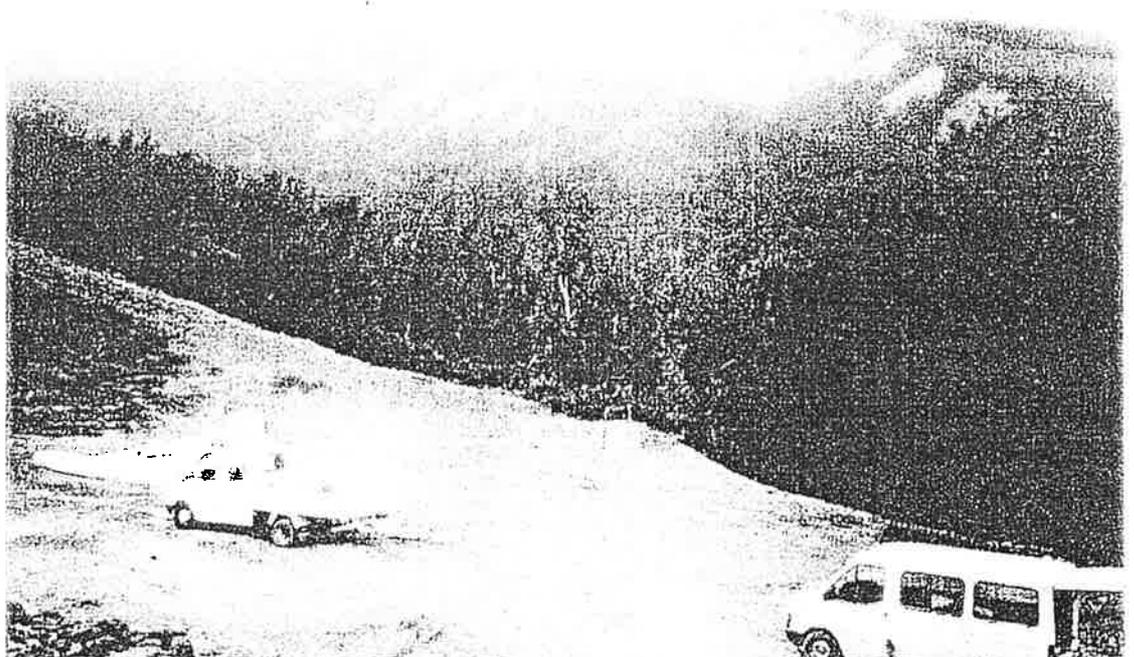


Foto 3 Particolare delle argille e argille limose, con livelli arenacei (unità delle argille di Lugagnano) affioranti lungo il versante sinistro del Rio Fontanelle.

Foto 4 Area immediatamente a valle dello sbarramento dell'invaso; al centro della foto è visibile il boccaforo di un sondaggio attrezzato a piezometro.



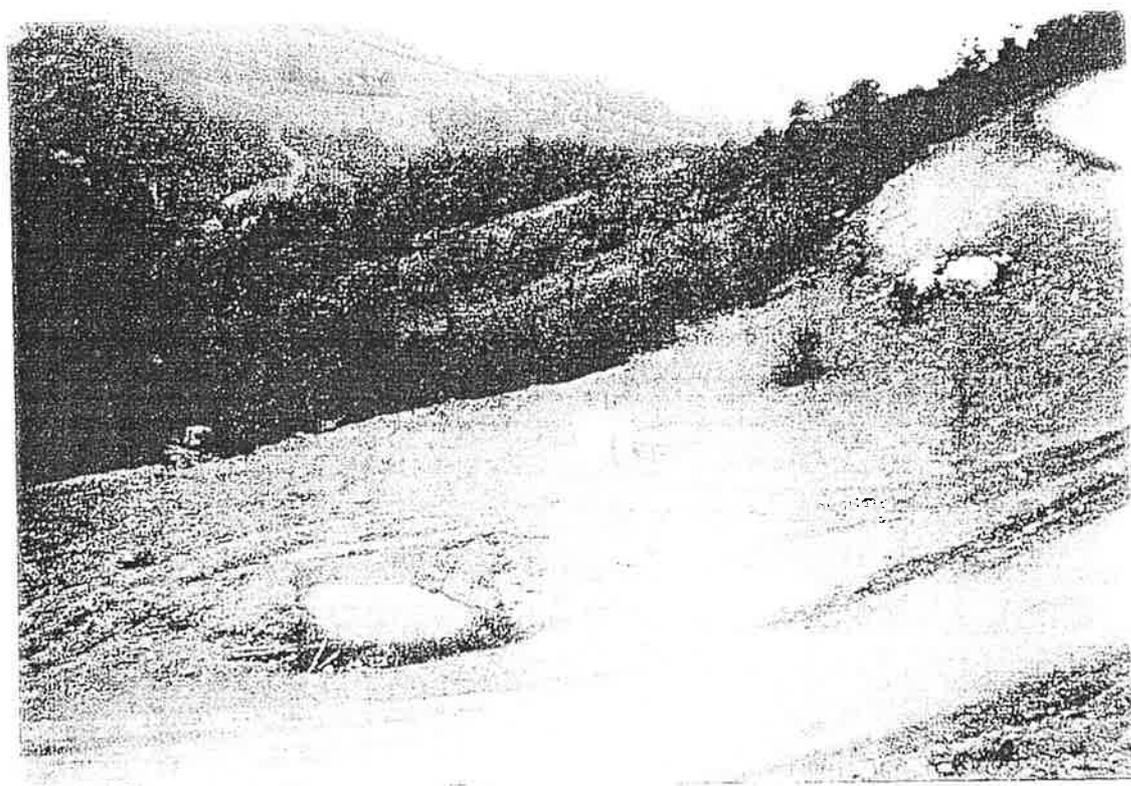


Foto 5 Area immediatamente a valle dello sbarramento dell'invaso; il ristagno d'acqua presente in una pozza conferma la scarsa permeabilità dei litotipi affioranti. Limitrofo a questo ristagno è visibile la messa in opera di un inclinometro per il controllo di eventuali movimenti del terreno.

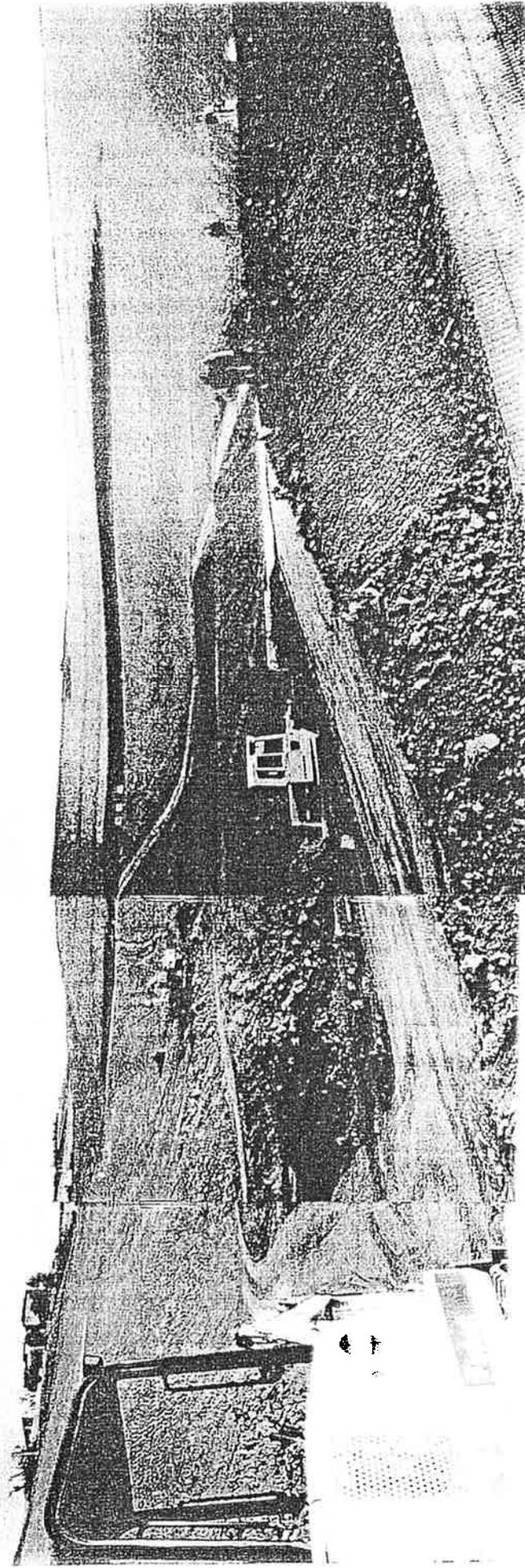


Foto 6 Panoramica degli invasi della costruenda discarica; la morfologia originaria della testata e del tratto iniziale del fosso di Rio Fontanelle è stata completamente modificata con i lavori di movimentazione terre. Al centro della foto, sulla scarpata superiore, sono visibili due dei quattro ordini di canalette di raccolta acque immediatamente soprastanti ad un settore del versante artificiale stabilizzato con terre armate.

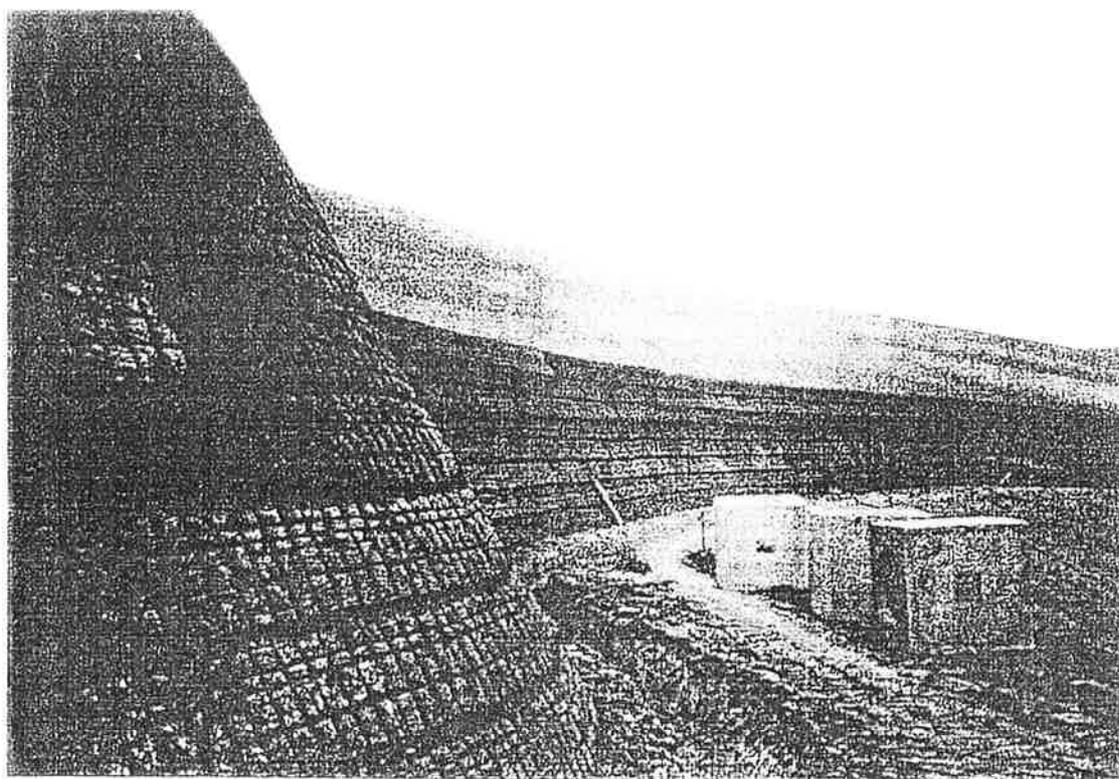


Foto 7 Particolare delle opere di stabilizzazione delle scarpate artificiali degli invasi della discarica mediante l'adozione del sistema TEXTOMUR anche definito "Terre armate".

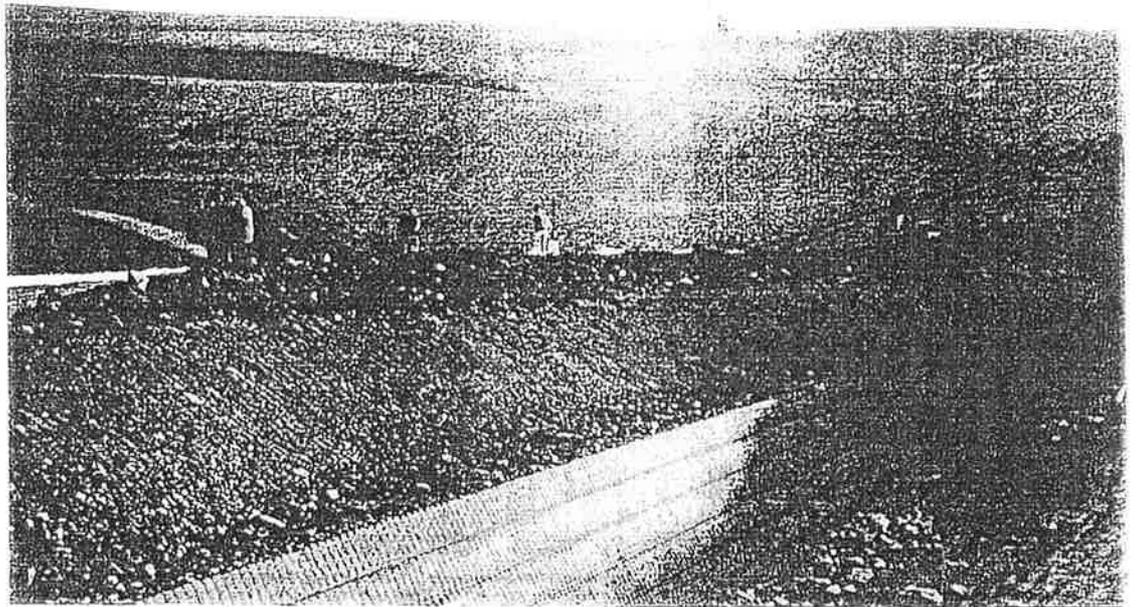


Foto 8 Panoramica dello sbarramento di valle costituito da un terrapieno opportunamente rinforzato e stabilizzato con terre armate e dotato di particolari opere di drenaggio per le eventuali acque di infiltrazione.

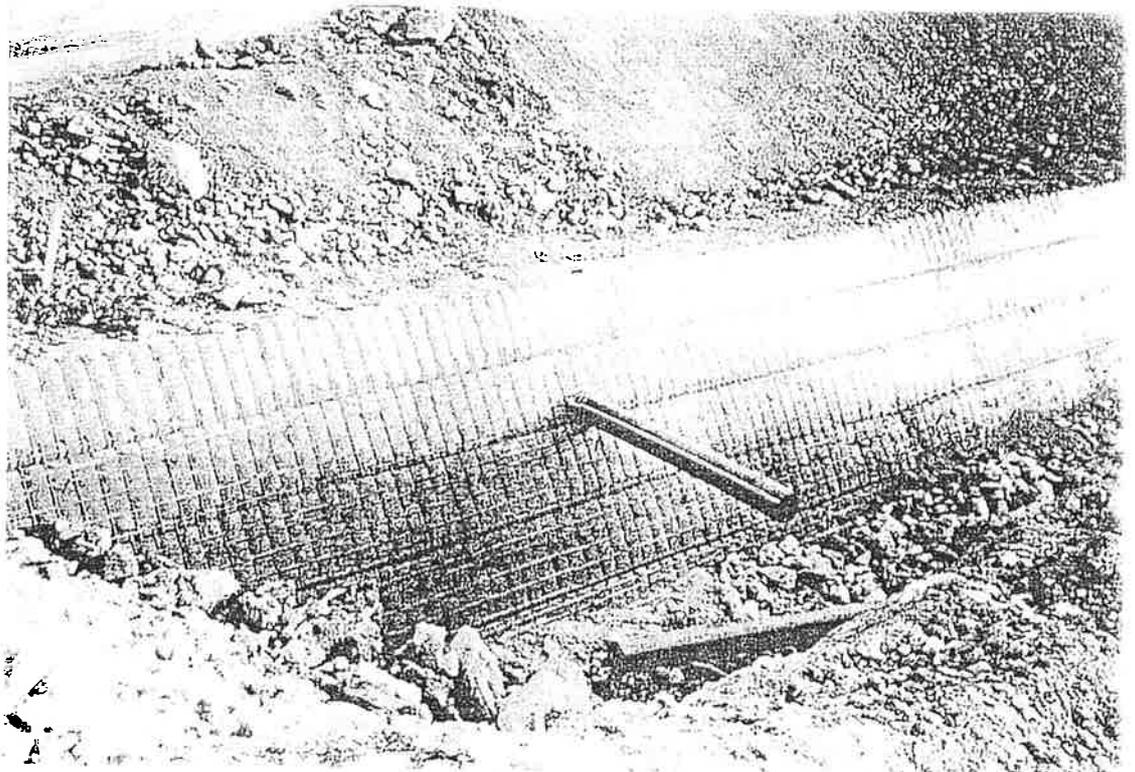


Foto 9 particolare di un collettore di raccolta e smaltimento delle eventuali acque di infiltrazione nel corpo dell'opera di sbarramento.

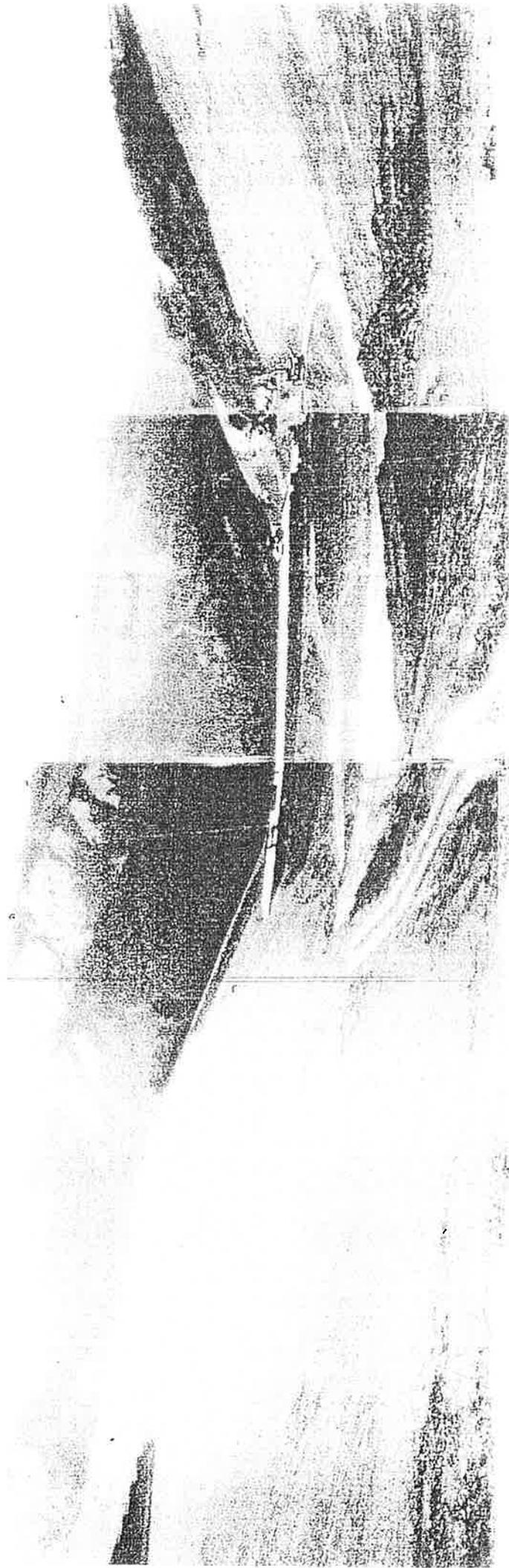


Foto 10 Panoramica degli invasi della discarica visto dalla testata del Rio Fontanelle; nella foto è visibile l'opera di sbarramento con i versanti dell'invaso opportunamente modellati, inclinati e sagomati per il conferimento di R.S.U.. Sullo sfondo, in alto a sinistra, sono ben visibili i fenomeni calanchivi che interessano naturalmente i terreni affioranti nell'area circostante il sito.

G.M.A. Gestione Manutenzione Ambiente

Via Nobel 9a - 43100 PARMA

Progetto di discarica di prima categoria per rifiuti solidi urbani
ed assimilabili il località Monte Ardone - Fontanelle
Comune di Fornovo di Taro (PR)

RILIEVO STRATIGRAFICO DELLE PARETI

Dicembre 1997

LA DIREZIONE LAVORI

Indice

1.Premessa	3
2.Rilievo stratigrafico	3
2.1 Descrizione litologica delle formazioni in affioramento	3
2.2 Rapporti fra le formazioni	4
3.Documentazione fotografica e profili stratigrafici	5

1. PREMESSA

Il presente documento viene redatto dalla Direzione Lavori in ottemperanza all'articolo 42.6 del Capitolato tecnico della perizia di variante n.1 (maggio 1997) in base sia alle osservazioni dirette effettuate durante gli scavi sia alle risultanze delle indagini effettuate sul fondo e sulle pareti dell'invaso, raccolte nei vari rapporti realizzati dalle società Vicenzetto e Geimco, esecutrici dei sondaggi effettuati nell'area di discarica.

Ai rapporti sulle indagini effettuate si aggiungono inoltre le relazioni e relative carte geologiche realizzate dal Dott. Nespoli ("Indagini e verifiche integrative sull'area interessata dalla costruenda discarica R.S.U. di Monte Ardone in Comune di Fornovo di Taro - Provincia di Parma) e dal Dott. Storti ("Relazione geologico-strutturale inerente l'area interessata dalla discarica R.S.U. di Monte Ardone, Comune di Fornovo Taro") a cui si rimanda per una più completa trattazione dell'argomento.

2. RILIEVO STRATIGRAFICO

2.1 Descrizione litologica delle formazioni in affioramento

Le pareti dell'invaso sono impostate prevalentemente su due tipi di formazioni: le Argille a palombini (versante in destra idrografica) e le Argille di Lugagnano (versante in sinistra idrografica).

Le *argille a palombini* sono una formazione a matrice argillosa in prevalenza grigio scuro, grigio-verde ma che localmente assume colorazione rossastra e/o rosso mattone (facies varicolore), con immersi blocchi e strati calcarei, calcareo-marnosi e arenitici di dimensioni variabili da decimetriche a plurimetriche.

Nel complesso la formazione presenta un aspetto caotico dovuto alla tettonizzazione della stessa come appare dalla disarticolazione degli inclusi calcarei e dall'aspetto della matrice costituita da argille sovraconsolidate scagliose (vedi foto n 3).

Le *argille di Lugagnano* sono argille, argille limose e limi sabbiosi di colore grigio-azzurro; apparentemente non presentano stratificazione mentre è presente una fratturazione secondaria, che si sviluppa lungo superfici chiuse di tipo semisferoidale, che tendono a suddividere l'ammasso in blocchi aventi dimensioni da centimetriche a decimetriche (foto n. 4).

All'interno dell'invaso sono inoltre presenti delle alternanze arenaceo-calcaree-argillose ascrivibili al Flysch di Monte Sporno. Queste alternanze affiorano in corrispondenza del fondo del I lotto e presumibilmente proseguono verso monte lungo una fascia di ampiezza variabile (fino a qualche metro), immersa dentro le argille a palombini, lungo la parete meridionale del I e del II lotto (foto 1, 2 e 5).

2.2 Rapporti fra le formazioni

I contatti fra le formazioni sopra descritte sono sia di natura tettonica che stratigrafica.

I lavori relativi alla realizzazione della discarica hanno messo in luce la presenza della faglia di Monte Ardone, mai osservata direttamente in precedenza, come risulta dalla bibliografia specifica. Tale struttura è stata ben esposta (prima della realizzazione dei muri in terra armata posti lungo la strada di coronamento) in corrispondenza dei picchetti P35 e P82. La faglia, immergente WSW, con inclinazione di circa 70°, divide verso monte le argille a palombini dalle argille di Lugagnano.

Procedendo verso valle questo contatto diretto si perde e la faglia sembra correre all'interno delle argille a palombini. Questa supposizione si accorda con la presenza di livelli calcarei indisturbati con giacitura 250/25 che si rinvennero sul fondo del I lotto e lungo la parete di raccordo tra questo ed il II lotto. (foto 1 e 2). Inoltre durante i lavori di scavo dell'argine sono stati rinvenuti contatti primari tra le argille plioceniche e le alternanze arenaceo-calcaree-argillose. Tra queste ultime e le argille a palombini è stato rinvenuto invece, durante le operazioni di scavo, un contatto di tipo stratigrafico in forte discordanza angolare.

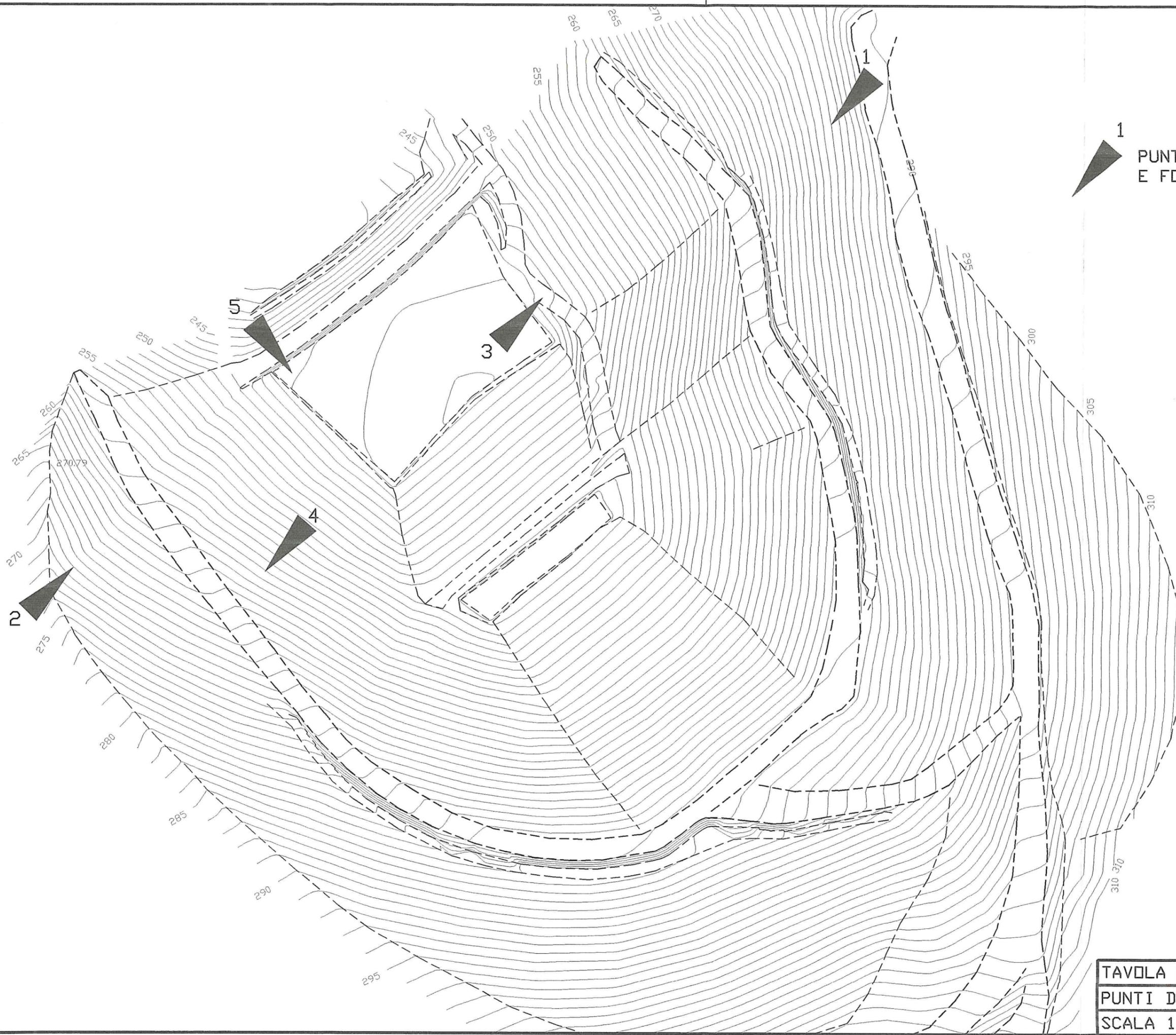
Riassumendo i contatti tra le formazioni presenti nell'invaso sono:

- di tipo tettonico tra argille a palombini e argille di Lugagnano, nella parte alta dell'invaso
- di tipo stratigrafico tra argille a palombini e alternanze arenaceo-calcaree-argillose e fra queste e le argille plioceniche.

3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E PROFILI STRATIGRAFICI

Elenco della documentazione stratigrafica e delle tavole allegate:

- Tavola 1: Punti di scatto
- Foto 1: Panoramica del versante occidentale (sinistra idrografica) e relativo schema stratigrafico
- Foto 2: Panoramica del versante orientale (destra idrografica) e relativo schema stratigrafico
- Foto 3: Argille a palombini
- Foto 4: Argille di Lugagnano
- Foto 5: Alternanze arenaceo-calcaree-argillose
- Tavola 2A/2B: Profili stratigrafici



1
PUNTI DI SCATTO
E FOTO CORRISPONDENTI

TAVOLA N. 1
PUNTI DI SCATTO
SCALA 1:1000

FOTO 1 – Panoramica del versante occidentale (sinistra idrografica) e relativo schema stratigrafico

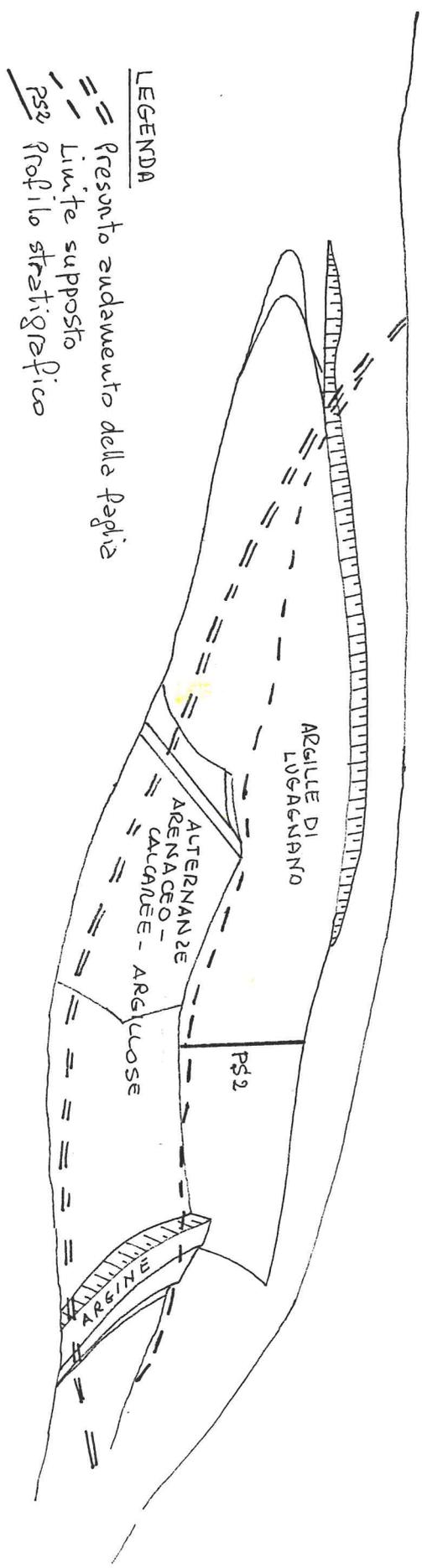
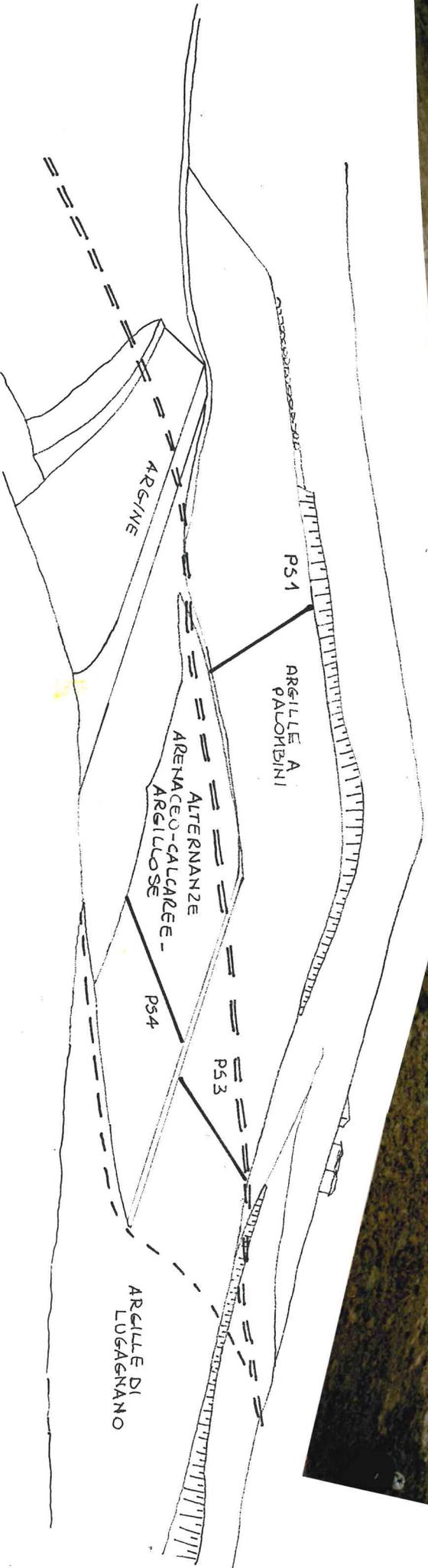
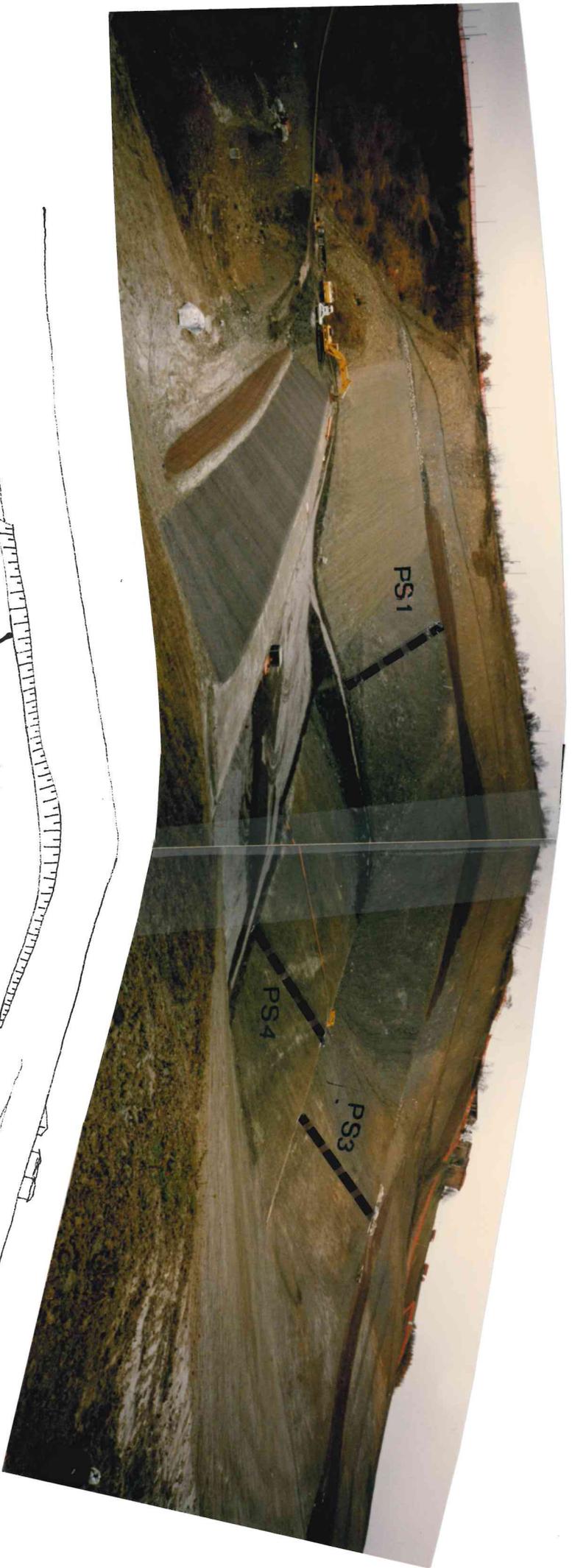


FOTO 2 – Panoramica del versante orientale (destra idrografica) e relativo schema stratigrafico



LEGENDA

-  presunto andamento delle fasce
-  Limite supposto
-  PS1 profilo stratigrafico



FOTO 3 – ARGILLE A PALOMBINI



FOTO 4 – ARGILLE DI LUGAGNANO



FOTO 5 – ALTERNANZE ARENACEO-CALCAREE-ARGILLOSE

VERIFICHE INTEGRATIVE DI STABILITA' DELL'ARGINE DI BASE DELLA DISCARICA DI MONTE ARDONE IN COMUNE DI FORNOVO TARO

a cura degli estensori della Relazione geotecnica di progetto su richiesta della Conferenza Provinciale Rifiuti

Premessa

Di seguito sono richiamate le verifiche di stabilità, relative al profilo definitivo longitudinale, effettuate in osservanza alle prescrizioni della Conferenza Provinciale Rifiuti considerando l'argine di base costituito da materiale granulare ofiolitico avente angolo di resistenza al taglio di 36° , coesione uguale a 0 e peso specifico 2.2 t/mc.

Per quanto concerne il terreno in posto sono stati mantenuti i parametri geotecnici precedentemente adottati nelle verifiche allegate al progetto di variante ovvero, angolo di resistenza al taglio 17° , coesione 0 e peso specifico 2 t/mc.

Le verifiche di stabilità sono state condotte suddividendo il profilo longitudinale in tre settori su cui sono state eseguite le elaborazioni (settore sommitale, mediano e inferiore), ricercando i cerchi minimi tangenti a linee orizzontali disposte secondo profondità crescenti.

I risultati finali vengono presentati sotto forma di tabelle contenenti i fattori di sicurezza minimi tra quelli calcolati su tutta la griglia impostata.

E' stata inoltre effettuata una verifica sulla singola arginatura al piede considerata in fase precedente al conferimento dei rifiuti ovvero con invaso scarico ed opera realizzata.

Risultati delle verifiche

Dall'applicazione dei parametri fissati per le verifiche di stabilità si sono ottenuti risultati positivi sull'intero profilo longitudinale.

Tali verifiche hanno fornito valori del fattore di sicurezza cautelativi, mediamente superiori a $F_s = 1.3$ con valori medi intorno a 1.5.

La verifica sul singolo argine al piede ha fornito un cerchio con valore minimo $F_s = 1.354$

Si allegano alla presente le tabelle riassuntive delle verifiche eseguite nonché l'andamento in sezione dei cerchi minimi riscontrati sul pendio.

Milano, 2 marzo 1997

Ing. A. Pagotto

Dott. M. Nespoli

VERIFICHE STABILITA' PENDIO LONGITUDINALE CON ARGINE AL PIEDE
 COSTITUITO DA MATERIALE OFIOLITICO (ANG. 36° COES. 0).
 PARTE BASSA - PRESENZA DI RIFIUTO

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 6
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 15
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 4
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES 0
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 9.81

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (150.0, -150.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH,47,50,53,60,68,78

G E O M E T R Y

SECTIONS	-40	.0	60.0	66.1	74.9	108.5	114.2	117.5	127.5	150.0	189.4	195.4	197.9	212.9	272.8
T. CRACKS	10	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
W IN CRACK	10	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
BOUNDARY 1	10	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
BOUNDARY 2	10	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
BOUNDARY 3	10	.0	20.4	24.0	26.6	37.8	37.5	36.5	39.6	47.0	45.1	46.8	46.8	50.2	62.2
BOUNDARY 4	200	200	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0

S O I L P R O P E R T I E S

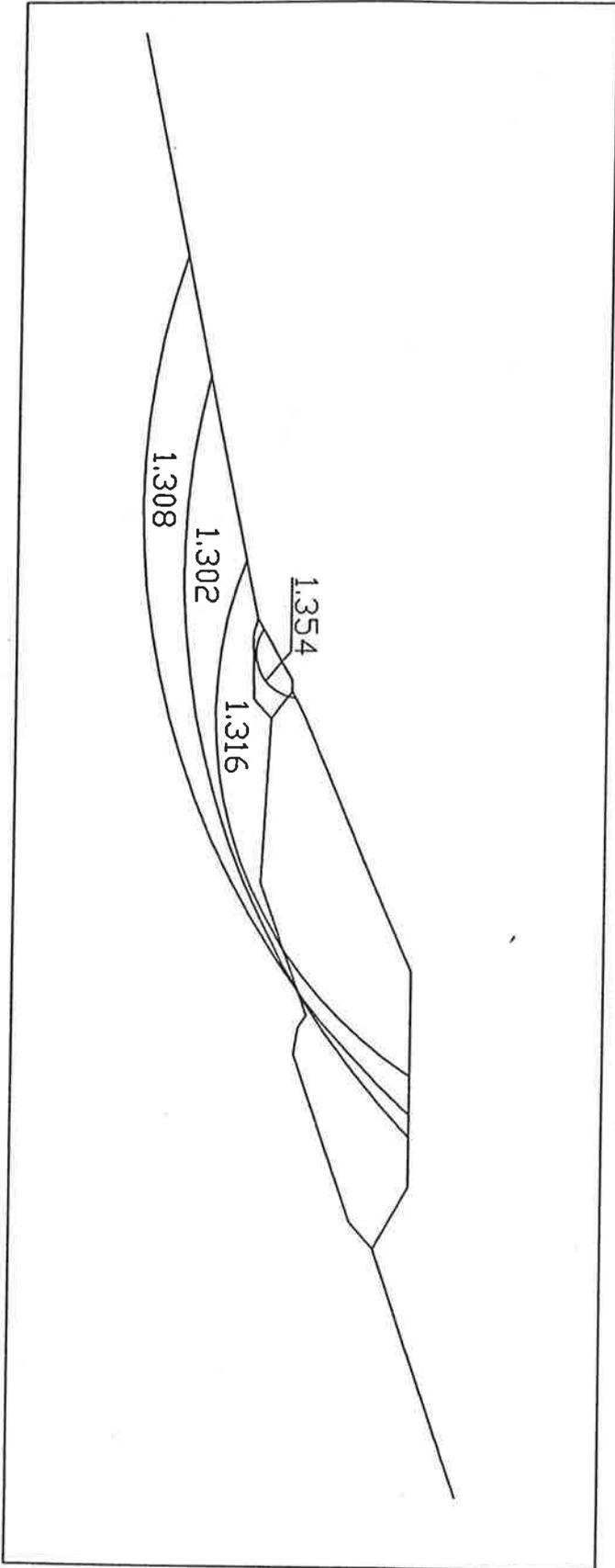
LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY	MATERIAL
1	2.0	22.0	1.1	RIFIUTO
2	.0	36.0	2.2	OFIOLITE
3	.0	17.0	2.0	ARGILLA

S U M M A R Y O F T H I S S T A B G M R U N

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FSMIN(BMM)
47.00	160.00	-140.00	2.149
50.00	170.00	-145.00	1.825
53.00	180.00	-150.00	1.667
60.00	210.00	-130.00	1.362
68.00	225.00	-130.00	1.302
78.00	240.00	-120.00	1.308

OVERALL MINIMUM FS = 1.302

Handwritten signature and initials, possibly 'A.P.' and 'J.M.', located on the right side of the page.



Handwritten initials or a signature, possibly "JM", located below the circular scribble.

VERIFICHE STABILITA' PENDIO LONGITUDINALE CON ARGINE AL PIEDE
 COSTITUITO DA MATERIALE OFIOLITICO (ANG. 36° COES. 0).
 PARTE MEDIA - PRESENZA DI RIFIUTO

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 8
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 15
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 4
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES 0
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 9.81

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (120.0, -80.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH,43,46,49,51,52,54,57,60

G E O M E T R Y

SECTIONS	-40	.0	60.0	66.1	74.9	108.5	114.2	117.5	127.5	150.0	189.4	195.4	197.9	212.9	272.8
T. CRACKS	10	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
W IN CRACK	10	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
BOUNDARY 1	10	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
BOUNDARY 2	10	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
BOUNDARY 3	10	.0	20.4	24.0	26.6	37.8	37.5	36.5	39.6	47.0	45.1	46.8	46.8	50.2	62.2
BOUNDARY 4	200	200	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0

S O I L P R O P E R T I E S

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY	MATERIAL
1	2.0	22.0	1.1	RIFIUTO
2	.0	36.0	2.2	OFIOLITE
3	.0	17.0	2.0	ARGILLA

S U M M A R Y O F T H I S S T A B G M R U N

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FSMIN(BMM)
43.00	140.00	-75.00	3.310
46.00	160.00	-55.00	2.568
49.00	165.00	-45.00	1.699
51.00	170.00	-50.00	1.590
52.00	175.00	-60.00	1.534
54.00	180.00	-60.00	1.454
57.00	185.00	-50.00	1.367
60.00	190.00	-45.00	1.316

OVERALL MINIMUM FS = 1.316

Handwritten signature and initials, possibly 'Jen' or similar, located on the right side of the page.

VERIFICHE STABILITA' PENDIO LONGITUDINALE CON ARGINE AL PIEDE
 COSTITUITO DA MATERIALE OFIOLITICO (ANG. 36° COES. 0).
 PARTE ALTA - PRESENZA DI RIFIUTO

C O N T R O L D A T A

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 0
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 7
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 15
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 4
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES 0
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0
 NUMBER OF REINFORCING LAYERS 0
 SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S200 .00
 UNIT WEIGHT OF WATER 9.81

SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (30.0, -30.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH,12,16,23,28,32,36,40

G E O M E T R Y

SECTIONS	-40.0	.0	60.0	66.1	74.9	108.5	114.2	117.5	127.5	150.0	189.4	195.4	197.9	212.9	272.8
T. CRACKS	10.0	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
W IN CRACK	10.0	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
BOUNDARY 1	10.0	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
BOUNDARY 2	10.0	.0	20.4	17.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	22.0	38.6	41.6	41.6	50.2	62.2
BOUNDARY 3	10.0	.0	20.4	24.0	26.6	37.8	37.5	36.5	39.6	47.0	45.1	46.8	46.8	50.2	62.2
BOUNDARY 4	200	200	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0

S O I L P R O P E R T I E S

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY	MATERIAL
1	2.0	22.0	1.1	RIFIUTO
2	.0	36.0	2.2	OFIOLITE
3	.0	17.0	2.0	ARGILLA

S U M M A R Y O F T H I S S T A B G M R U N

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FSMIN(BMM)
12.00	30.00	-40.00	1.553
16.00	35.00	-35.00	1.404
23.00	40.00	-30.00	1.354
28.00	35.00	-15.00	1.551
32.00	35.00	-5.00	1.808
36.00	30.00	.00	2.149
40.00	30.00	.00	2.443

OVERALL MINIMUM FS = 1.354

Handwritten signature and initials

Milano 14 marzo 1997

A cura dei consulenti alla progettazione

dott. Maurizio Nespoli
ing. Adelio Pagotto
Via Carpaccio 2 - Milano
tel. 02/70602427

**OSSERVAZIONI E NOTE DI CHIARIMENTO AI QUESITI FORMULATI DAI CONSULENTI
TECNICI DELLA PROCURA DELLA REPUBBLICA IN PARMA (PROC. N. 857/96 M. 21) IN
MERITO ALLA DISCARICA R.S.U. DI MONTE ARDONE**

Esaminate le osservazioni dei periti, anticipate via fax in data 3 marzo 1997 al Consorzio G.M.A. e pervenuteci in data 10 marzo 1997, con la presente si è a chiarire i quesiti posti relativamente agli aspetti di nostra competenza, ovvero:

- stabilità della discarica;
- interferenza discarica-acque sotterranee.

Problemi connessi alla stabilità dei versanti

Nelle verifiche di stabilità relative al progetto originale si è ritenuto di dover dare maggiore importanza alle verifiche sia a scavo aperto che a discarica completata con la posa del rifiuto, in ragione del fatto che è in queste condizioni che si verifica l'assetto più gravoso e pericoloso per quanto concerne la stabilità.

Tutte le verifiche effettuate prevedevano la presenza di un solo strato ($\phi=26^\circ$ $C=1.2$ t/m²) in quanto progettualmente si intende procedere con l'asportazione del materiale di alterazione più superficiale presente sia lungo i versanti che in corrispondenza della colata di fondovalle.

Per brevità e maggior chiarezza il progetto originario riportava solo le verifiche di stabilità definitive; in realtà in fase di elaborazione progettuale erano state condotte svariate simulazioni, alcune delle quali prendevano in considerazione anche parametri geotecnici inferiori (fino a 18° di angolo di resistenza al taglio) a quelli impiegati scaturenti dalle prime prove geotecniche di laboratorio (Laboratorio Geotecnologico Emiliano).

Dette verifiche, delle quali si allegano i calcoli allora condotti (allegato 1), avevano sostanzialmente fornito valori del fattore di sicurezza sempre superiori all'unità, sebbene al di sotto del valore consigliato di 1.3.

Il fattore di sicurezza pari a 1.3 era pressoché garantito utilizzando un valore limite dell'angolo di resistenza al taglio pari a 22° e coesione pari 1.2 t/m².

Erano anche state condotte ulteriori verifiche (presentate solo verbalmente in conferenza dei servizi) del tipo Back analysis su un dissesto presente poco a valle della zona di scarica che avevano fornito valori di un angolo di resistenza residua pari a 21-22° avendo posto la coesione ovviamente uguale a zero.

Circa l'opportunità di considerare un doppio strato per le verifiche relative al pendio naturale, si è ritenuta irrilevante la presenza dell'eluvium superficiale che per caratteristiche geotecniche potrebbe avere delle problematiche a latere rispetto a quelle di stabilità vera e propria inerenti l'impianto di scarica nel suo complesso.

Naturalmente il considerarlo come un primo strato sovrapposto ad un secondo più profondo e di caratteristiche più favorevoli, poteva essere un elemento di maggior dettaglio come da voi giustamente osservato.

Ad ogni modo il problema è stato di fatto superato dalle risultanze derivanti dai nuovi sondaggi effettuati dalla Geotecnica Veneta (Allegato 2 alla presente nota) che, fornendo valori alquanto discordanti e inferiori agli originali, viste anche le differenti modalità di campionamento, hanno suggerito di trattare l'intero complesso argilloso con caratteristiche simili a quelle del primo strato.

A tale riguardo si allega una nota inviata dagli scriventi alla Conferenza Provinciale dei Rifiuti (Allegato 3), nella quale erano state brevemente sintetizzati i risultati delle prove di laboratorio e le nuove verifiche di stabilità eseguite.

E' nostro parere che in terreni simili a quelli presenti in loco risulti perlomeno difficile riuscire a produrre campioni indisturbati a mezzo di campionamenti in foro, come anche testimoniato dalla particolareggiata descrizione dello stato dei campioni giunti in laboratorio, effettuata dallo SGI-LAB.

Si ritiene che in queste condizioni sia molto più rappresentativo prelevare campioni in "cubo" dai quali estrarre il materiale necessario alle prove geotecniche, sebbene questo tipo di procedura costringa a campionare il materiale nei primi metri di profondità, dove peraltro in genere si registrano le caratteristiche più sfavorevoli.

Relativamente alle prove condotte dai due laboratori incaricati si è ritenuto di utilizzare i parametri ricavati dal più referenziato SGI-LAB (Allegato 4), al quale si riconoscono la grande esperienza e capacità professionale, a nostro parere sicuramente più affidabili di quelli prodotti dalla Geotecnica Veneta (Allegato 5) le cui prove risultano talora incomprensibili nonché prive della descrizione relativa allo stato dei campioni analizzati, nonostante la dicitura "campione indisturbato".

Si presume che tale dicitura sia relativa alle modalità di campionamento, anche per confronto con quanto riportato da SGI-LAB il quale, nonostante la classificazione di "campione indisturbato" operata da Geotecnica Veneta in calce alle stratigrafie redatte, descrive i campioni come fortemente rimaneggiati.

Resta comunque la difficoltà di giustificare la disomogeneità e dispersione dei valori ottenuti dai 3 differenti laboratori geotecnici (Laboratorio Geotecnologico Emiliano, SGI-LAB e Geotecnica Veneta).

Alla luce dello scavo eseguito per la formazione dell'invaso, attualmente in fase di ultimazione, le evidenze sono di un materiale alquanto consistente e talora difficilmente scavabile.

Cionondimeno, sulla base dei nuovi dati si è provveduto a effettuare nuove verifiche di stabilità adottando i parametri identificati da SGI-LAB (contenute nell'Allegato 3 alla presente nota).

L'utilizzo di questi parametri ha confermato, per il progetto originario, valori del fattore di sicurezza analoghi a quelli ottenuti con le prime verifiche effettuate, in ragione del fatto che a fronte di angoli di attrito inferiori, si sono ricavate coesioni superiori.

Ciononostante si è deciso di utilizzare a scopo cautelativo e di tranquillità parametri estremamente ridotti quali un angolo di resistenza al taglio di 17° e coesione nulla.

L'adozione di questi ultimi parametri geotecnici ha determinato, contestualmente a problemi legati alle modalità di scavo in lotti, a una riduzione dei volumi asportati e a una maggiore elasticità nella gestione dell'impianto, la necessità di rivedere il progetto apportando varianti consistite sostanzialmente nella riduzione delle pendenze di scavo longitudinali, da 24° a 18°, di quelle

trasversali da 24° a 22° e nella costituzione di un argine di valle (su quest'ultimo elemento strutturale torneremo di seguito).

Le verifiche così condotte hanno fornito, risultati positivi sul pendio longitudinale a rifiuto conferito ipotizzando l'esistenza di un'interazione sulle superfici verticali.

Le verifiche a breve termine sono state condotte utilizzando la sola coesione non drenata sui profili di scavo appena realizzati.

Verifiche a lungo termine sullo scavo aperto, dati i parametri $\phi = 17^\circ$ e coesione nulla, non sono neppure state tentate, nella certezza che le stesse non avrebbero avuto nessuna possibilità di risultare positive soprattutto in ragione del fatto che già per il pendio naturale (che trasversalmente alla valle ha un'inclinazione media di 22° con punte di circa 27°) fornivano valori di F_s inferiori a 1. L'intervento di tali parametri produrrebbe allo stato di fatto, l'instabilità strutturale dei versanti dell'intera valle, non già nei confronti di colate superficiali, bensì di fenomeni ben più profondi e consistenti.

Stante la cronistoria delle procedure progettuali in questa sede sintetizzate, preme ribadire che, se si riterrà necessario si potranno, senza grosse difficoltà, ripetere le verifiche di stabilità considerando il doppio strato (ma a questo punto con quali parametri?), operazione quest'ultima che tuttavia sembra superata dai recenti aggiornamenti introdotti con la variante al progetto.

Riguardo al valore assunto per il peso specifico delle argille, nelle prime verifiche effettuate era stato utilizzato un valore medio di 1.8 t/m³, successivamente portato a 2 t/m³ nelle verifiche a supporto della variante di progetto.

Si precisa comunque che l'assunzione di un peso specifico di volume pari a 1.8 t/m³, rispetto a 2 t/m³, risulta maggiormente cautelativo nei confronti della stabilità dell'invaso sottoposto a carico dei rifiuti e viceversa, si verificano condizioni meno cautelative nel caso di invaso scarico.

Per quanto attiene la presenza dell'arginatura di contenimento a valle del corpo discarica, si precisa che se l'argine sarà costituito da terra rinforzata prelevata in loco, le verifiche sono già state effettuate e contenute nell'analisi complessiva del pendio longitudinale.

Nel caso si decidesse di realizzare tale opera con materiale diverso, tali verifiche dovranno necessariamente essere effettuate.

Resta inteso che in entrambi i casi l'arginatura è sempre stata pensata, dal punto di vista geotecnico, perfettamente ammorsata alla base di appoggio e fondazione.

Interferenza tra discarica e acque sotterranee

Che nei terreni presenti nell'area possa sussistere una seppur ridotta o ridottissima circolazione idrica, soprattutto di tipo corticale e a seguito di precipitazioni, la relazione geologica non lo esclude affatto anzi menziona una tale possibilità.

Nella relazione si ribadisce al contrario che nell'area non è stata rinvenuta alcuna falda degna di essere considerata quale potenziale bersaglio di eventuali perdite dalla discarica.

Per la definizione di falda si può fare riferimento alle recentissime Linee Guida CTD (1977) che a tale riguardo la individuano come"una massa idrica in movimento e con presenza continua e permanente che circola all'interno di un acquifero. Un acquifero viene definito come corpo permeabile in grado di immagazzinare e trasmettere un quantitativo idrico tale da rappresentare una risorsa di importanza socio-economica, cioè utilizzabile per fornire l'approvvigionamento idrico per i diversi usi legati all'attività umana. Ai fini della caratterizzazione del sito non costituiscono falda i livelli saturi discontinui e/o di modesta entità presenti all'interno e al letto di una litozona a bassa conducibilità idraulica"...

In quanto alla tipologia dei piezometri installati, essendo i medesimi stati approntati per l'effettuazione di indagini precedenti (1990), le informazioni che si possono fornire sono limitate a quanto riportato nei dati stratigrafici (Allegato 6) e a quanto da noi rilevato nel corso delle nostre indagini in sito, ovvero:

- le quote altimetriche dei piezometri non sono state rilevate e pertanto esse sono solo approssimativamente deducibili dalla cartografia;
- il tubo piezometrico è in ferro e fenestrato per uno spessore non definibile;
- nel corso delle indagini precedenti (1990) l'estensore ha rilevato totale mancanza di acqua all'interno del foro in tutti i piezometri;
- nel corso di nostri rilievi (luglio 95) gli unici 3 piezometri ritrovati (n. 1, 3 e 4) erano privi d'acqua all'interno;
- in un ulteriore controllo effettuato nell'ottobre 96 nel solo piezometro n.3, peraltro ubicato lungo la linea di impluvio, lo stesso era privo d'acqua;
- ci è sconosciuto allo stato attuale l'accessibilità a detti piezometri;
- i punti tipo 1a, 1b e 2a, 2b, non si riferiscono a differenti perforazioni ma a campioni prelevati a diverse profondità nello stesso foro.

Ulteriori evidenze comunicateci dalla D.L. e derivanti dalle fasi, ormai concluse, di approntamento dell'invaso, riguardano la mancanza di venute d'acqua lungo e alla base della scarpata dello scavo.

Cionondimeno, come da prescrizione della Conferenza dei Servizi, nell'area si dovranno realizzare 3 nuovi piezometri dai quali si potranno trarre nuove indicazioni.

Circa l'impermeabilità del fondo discarica la modifica delle condizioni di impermeabilizzazione di base è al momento una semplice richiesta progettuale non ancora approvata dalla Conferenza Provinciale dei Rifiuti e dalla Commissione Tecnica di Collaudo.

La permeabilità del fondo scavo infatti, come anche da voi osservato, dovrà essere avvalorata da prove infiltrometriche o con permeametro di Boutwell (a seconda del metodo che riterranno di scegliere le suddette Commissioni) da effettuare su maglia regolare alla base dello scavo.

A seconda dei risultati che deriveranno da tali prove in sito si propenderà per l'una o per l'altra ipotesi.

Si tiene a precisare che la modifica richiesta in variante, comunque subordinata ad evidenze sperimentali, scaturiva dal fatto che, a nostro parere, si potrebbe presentare anche il caso di un fondo basale ricomposto in argilla caratterizzato da una permeabilità superiore a quella del fondo naturale.

In ogni caso, come da voi giustamente osservato, le caratteristiche rigonfianti del materiale argillitico dovranno essere verificate.

Disomogeneità nei valori di permeabilità

Effettuare una media tra i valori ricavati dalle prove Lefranc e quelle condotte su edometro è sicuramente un'operazione ardua in quanto è noto che le incongruenze tra i valori sono strettamente connesse alle differenti metodologie di misura.

Purtroppo queste forti difformità, del resto ben conosciute nel nostro campo in quanto si presentano ogni qualvolta si cerchi di confrontare i valori ricavati dai differenti metodi, sono difficilmente interpretabili.

A nostro parere e per quella che è la nostra esperienza, i valori che si ottengono da prove di laboratorio, pur essendo valori rigorosi, risultano generalmente sottostimati in quanto tendono ad accentuare le caratteristiche di permeabilità a piccola scala, perdendo al contempo informazioni di più ampia scala.

Al contrario, i valori che si ottengono da prove Lefranc in terreni non saturi e per di più scarsamente permeabili sono "un numero" di dubbia interpretazione.

Questi test infatti, siano essi a carico costante o variabile, derivano e sono stati sperimentati per prove in falda.

Per prove nel non saturo (come nel caso in esame) i valori che si ricavano (a tale riguardo esistono e vengono utilizzate più formule che utilizzate per la stessa prova danno differenze anche di un ordine di grandezza), si possono utilizzare per effettuare confronti tra permeabilità

relative in diversi fori, fermo restando che la formulistica matematica ad interpretazione degli stessi è inadeguata e non ben sperimentata in quanto il fenomeno è caratterizzato da una quantità e complessità di parametri non facilmente ricavabili dalla semplice prova.

In definitiva, concordiamo con voi circa lo scarso significato di un valore medio per quanto quest'ultimo possa essere comunque ricondotto a un ordine di grandezza ragionevole per il tipo di materiale in posto.

Ulteriori informazioni al riguardo saranno acquisite in fase di predisposizione del fondo della discarica a mezzo di prove infiltrometriche o quant'altro necessario a stabilire con una certa sicurezza il grado di permeabilità dei terreni.

Influenza della struttura della roccia sulla permeabilità

Circa l'influenza della struttura della roccia sulla permeabilità dell'ammasso e la presunta maggiore penetrabilità in direzione orizzontale, preme fare alcune precisazioni.

La permeabilità a grande scala della formazione argillosa in oggetto non è, a nostro avviso, regolata dalla fogliettatura.

Questo tipo di struttura, come da Voi giustamente osservato presenta generalmente una certa isorientazione, è rinvenibile unicamente in inclusi argillitici litoidi inglobati nell'ammasso argilloso come lo sono gli inclusi calcarei.

L'ammasso argilloso presenta invece una fratturazione di tipo concoide, bene evidente quando si rompe il campione anche se talora non visibile ad occhio nudo, priva di alcuna orientazione preferenziale.

E' questo il tipo di struttura che regola la permeabilità alla macroscale dell'ammasso e che impedisce, se non per imbibizione superficiale o al più corticalmente in settori localizzati (es. in prossimità di depositi di colata), una significativa veicolazione di acqua all'interno dell'ammasso.

Un ulteriore conferma di quanto sopra esposto la si può ottenere osservando le pareti e il fondo dello scavo sinora realizzato.

Sigillatura dell'ammasso

Circa questo aspetto si ritiene che l'operazione proposta sia fattibile unicamente per quelle zone alterate o caratterizzate da disomogeneità litologiche eventualmente affioranti alla quota di imposta alla base della discarica, dove si potrà intervenire con la parziale rimozione e sostituzione impiegando materiale di idonea permeabilità.

La stessa operazione risulta inattuabile nel caso di livelli (ad esempio sabbiosi) disposti in profondità in posizione non nota, in ragione della loro estrema variabilità areale e spaziale.

Allo stesso modo è tecnicamente difficoltoso eseguire un'operazione di sigillatura lungo le pareti inclinate.

Comunque a presidio di queste possibili eterogeneità o disomogeneità litologiche si è proposta la posa del telo plastico.

Presenza di metano nel substrato

Circa la presenza di substrato metanogenico non esistono al momento ulteriori informazioni se non quelle riportate sulla relazione e/o comunicate in sede di Conferenza Provinciale dei Rifiuti.

Stante questa situazione non è possibile al momento escludere alcuna ipotesi ed è per tale motivo che sono stati proposti campionamenti in sito su maglia regolare (indagine in fase di effettuazione) in collaborazione con L'ARPA provinciale.

Per tutto quanto non evidenziato nella presente e oggetto di eventuale ulteriore chiarimento si resta a Vostra completa disposizione.

distinti saluti

dott. M. Nespoli

ing. A. Pagotto

Milano 10 maggio 1997

A cura dei consulenti alla progettazione

dott. Maurizio Nespoli
ing. Adelio Pagotto
Via Carpaccio 2 - Milano
tel. 02/70602427

**OSSERVAZIONI E NOTE DI CHIARIMENTO AI QUESITI FORMULATI DAI CONSULENTI
TECNICI DELLA PROCURA DELLA REPUBBLICA IN PARMA (PROC. N. 857/96 M. 21) IN
MERITO ALLA DISCARICA R.S.U. DI MONTE ARDONE**

Esaminate i quesiti dei periti, anticipate via fax in data 3 marzo 1997 al Consorzio G.M.A. e pervenuteci in data 10 marzo 1997, con la presente si è a chiarire i quesiti posti relativamente agli aspetti di nostra competenza, ovvero:

- stabilità della discarica;
- interferenza discarica-acque sotterranee.

Problemi connessi alla stabilità dei versanti

Nelle verifiche di stabilità relative al progetto originale si è ritenuto di dover dare maggiore importanza alle verifiche sia a scavo aperto che a discarica completata con la posa del rifiuto, in ragione del fatto che è in queste condizioni che si verifica l'assetto più gravoso e pericoloso per quanto concerne la stabilità.

Tutte le verifiche effettuate prevedevano la presenza di un solo strato ($\phi=26^\circ$ $C=1.2$ t/m²) in quanto progettualmente si intende procedere con l'asportazione del materiale di alterazione più superficiale presente sia lungo i versanti che in corrispondenza della colata di fondovalle.

Per brevità e maggior chiarezza il progetto originario riportava solo le verifiche di stabilità definitive; in realtà in fase di elaborazione progettuale erano state condotte svariate simulazioni, alcune delle quali prendevano in considerazione anche parametri geotecnici inferiori (fino a 18° di angolo di resistenza al taglio) a quelli impiegati, scaturenti dalle prime prove geotecniche di laboratorio (Laboratorio Geotecnologico Emiliano).

Dette verifiche avevano sostanzialmente fornito valori del fattore di sicurezza sempre positivi.

Erano anche state condotte ulteriori verifiche (presentate solo verbalmente in Conferenza Provinciale dei Rifiuti) del tipo Back analysis su un dissesto presente poco a valle della zona di discarica che avevano fornito valori di angolo di resistenza residua pari a 21-22° avendo posto la coesione ovviamente uguale a zero.

Circa l'opportunità di considerare un doppio strato per le verifiche relative al pendio naturale, si è ritenuta poco significativa la presenza dell'eluvium superficiale che per caratteristiche geotecniche potrebbe avere delle problematiche a latere rispetto a quelle di stabilità vera e propria inerenti l'impianto di discarica nel suo complesso. Tenuto conto che durante i lavori tale eluvium sarebbe stato completamente asportato non lo si è considerato nei calcoli.

Naturalmente il considerarlo come un primo strato sovrapposto ad un secondo più profondo e di caratteristiche più favorevoli, poteva essere, nelle condizioni di verifica del pendio naturale, un elemento di maggior dettaglio.

Ad ogni modo il problema è stato di fatto superato dalle risultanze derivanti dai nuovi sondaggi effettuati dalla Geotecnica Veneta che, fornendo valori alquanto discordanti e inferiori agli originali, viste anche le differenti modalità di campionamento, hanno suggerito di trattare l'intero complesso argilloso con caratteristiche alquanto più scadenti.

E' nostro parere che in terreni simili a quelli presenti in loco risulti perlomeno difficile riuscire a produrre campioni indisturbati a mezzo di campionamenti in foro, come anche testimoniato dalla particolareggiata descrizione dello stato dei campioni giunti in laboratorio, effettuata dallo SGI-LAB.

Si ritiene che in queste condizioni sia molto più rappresentativo prelevare campioni in "cubo" dai quali estrarre il materiale necessario alle prove geotecniche, sebbene questo tipo di procedura costringa a campionare il materiale nei primi metri di profondità, dove peraltro in genere si registrano le caratteristiche più sfavorevoli. Tale condizione sarà superata nel corso dei lavori quando, una volta asportato lo strato superficiale alterato, sarà possibile ricavare campioni in cubo più rappresentativi dei carotaggi.

Relativamente alle prove condotte dai due laboratori incaricati si è ritenuto di utilizzare i parametri ricavati dal più referenziato SGI-LAB, a nostro parere sicuramente più affidabili di quelli prodotti dalla Geotecnica Veneta le cui prove risultano talora incomprensibili nonché prive della descrizione relativa allo stato dei campioni analizzati, nonostante la dicitura "campione indisturbato".

Si presume che tale dicitura sia relativa alle modalità di campionamento, anche per confronto con quanto riportato da SGI-LAB il quale, nonostante la classificazione di "campione indisturbato" operata da Geotecnica Veneta in calce alle stigrafie redatte, descrive i campioni come fortemente rimaneggiati.

Resta comunque la difficoltà di giustificare la disomogeneità e dispersione dei valori ottenuti dai 3 differenti laboratori geotecnici (Laboratorio Geotecnologico Emiliano, SGI-LAB e Geotecnica Veneta). Sicuramente molto dipende dalla disomogeneità del materiale che, come detto, sarà risolta a posteriori con ulteriori prove di controllo da condursi sui cubi prelevati dopo completati gli scavi.

Alla luce dello scavo eseguito per la formazione dell'invaso, attualmente in fase di ultimazione, le evidenze sono quelle di versanti formati da materiale consistente e talora difficilmente scavabile.

Cionondimeno, sulla base dei nuovi dati si è provveduto a effettuare nuove verifiche di stabilità adottando i parametri identificati da SGI-LAB.

L'utilizzo di questi parametri ha confermato, per il progetto originario, valori del fattore di sicurezza analoghi a quelli ottenuti con le prime verifiche effettuate, in ragione del fatto che a fronte di angoli di attrito inferiori, si sono ricavate coesioni superiori. In ragione della dispersione dei valori si è deciso di utilizzare a scopo cautelativo e di tranquillità parametri ridotti quali un angolo di resistenza al taglio di 17° e coesione nulla.

L'uso di questi parametri ha portato alla ricerca di ottimizzazione della soluzione progettuale, anche per esigenze di coltivazione per lotti. Si è così mantenuta la stessa volumetria riducendo le pendenze di scavo longitudinali, da 24° a 18° , di quelle trasversali da 24° a 22° e nella costituzione di un argine di valle (su quest'ultimo elemento strutturale torneremo di seguito).

Le verifiche così condotte hanno fornito, risultati positivi sul pendio longitudinale a rifiuto conferito ipotizzando l'esistenza di un'interazione sulle superfici verticali.

Le verifiche a breve termine sono state condotte utilizzando la sola coesione non drenata sui profili di scavo appena realizzati.

Verifiche a lungo termine sullo scavo aperto, dati i parametri $\phi = 17^\circ$ e coesione nulla, non sono risultate positive, come era prevedibile. L'uso di tali parametri non consentirebbe peraltro nemmeno di verificare positivamente l'attuale assetto dei versanti.

Per tutto quanto sin qui detto si ritiene superata la necessità di simulazione multistrato, mentre risolutivi saranno i risultati ottenuti sui cubi prelevati a scavo ultimato. I dati saranno confrontati con quelli assunti nei calcoli tecnicamente ragionevoli.

Riguardo al valore assunto per il peso specifico delle argille, nelle prime verifiche effettuate era stato utilizzato un valore medio di 1.8 t/m^3 , successivamente portato a 2 t/m^3 nelle verifiche a supporto della variante di progetto.

Si precisa comunque che l'assunzione di un peso specifico di volume pari a 1.8 t/m^3 , rispetto a 2 t/m^3 , risulta maggiormente cautelativa nei confronti della stabilità dell'invaso sottoposto a carico dei rifiuti e viceversa, si verificano condizioni meno cautelative nel caso di invaso scarico.

Per quanto attiene la presenza dell'arginatura di contenimento a valle del corpo discarica, si precisa che nelle verifiche effettuate si è assunto che l'argine fosse costituito dal materiale in posto e perciò la verifica è contenuta nell'analisi complessiva del pendio longitudinale. Utilizzando altri tipi di materiali di maggior qualità si andrà a favore di sicurezza. In sede costruttiva si eseguirà un'ulteriore verifica in quanto si dovrà verificare che il maggior peso dell'arginatura non provochi fenomeni di instabilità del pendio a valle. Per tale ragione si sta procedendo con il rilievo del pendio a valle per effettuare tale verifica sulla base di un rilievo accurato dell'area.

Considerata la delicatezza dell'elemento strutturale, preventivamente alla realizzazione dell'argine era già stata prevista la realizzazione di nuovi prelievi di campioni.

Resta inteso che in entrambi i casi l'arginatura è sempre stata pensata, dal punto di vista geotecnico, perfettamente ammorsata alla base di appoggio e fondazione corrispondendo cioè, più che a una esigenza di simulazione, alle migliori regole dell'arte costruttiva.

Interferenza tra discarica e acque sotterranee

Che nei terreni presenti nell'area possa sussistere una ridotta o ridottissima circolazione idrica, soprattutto di tipo corticale e a seguito di precipitazioni, la relazione geologica non lo esclude affatto anzi menziona una tale possibilità.

Nella relazione si ribadisce al contrario che nell'area non è stata rinvenuta alcuna falda degna di essere considerata quale potenziale bersaglio di eventuali perdite dalla discarica.

Per la definizione di falda si può fare riferimento alle recentissime Linee Guida CTD (1977) che a tale riguardo la individuano come"una massa idrica in movimento e con presenza continua e permanente che circola all'interno di un acquifero. Un acquifero viene definito come corpo permeabile in grado di immagazzinare e trasmettere un quantitativo idrico tale da rappresentare una risorsa di importanza socio-economica, cioè utilizzabile per fornire l'approvvigionamento idrico per i diversi usi legati all'attività umana. Ai fini della caratterizzazione del sito non costituiscono falda i livelli saturi discontinui e/o di modesta entità presenti all'interno e al letto di una litozona a bassa conducibilità idraulica"...

In quanto alla tipologia dei piezometri installati, essendo i medesimi stati approntati per l'effettuazione di indagini precedenti (1990), le informazioni che si possono fornire sono limitate a quanto riportato nei dati stratigrafici e a quanto da noi rilevato nel corso delle nostre indagini in sito, ovvero:

- le quote altimetriche dei piezometri non sono state rilevate e pertanto esse sono solo approssimativamente deducibili dalla cartografia;
- i piezometri sono del tipo a tubo aperto e fenestrati per uno spessore non noto;
- nel corso delle indagini precedenti (1990) l'estensore non ha rilevato presenza di acqua all'interno dei piezometri;
- nel corso di nostri rilievi (luglio 95) gli unici 3 piezometri ritrovati (n. 1, 3 e 4) erano privi d'acqua all'interno;
- in un ulteriore controllo effettuato nell'ottobre 96 nel solo piezometro n.3, lo stesso era privo d'acqua;
- i punti tipo 1a, 1b e 2a, 2b, non si riferiscono a differenti perforazioni ma a campioni prelevati a diverse profondità nello stesso foro.

Ulteriori evidenze comunicateci dalla D.L. e derivanti dalle fasi, di approntamento dell'invaso, riguardano la mancanza di venute d'acqua lungo e alla base della scarpata dello scavo.

Cionondimeno, come da prescrizione della Conferenza dei Servizi, nell'area si dovranno realizzare 3 nuovi piezometri dai quali si potranno trarre nuove indicazioni.

Circa l'impermeabilità del fondo discarica si ricorda che:

- sotto all'impermeabilizzazione principale (HDPE) ne è già prevista una secondaria che sostituisce l'argilla prevista dalla norma;
- il tutto poggia su argille nelle quali non si può ritenere agevole la migrazione di percolato.

La permeabilità del fondo scavo dovrà comunque essere avvalorata da prove infiltrometriche o con permeametro di Boutwell da effettuare su maglia regolare.

Si tiene a precisare che la modifica richiesta in variante, comunque subordinata ad evidenze sperimentali, scaturiva dal fatto che, a nostro parere, si potrebbe presentare anche il caso di un

fondo basale ricomposto in argilla caratterizzato da una permeabilità superiore a quella del fondo naturale.

In ogni caso le caratteristiche rigonfianti del materiale argillitico non dovrebbero influenzare la permeabilità una volta che il materiale stesso fosse confinato sotto l'impermeabilizzazione e gravato del carico dei rifiuti.

Disomogeneità nei valori di permeabilità

Effettuare una media tra i valori ricavati dalle prove Lefranc e quelle condotte su edometro è sicuramente un'operazione ardua in quanto è noto che le incongruenze tra i valori sono strettamente connesse alle differenti metodologie di misura.

Purtroppo queste forti difformità, del resto ben conosciute nel nostro campo in quanto si presentano ogni qualvolta si cerchi di confrontare i valori ricavati dai differenti metodi, sono difficilmente interpretabili.

A nostro parere e per quella che è la nostra esperienza, i valori che si ottengono da prove di laboratorio, pur essendo valori rigorosi, risultano generalmente sottostimati in quanto tendono ad accentuare le caratteristiche di permeabilità a piccola scala, perdendo al contempo informazioni di più ampia scala.

Al contrario, i valori che si ottengono da prove Lefranc in terreni non saturi e per di più scarsamente permeabili sono "un numero" di dubbia interpretazione.

Questi test infatti, siano essi a carico costante o variabile, derivano e sono stati sperimentati per prove in falda.

Per prove nel non saturo (come nel caso in esame) i valori che si ricavano (a tale riguardo esistono e vengono utilizzate più formule che utilizzate per la stessa prova danno differenze anche di un ordine di grandezza), si possono utilizzare per effettuare confronti tra permeabilità relative in diversi fori, fermo restando che la formulistica matematica ad interpretazione degli stessi è inadeguata e non ben sperimentata in quanto il fenomeno è caratterizzato da una quantità e complessità di parametri non facilmente ricavabili dalla semplice prova.

In definitiva, concordiamo con voi circa lo scarso significato di un valore medio, per quanto quest'ultimo possa comunque rappresentare un ordine di grandezza ragionevole per il tipo di materiale in posto.

Ulteriori informazioni al riguardo saranno acquisite in fase di predisposizione del fondo della discarica a mezzo di prove infiltrometriche o quant'altro necessario a stabilire con una certa sicurezza il grado di permeabilità dei terreni.

Tutti questi ragionamenti devono tuttavia essere confrontati con la richiesta delle normative che, per discariche di prima categoria senza alcuna impermeabilizzazione, richiedono di verificare che "lo spessore, la permeabilità e la capacità di ritenzione e adsorbimento degli strati del suolo interposti siano tali da preservare le acque dall'inquinamento".

Influenza della struttura della roccia sulla permeabilità

Circa l'influenza della struttura della roccia sulla permeabilità dell'ammasso e la presunta maggiore penetrabilità in direzione orizzontale, preme fare alcune precisazioni.

La permeabilità a grande scala delle formazioni argillose presenti è, a nostro avviso, solo in parte regolata dalla fogliettatura.

Questo tipo di struttura è rinvenibile nella formazione argillosa affiorante sul versante in destra idrografica, mentre la formazione affiorante in sinistra presenta una fratturazione di tipo concoide, bene evidente quando si rompe il campione, priva di alcuna orientazione preferenziale.

Le caratteristiche di permeabilità alla macroscale possono pertanto variare localmente anche se nel complesso dovrebbero impedire una significativa veicolazione di acqua all'interno dell'ammasso se non per imbibizione superficiale o al più corticalmente in settori localizzati (es. in prossimità del deposito di colata).

Sigillatura dell'ammasso

Circa questo aspetto si ritiene che l'operazione proposta sia fattibile unicamente per quelle zone alterate o caratterizzate da disomogeneità litologiche eventualmente affioranti alla quota di imposta alla base della discarica, dove si potrà intervenire con la parziale rimozione e sostituzione impiegando materiale di idonea permeabilità.

La stessa operazione risulta inattuabile nel caso di livelli (ad esempio sabbiosi) disposti in profondità in posizione difficilmente raggiungibile, in ragione della loro estrema variabilità areale e spaziale. Allo stesso modo è tecnicamente difficoltoso eseguire un'operazione di sigillatura lungo le pareti inclinate.

Comunque a presidio di queste possibili eterogeneità o disomogeneità litologiche si è proposta la posa del telo plastico.

Presenza di metano nel substrato

Circa la presenza di substrato metanogenico non esistono al momento ulteriori informazioni se non quelle riportate sulla relazione e/o comunicate in sede di Conferenza Provinciale dei Rifiuti. Stante questa situazione non è possibile al momento escludere alcuna ipotesi ed è per tale motivo che sono stati proposti campionamenti in sito su maglia regolare.

Per tutto quanto non evidenziato nella presente e oggetto di eventuale ulteriore chiarimento si resta a Vostra completa disposizione.

Ing. A. Pagotto
Dott. M. Nespoli

NOTA A MARGINE CIRCA LO SMOTTAMENTO DEL CUMULO DI RIPORTO

In relazione allo smottamento del materiale di scavo accatastato sul lato Ovest del Monte Ardone si rileva quanto è stato possibile osservare dopo le prime movimentazioni eseguite successivamente all'evento:

La zona di coronamento e la nicchia di distacco sono palesemente interne al cumulo di terreno; non è visibile il versante in posto considerata anche la notevole altezza del riporto di terreno. Nel corso della movimentazione del materiale scosceso, necessaria al ripristino dei luoghi, è stata messa a nudo, localmente, la superficie di scivolamento caratterizzata da uno strato di qualche decina di centimetri altamente plasticizzato al di sotto del quale è visibile il cotico erboso del versante.

La causa principale dello smottamento con dinamica roto-traslazionale è da imputarsi alla presenza di materiale superficiale proveniente dallo scavo, dotato di scarse caratteristiche geotecniche, disposto nella zona basale del cumulo di terra.

Viste le modalità di scivolamento del cumulo di terra riportata, è presumibile che la superficie di distacco non sia penetrata nel versante basale in posto, incontrando nel suo esplicitarsi il piano di appoggio (cumulo-versante) che fisicamente ha rappresentato un piano di debolezza e di scivolamento preferenziale.

Il versante naturale che ha ospitato il cumulo di terra (circa 65.000 mc al momento dello smottamento) non presenta infatti evidenze particolari di coinvolgimento in quanto non si rilevano i segni tipici di rigonfiamento del terreno in posto al piede, che in casi analoghi dovrebbero registrarsi nell'ordine di 2 - 3 metri sopra il piano campagna.

Sul luogo si nota invece un accumulo di materiale superficiale scarificato nel corso dell'avanzamento traslazionale del fronte di terra in senso traslazionale nella parte di valle presumibilmente connesso ad un fenomeno di "scarifica" del cotico superficiale causato dal movimento dell'ingente massa.

Le essenze presenti sul versante non presentano segni di inclinazione dovuti a movimenti del versante.

La dinamica dell'evento franoso che ha interessato il cumulo di riporto, dopo un innesco tipicamente rotazionale nella parte sommitale, ha subito un'evoluzione traslazionale con propagazione agevolata e difficilmente governabile considerando la pendenza del versante naturale sottostante.

Il fenomeno si è diffuso a valle anche per effetto del rotolamento del materiale smosso e quasi sciolto che si è staccato dall'ammasso.

Attualmente il materiale scosceso è stato in buona parte rimosso e allontanato; la parte rimasta in loco è stata movimentata per garantirne un assetto più sicuro dal punto di vista della stabilità in sito e del drenaggio delle acque.

distinti saluti

dott. M. Nespoli

ing. A. Pagotto

INDICE

1. PREMESSA	3
2. VERIFICHE GEOTECNICHE: SCELTA DEI PARAMETRI E METODOLOGIA DI CALCOLO	4
3. CONCLUSIONI.....	6
4. ELENCO ALLEGATI.....	7

1. PREMESSA

In riferimento alla richiesta pervenuta al Consorzio G.M.A. da parte del Collegio Peritale, in merito alla redazione di *“verifiche di stabilità lungo profili che comprendano i metanodotti prossimi al sito”*, ad integrazione delle verifiche precedentemente eseguite contenute nel documento *“Indagini e verifiche integrative sull’area interessata dalla costruenda discarica RSU di Monte Ardone in Comune di Fornovo di Taro (Provincia di Parma), redatto dallo scrivente Ing. Pagotto e dal Dott. Nespoli (trasmesso al Collegio Peritale nel luglio '97), sono stati realizzati altri tre profili ubicati lungo il versante in oggetto al fine di verificare ulteriormente le condizioni di stabilità del versante e quindi del metanodotto.*

Fanno parte del presente rapporto, oltre alla seguente relazione, gli elaborati A10 (Planimetria e traccia delle sezioni), i profili di verifica e le nuove verifiche di stabilità effettuate.

2. VERIFICHE GEOTECNICHE: SCELTA DEI PARAMETRI E METODOLOGIA DI CALCOLO

Al fine di poter confrontare i risultati delle verifiche integrative con quelle precedentemente realizzate, sono stati utilizzati sia gli stessi parametri geotecnici contenuti nella relazione già prodotta sia lo stesso programma di calcolo. Quest'ultimo denominato STABGM è un programma per l'analisi di stabilità di pendii e di rilevati rinforzati che utilizza il metodo di Bishop modificato per calcolare il fattore di sicurezza lungo superfici di scorrimento circolari. In particolare è stata utilizzata la versione 9.85 (MS-DOS).

Per quanto concerne le verifiche di stabilità integrative sul versante destro della discarica si evidenzia quanto segue:

- i parametri utilizzati sono gli stessi della prima verifica sia per gli angoli di attrito interno che per le coesioni drenate (ovvero:
 - Argille a palombini : $\phi = 18^\circ$ $c = 0.35 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,9 \text{ g/cm}^3$
 - Strato eluvio-colluviale : $\phi = 18^\circ$ $c = 0.1 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma = 1,8 \text{ g/cm}^3$
 - Muri di sostegno : $\phi = 100$ $c = 0$);
- il rapporto "Ru" (pressione interstiziale) è stato assunto pari a 0,07 concordemente a quanto registrato nel corso delle ultime misure nelle celle di Casagrande.

Infatti dopo l'effettuazione dello spurgo (luglio '97) si sta assistendo ad un costante e progressivo abbassamento dei battenti d'acqua all'interno dei piezometri.

Prendendo come riferimento il piezometro PZ4 (tra l'altro prossimo al versante di verifica) si osserva che la cella più affidabile, quella posta a -40 m, vede annullarsi la pressione interstiziale tra ottobre e novembre, così come la cella a -27 m decrementa, nello stesso periodo, il battente di circa 3,5 m.

In questa situazione, avendo peraltro incertezza sull'affidabilità della cella "2^a" (-27 m sempre del piezometro PZ4), si è ritenuto di assumere un valore di Ru intermedio tra le due quote, in considerazione anche del fatto che i cerchi critici si dislocano tra i -30 ed i -40 m dal profilo della scarpata.

Il rapporto R_u calcolato sulla cella "1^a" (-40 m) dà un valore (in base alle ultime misure) di 0.025, mentre per la cella "2^a" il valore di R_u risulta di 0.107.

Facendo la media tra i due valori ricavati si determina un rapporto di pressione interstiziale da utilizzare nelle verifiche di 0.07.

Il motivo che spiega il calo dei battenti nelle celle di Casagrande è dovuto al progressivo svuotamento per evaporazione ed alla mancata ricarica del terreno, a testimonianza che le pressioni interstiziali in quel tipo di materiale, se esistono, sono trascurabili (vedi cella "1^a" a 40 m).

Come anticipato in premessa sono stati verificati altri tre profili. L'ubicazione degli stessi è riportata sulla tavola A10 in cui è evidenziato anche il tracciato del metanodotto. Tutti e tre i profili interessano il tracciato dello stesso.

3. CONCLUSIONI

Una verifica realistica sui pendii non può prescindere dalle considerazioni sopra esposte.

L'applicazione dei parametri geotecnici così determinati nelle verifiche integrative sul versante destro della discarica fornisce valori del FATTORE di SICUREZZA $F_s \geq 1.3$ in condizioni di profilo scarico e di assenza di interazione laterale del versante contiguo, che pur esiste.

Se si considera poi la presenza del rifiuto disposto nel catino della discarica si raggiungono fattori di sicurezza ben più elevati.

Milano, 22 dicembre 1997

ing. A. Pagotto

dott. M. Nespoli

4. ELENCO ALLEGATI

1. Verifiche di stabilità
2. A10 – Planimetria e traccia delle sezioni
3. Profili

ALLEGATO 1
Verifiche di stabilità

```

*****
*
*           STABGM   Version  9.85 (MS-DOS)
*
*   Slope Stability Analysis of Reinforced Slopes
*
*           Bishop's Modified Method
*   and/or Ordinary Method of Slices
*
*****
    
```

ODISCARICA M.ARDONE - SEZIONE - MD1

0 C O N T R O L D A T A

```

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS . . . . . 0
NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS . . . . . 8
NUMBER OF VERTICAL SECTIONS . . . . . 12
NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES . . . . . 4
NUMBER OF PORE PRESSURE LINES . . . . . -1
NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE . . . . . 0
NUMBER OF REINFORCING LAYERS . . . . . 0
SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S2 . . . . . .00 .00
UNIT WEIGHT OF WATER . . . . . 1.00
    
```

0SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (95.0, -80.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 0ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 34.0, 36.0, 40.0, 42.0, 44.0, 46.0, 47.0, 48.0

0GEOMETRY

```

0 SECTIONS -56.8 -6.7 .0 2.6 10.0 14.0 72.0 73.0 74.0 80.6
131.8 139.0

T. CRACKS 6.2 .2 .0 .2 1.2 3.8 24.6 25.0 26.0 26.3
44.0 44.2
W IN CRACK 6.2 .2 .0 .2 1.2 3.8 24.6 25.0 26.0 26.3
44.0 44.2
BOUNDARY 1 6.2 .2 .0 .2 1.2 3.8 24.6 25.0 26.0 26.3
44.0 44.2
BOUNDARY 2 8.2 2.2 2.0 2.2 3.2 3.8 24.6 25.0 26.0 26.3
44.0 44.2
BOUNDARY 3 8.2 2.2 2.0 2.2 3.2 3.8 24.6 26.0 26.0 26.3
44.0 44.2
BOUNDARY 4 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0
300.0 300.0
    
```

0SOIL PROPERTIES

```

0 LAYER COHESION FRICTION ANGLE DENSITY
1 1.0 18.0 1.8
2 .0 100.0 2.2
3 3.5 18.0 1.9
    
```

0PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR

0 RU = .070

SUMMARY OF THIS STABGM RUN

ODISCARICA M.ARDONE - SEZIONE - MD1

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN (BMM)
34.00	70.00	-70.00	1.629
36.00	75.00	-75.00	1.603
40.00	85.00	-90.00	1.553
42.00	90.00	-95.00	1.530
44.00	95.00	-100.00	1.509
46.00	100.00	-105.00	1.488
47.00	100.00	-105.00	1.479
48.00	100.00	-100.00	1.476

OVERALL MINIMUM FS = 1.476
(HORIZONTAL ORIENTATION)

0

```

*****
*
*           STABGM   Version  9.85 (MS-DOS)           *
*
*   Slope Stability Analysis of Reinforced Slopes     *
*
*           Bishop's Modified Method                 *
*           and/or Ordinary Method of Slices         *
*
*****
    
```

ODISCARICA M.ARDONE - SEZIONE - MD2

0 C O N T R O L D A T A

```

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS . . . . . 0
NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS . . . . . 9
NUMBER OF VERTICAL SECTIONS . . . . . 13
NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES . . . . . 4
NUMBER OF PORE PRESSURE LINES . . . . . -1
NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE . . . . . 0
NUMBER OF REINFORCING LAYERS . . . . . 0
SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S2 . . . . . .00 .00
UNIT WEIGHT OF WATER . . . . . 1.00
    
```

0SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (95.0, -80.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 OALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 34.0, 38.0, 40.0, 42.0, 44.0, 46.0, 48.0,
 50.0,
 , 52.0,

0GEOMETRY

0 SECTIONS -43.9 -4.6 .0 3.0 10.5 14.5 65.6 66.6 67.6 73.6
 128.6 162.3 196.4

T. CRACKS	6.2	.2	.0	.2	1.2	3.8	22.1	22.5	23.5	23.5
45.5 46.8 45.4										
W IN CRACK	6.2	.2	.0	.2	1.2	3.8	22.1	22.5	23.5	23.5
45.5 46.8 45.4										
BOUNDARY 1	6.2	.2	.0	.2	1.2	3.8	22.1	22.5	23.5	23.5
45.5 46.8 45.4										
BOUNDARY 2	8.2	2.2	2.0	2.2	3.2	3.8	22.1	22.5	23.5	23.5
45.5 46.8 45.4										
BOUNDARY 3	8.2	2.2	.0	2.2	3.2	3.8	22.1	23.5	23.5	23.5
45.5 46.8 45.4										
BOUNDARY 4	300.0	300.0	2.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
300.0 300.0 300.0										

0SOIL PROPERTIES

0 LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	1.0	18.0	1.8
2	.0	100.0	2.2
3	3.5	18.0	1.9

0PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR

0 RU = .070

SUMMARY OF THIS STABGM RUN

ODISCARICA M.ARDONE - SEZIONE - MD2

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN (BMM)
34.00	80.00	-80.00	1.509
38.00	85.00	-80.00	1.385
40.00	90.00	-85.00	1.364
42.00	95.00	-90.00	1.343
44.00	100.00	-95.00	1.324
46.00	105.00	-100.00	1.305
48.00	100.00	-95.00	1.401
50.00	100.00	-80.00	1.400
52.00	95.00	-75.00	1.406

OVERALL MINIMUM FS = 1.305
(HORIZONTAL ORIENTATION)

0

```

*****
*
*           STABGM   Version  9.85 (MS-DOS)           *
*
*   Slope Stability Analysis of Reinforced Slopes   *
*
*           Bishop's Modified Method                 *
*           and/or Ordinary Method of Slices         *
*
*****
    
```

ODISCARICA M.ARDONE - SEZIONE - MD3

0 CONTROL DATA

```

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS . . . . . 0
NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS . . . . . 13
NUMBER OF VERTICAL SECTIONS . . . . . 13
NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES . . . . . 4
NUMBER OF PORE PRESSURE LINES . . . . . -1
NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE . . . . . 0
NUMBER OF REINFORCING LAYERS . . . . . 0
SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S2 . . . . . .00 .00
UNIT WEIGHT OF WATER . . . . . 1.00
    
```

0SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (140.0, -75.0) WITH FINAL GRID OF 5.0
 OALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 30.0, 35.0, 40.0, 45.0, 50.0, 55.0, 60.0,
 64.0,
 , 66.0, 68.0, 70.0, 72.0, 76.0,
 OGEOMETRY

```

0 SECTIONS -56.8 -5.9 .0 5.0 87.9 94.5 123.6 125.6 127.6 129.6
135.6 198.6 211.8

T. CRACKS 6.6 .6 .0 .6 22.6 22.6 34.6 35.4 36.2 39.7
39.8 65.1 65.2
W IN CRACK 6.6 .6 .0 .6 22.6 22.6 34.6 35.4 36.2 39.7
39.8 65.1 65.2
BOUNDARY 1 6.6 .6 .0 .6 22.6 22.6 34.6 35.4 36.2 39.7
39.8 65.1 65.2
BOUNDARY 2 8.6 2.6 2.0 2.6 22.6 22.6 34.6 35.4 36.2 39.7
39.8 65.1 65.2
BOUNDARY 3 8.6 2.6 2.0 2.6 22.6 22.6 34.6 39.7 39.7 39.7
39.8 65.1 65.2
BOUNDARY 4 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0
300.0 300.0 300.0
    
```

0SOIL PROPERTIES

```

0 LAYER COHESION FRICTION ANGLE DENSITY
1 1.0 18.0 1.8
2 .0 100.0 2.2
3 3.5 18.0 1.9
    
```

0PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR

0 RU = .070

SUMMARY OF THIS STABGM RUN

ODISCARICA M.ARDONE - SEZIONE - MD3

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FSMIN(BMM)
30.00	75.00	-95.00	2.140
35.00	90.00	-115.00	1.953
40.00	115.00	-155.00	1.735
45.00	120.00	-150.00	1.647
50.00	135.00	-165.00	1.546
55.00	145.00	-165.00	1.466
60.00	160.00	-65.00	1.387
64.00	170.00	-75.00	1.339
66.00	175.00	-80.00	1.319
68.00	170.00	-70.00	1.308
70.00	170.00	-60.00	1.314
72.00	165.00	-65.00	1.324
76.00	185.00	-160.00	1.318

OVERALL MINIMUM FS = 1.308
 (HORIZONTAL ORIENTATION)

0

ALLEGATO 2

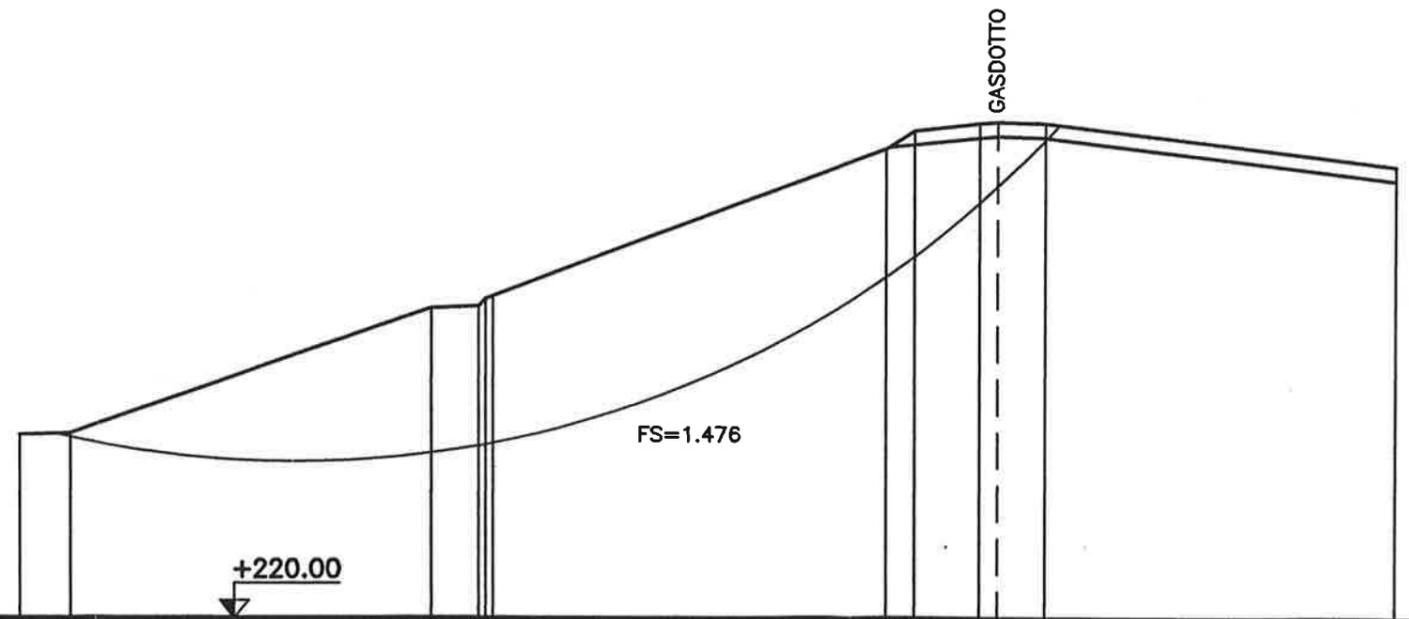
Elaborato A10 – Planimetria e traccia delle sezioni

ALLEGATO 3

Profili

SEZ - MD1

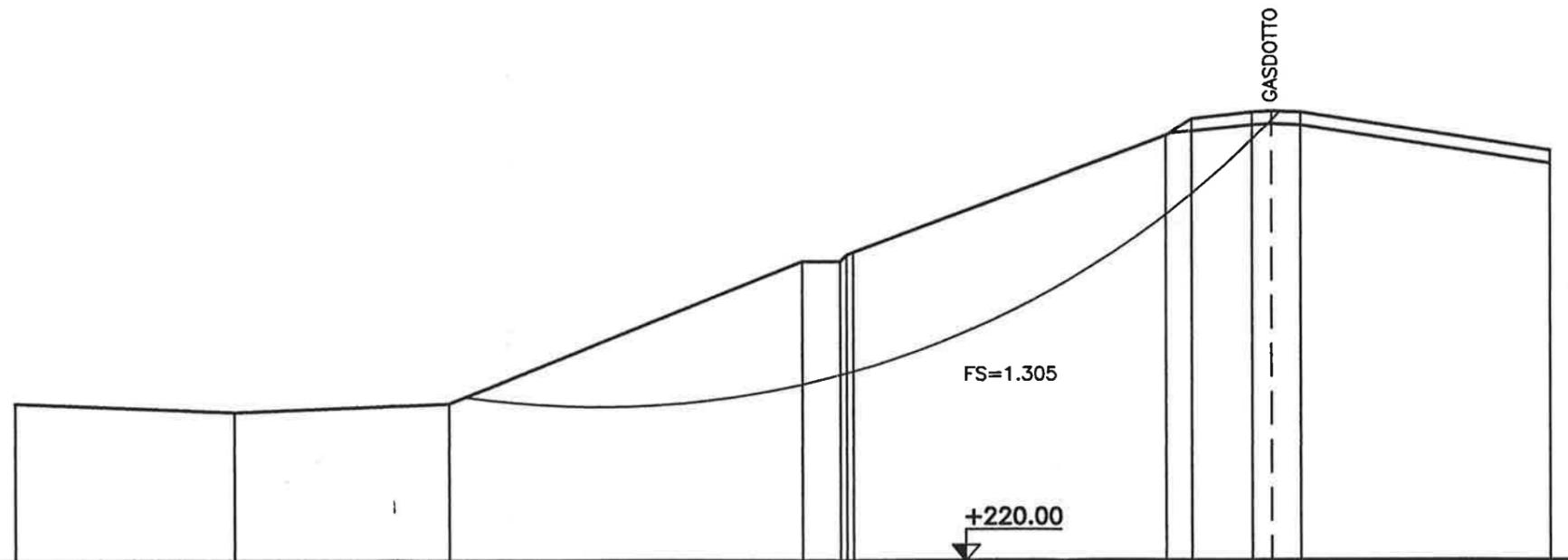
scala distanze 1:1000
quote 1:1000



sezione	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
quota terreno	246.00	246.21		263.94	264.18	265.18	265.58		286.40	289.00	290.00	290.20	290.00	284.00
distanze parziali		7.16	51.24		6.81	1.00	1.00	55.99		4.00	9.43	2.57	6.66	50.11
distanze progressive	0.00	7.16		58.40	65.01	66.01	67.01		123.00	127.00	136.43	139.00	145.66	195.77

SEZ - MD2

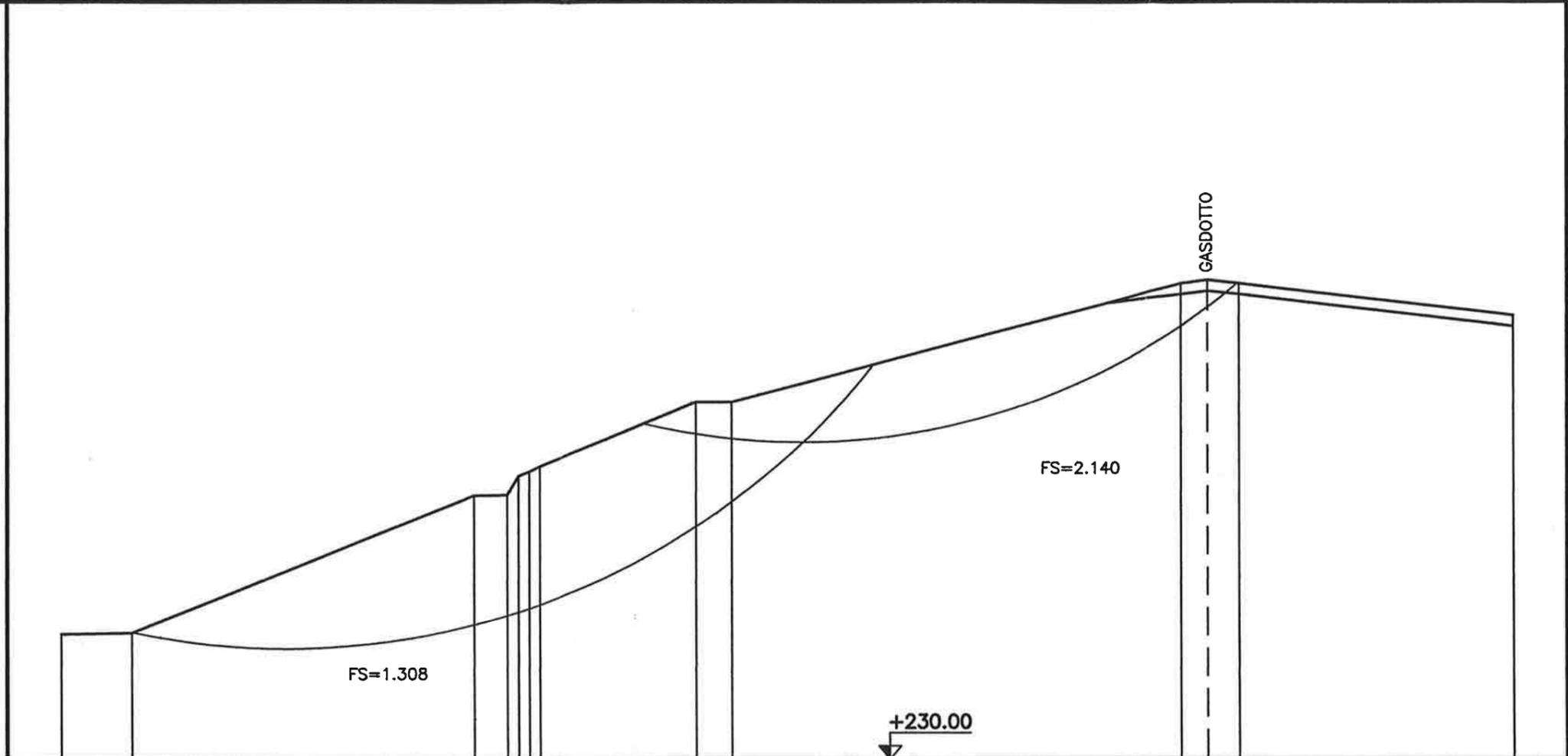
scala distanze 1:1000
quote 1:1000



sezione	1	2	3	4	567	8	9	10	11	12	13
quota terreno	244.81	243.37	244.68	266.74	266.74 267.74 268.14	286.40	289.00	290.00	290.20	290.00	284.00
distanze parziali		34.06	33.73	55.06	6.00 1.00	49.05	4.00	9.48	3.02	4.56	39.30
distanze progressive	0.00	34.06	67.79	122.85	128.85 129.85 130.85	179.90	183.90	193.38	196.40	200.96	240.26

SEZ - MD3

scala distanze 1:1000
quote 1:1000



sezione	1	2		3	4	5	6	7		8	9		10	11	12		13
quota terreno	253.26	253.51		278.80	278.90	282.40	283.21	284.02		295.96	296.00		318.00	318.58	318.00		312.00
distanze parziali		13.15	63.00		6.00	2.00	2.00	2.00	29.11		6.80		82.93		5.00	5.88	50.97
distanze progressive	0.00	13.15		76.15	82.15	84.15	86.15	88.15		117.26	123.86		206.79	211.79	217.67		268.64

verif 2 . doc

CONSORZIO GMA

**INDAGINI E VERIFICHE INTEGRATIVE SULL'AREA INTERESSATA DALLA
COSTRUENDA DISCARICA R.S.U. DI MONTE ARDONE IN COMUNE DI FORNOVO
TARO (PROVINCIA DI PARMA)**

**VERIFICHE DI STABILITA' INTEGRATIVE DEL VERSANTE
INTERESSATO DALLA PRESENZA DEL METANODOTTO**

DICEMBRE 1997

**RELATORI:
ING. A. PAGOTTO
DOTT. M. NESPOLI**

1. PREMESSA.....	3
2. VERIFICHE GEOTECNICHE: SCELTA DEI PARAMETRI E METODOLOGIA DI CALCOLO	4
3. CONCLUSIONI.....	6
4. ELENCO ALLEGATI.....	7

1. PREMESSA

In riferimento alla richiesta pervenuta al Consorzio G.M.A. da parte del Collegio Peritale, in merito alla redazione di *"verifiche di stabilità lungo profili che comprendano i metanodotti prossimi al sito"*, ad integrazione delle verifiche precedentemente eseguite contenute nel documento "Indagini e verifiche integrative sull'area interessata dalla costruenda discarica RSU di Monte Ardone in Comune di Fornovo di Taro (Provincia di Parma), redatto dallo scrivente Ing. Pagotto e dal Dott. Nespoli (trasmesso al Collegio Peritale nel luglio '97), sono stati realizzati altri tre profili ubicati lungo il versante in oggetto al fine di verificare ulteriormente le condizioni di stabilità del versante e quindi del metanodotto.

Fanno parte del presente rapporto, oltre alla seguente relazione, gli elaborati A10 (Planimetria e traccia delle sezioni), i profili di verifica e le nuove verifiche di stabilità effettuate.

2. VERIFICHE GEOTECNICHE: SCELTA DEI PARAMETRI E METODOLOGIA DI CALCOLO

Al fine di poter confrontare i risultati delle nostre verifiche con quelle precedentemente realizzate, sono stati utilizzati sia gli stessi parametri geotecnici contenuti nella relazione dell'Ing. Pagotto e del Dott. Nespoli sia lo stesso programma di calcolo. Quest'ultimo denominato STABGM è un programma per l'analisi di stabilità di pendii e di rilevati rinforzati che utilizza il metodo di Bishop modificato per calcolare il fattore di sicurezza lungo superfici di scorrimento circolari. In particolare è stata utilizzata la versione 9.85 (MS-DOS).

Per quanto concerne le verifiche di stabilità integrative sul versante destro della discarica si evidenzia quanto segue:

- i parametri utilizzati sono gli stessi della prima verifica sia per gli angoli di attrito interno che per le coesioni drenate;
- il rapporto "Ru" (pressione interstiziale) è stato assunto pari a 0,07 concordemente a quanto registrato nel corso delle ultime misure nelle celle di Casagrande.

Infatti dopo l'effettuazione dello spurgo (luglio '97) si sta assistendo ad un costante e progressivo abbassamento dei battenti d'acqua all'interno dei piezometri.

Prendendo come riferimento il PZ4 (tra l'altro prossimo al versante di verifica) si osserva che la cella più affidabile, quella posta a -40 m, vede annullarsi la pressione interstiziale tra ottobre e novembre, così come la cella a -27 m decrementa, nello stesso periodo, il battente di circa 3,5 m.

In questa situazione, avendo peraltro incertezza sull'affidabilità della cella "2^a" (-27 m) (PZ4), si è ritenuto di assumere un valore di Ru intermedio tra le due quote,

in considerazione anche del fatto che i cerchi critici si dislocano tra i -30 ed i -40 m dal profilo della scarpata.

Il rapporto Ru calcolato sulla cella "1^a" (-40 m) dà un valore (in base alle ultime misure) di 0.025, mentre per la cella "2^a" il valore di Ru risulta di 0.107.

Facendo la media tra i due valori ricavati si determina un rapporto di pressione interstiziale da utilizzare nelle verifiche di 0.07.

Il motivo che spiega il calo dei battenti nelle celle di Casagrande è dovuto al progressivo svuotamento per evaporazione ed alla mancata ricarica del terreno, a testimonianza che le pressioni interstiziali in quel tipo di materiale, se esistono, sono trascurabili. (vedi cella "1^a" a 40 m: la più affidabile).

Come anticipato in premessa sono stati verificati altri tre profili. L'ubicazione degli stessi è riportata sulla tavola A10 in cui è evidenziato anche il tracciato del metanodotto. Tutti e tre i profili interessano il tracciato dello stesso.

La sezione G1, orientata NE-SO, parte dal fondo del I lotto ed interessa la strada di coronamento (costeggiata verso monte dal muro in terra armata) e la viabilità di accesso all'impianto; la sezione G2, orientata E-O, parte dal fondo del II lotto ed interessa la strada di coronamento (costeggiata verso monte dal muro in terra armata) e le viabilità di cantiere attuali e pregresse; infine la sezione G3 interessa unicamente il versante a monte della strada di coronamento.

3. CONCLUSIONI

Una verifica realistica sui pendii non può prescindere dalle considerazioni sopra esposte.

L'applicazione dei parametri geotecnici così determinati nelle verifiche integrative sul versante destro della discarica fornisce valori del FATTORE di SICUREZZA $F_s \geq 1.3$ in condizioni di profilo scarico e di assenza di interazione laterale del versante contiguo, che pur esiste.

Se si considera poi la presenza del rifiuto disposto nel catino della discarica si raggiungono fattori di sicurezza ben più elevati.

Milano, 22 dicembre 1997

ing. A. Pagotto

dott. M. Nespoli

4. ELENCO ALLEGATI ED ELABORATI

Allegati:

1. Stralcio della relazione "Indagini e verifiche integrative sull'area interessata dalla costruenda discarica RSU di Monte Ardone in Comune di Fornovo di Taro (Provincia di Parma); capitolo 5 "verifiche geotecniche"; a cura di Ing. Pagotto e Dott. Nespoli (luglio '97)

Elaborati:

1. A10 – Planimetria e traccia delle sezioni
2. A11 – Profili

ALLEGATO 1

Stralcio della relazione "Indagini e verifiche integrative sull'area interessata dalla costruenda discarica RSU di Monte Ardone in Comune di Fornovo di Taro (Provincia di Parma); capitolo 5 "verifiche geotecniche"; a cura di Ing. Pagotto e Dott. Nespoli (luglio '97)

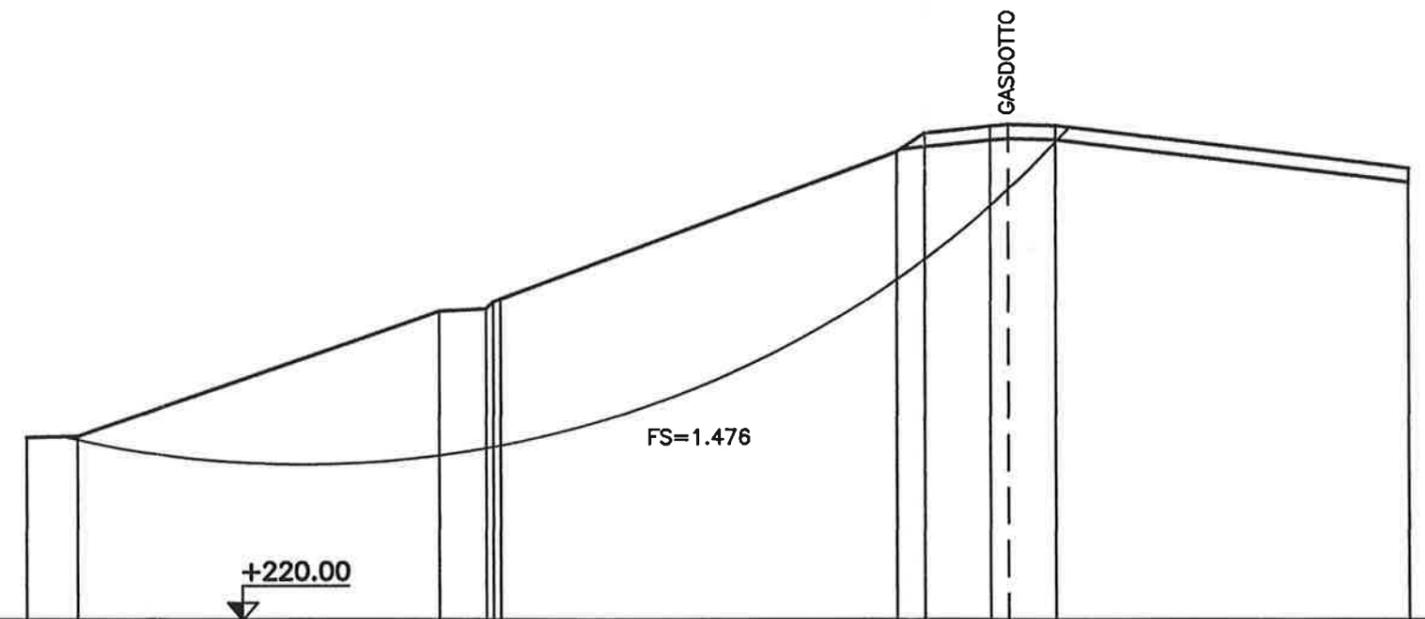
ALLEGATO 2

ELABORATO N.1

ELABORATO N.2

SEZ - MD1

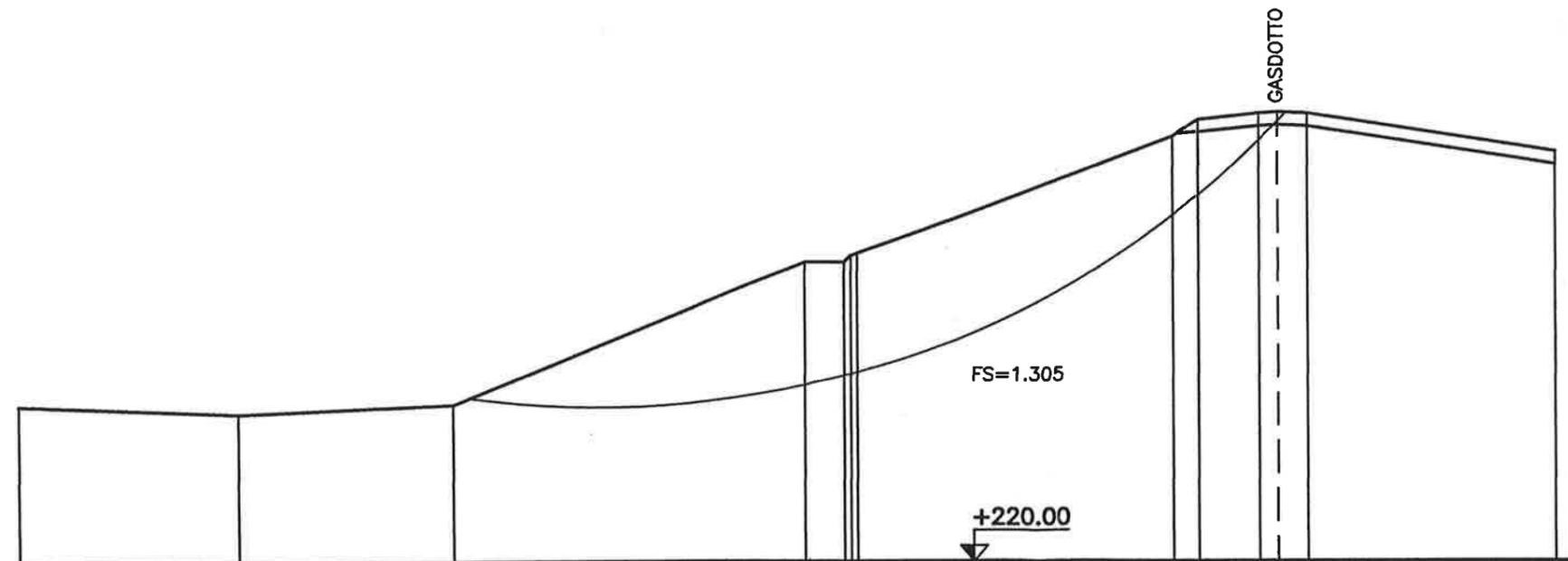
scala distanze 1:1000
quote 1:1000



sezione	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
quota terreno	246.00	246.21		263.94	264.18	265.18	265.58		286.40	289.00	290.00	290.20	290.00	284.00
distanze parziali		7.16	51.24		6.61	1.00		55.99		4.00	9.43	2.57	6.66	50.11
distanze progressive	0.00	7.16		58.40	65.01	66.01	67.01		123.00	127.00	136.43	139.00	145.66	195.77

SEZ - MD2

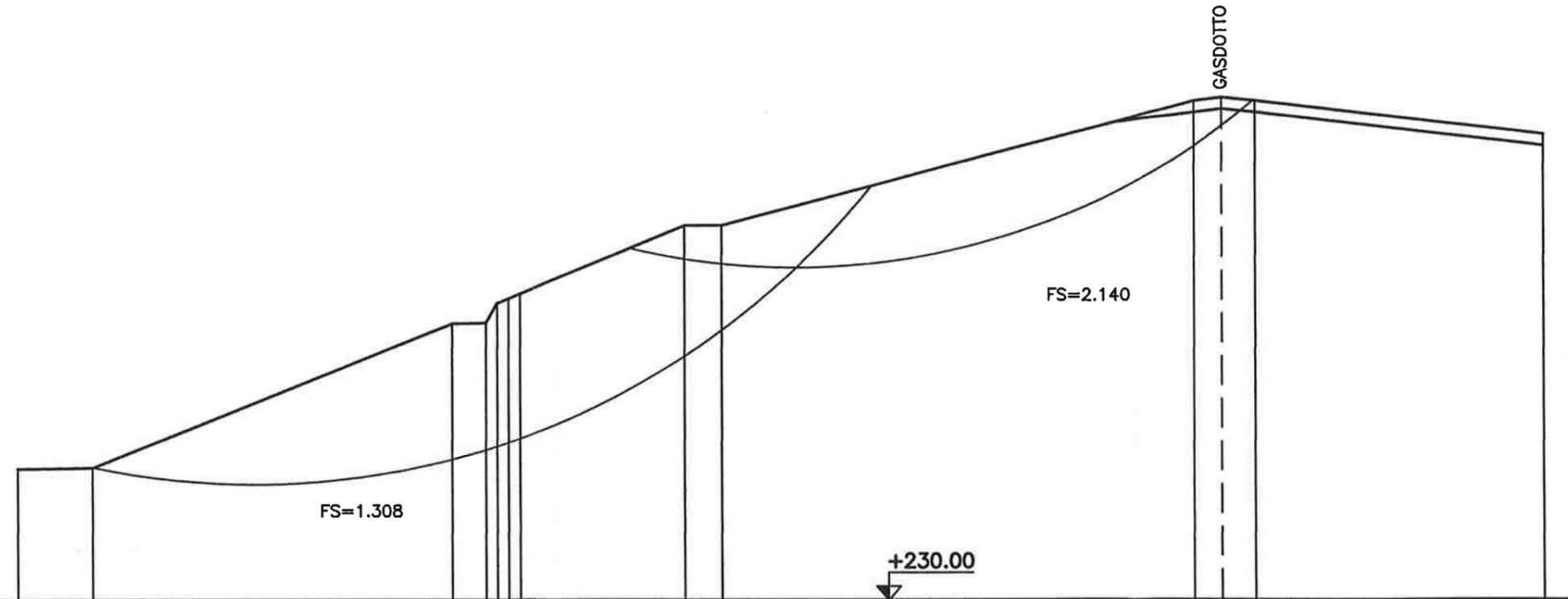
scala distanze 1:1000
quote 1:1000



sezione	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
quota terreno	244.81	243.37	244.68	266.74	266.74	267.74	268.14	286.40	289.00	290.00	290.20	290.00	284.00
distanze parziali		34.06	33.73	55.06	6.00	1.00	1.00	49.05	4.00	9.48	3.02	4.56	39.30
distanze progressive	0.00	34.06	67.79	122.85	128.85	129.85	130.85	179.90	183.90	193.38	196.40	200.96	240.26

SEZ - MD3

scala distanze 1:1000
quote 1:1000



sezione	1	2		3	4	5	6	7		8	9		10	11	12		13
quota terreno	253.26	253.51		278.80	278.90	282.40	283.21	284.02		295.96	296.00		318.00	318.58	318.00		312.00
distanze parziali		13.15	63.00		6.00	2.00	2.00		29.11	6.60		82.93		5.00	5.88		50.97
distanze progressive	0.00	13.15		76.15	82.15	84.15	86.15	88.15		117.26	123.86		206.79	211.79	217.67		268.64

G.M.A. Gestione Manutenzione Ambiente
Piazza Mercato Vecchio 11 – Fornovo Taro

Progetto di discarica di prima categoria per rifiuti solidi urbani
ed assimilabili il località Monte Ardone - Fontanelle
Comune di Fornovo di Taro (PR)

DISTACCO LOCALIZZATO DI TERRENO DALLA PORZIONE
CENTRALE DEL VERSANTE DEL II LOTTO

—
Relazione

GIUGNO 1998

Europrogetti s.r.l. - sn-gtz
progetto: E9823
file: euro7\c\lavori\e9823\distacco versante II lotto.doc
data: 19/06/98

RELAZIONE

INDICE

1. Premessa	2
2. Stato dei luoghi e situazione di cantiere.....	2
3. Cause che hanno determinato il distacco localizzato di terreno	4
4. Soluzioni tecniche adottate per il ripristino del versante e per prevenire ulteriori fenomeni.....	5
5. Verifiche geotecniche.....	6
6. Allegati	6

1. PREMESSA

La presente relazione riporta le considerazioni della Direzione Lavori sulle cause che hanno determinato lo smottamento di una porzione centrale del versante del II lotto dell'impianto, le verifiche effettuate e le contromisure intraprese per il ripristino del versante e dell'impermeabilizzazione artificiale dello stesso.

L'evento, verificatosi a partire dal 04/05/98, ha interessato esclusivamente una porzione centrale del versante del II lotto al di sotto delle geomembrane in HDPE, durante la fase di costruzione dell'opera. In nessuna fase del distacco è sussistita una situazione di pericolo né immediato né incombente e l'evento non ha mai comportato alcun pericolo alla pubblica incolumità.

Il cantiere in tale periodo risultava fermo da circa 30 gg.

2. STATO DEI LUOGHI E SITUAZIONE DI CANTIERE

Successivamente alla segnalazione del distacco da parte di rappresentanti del Consorzio, la Direzione lavori effettuava, unitamente al consulente per la parte geologico-geotecnica, in data 5 maggio c.a. un sopralluogo in cantiere.

Il cantiere era fermo da circa un mese, in particolare da quando la Ditta Agru Lining Italia, incaricata dal Consorzio di realizzare l'impermeabilizzazione artificiale in HDPE dell'impianto aveva abbandonato il cantiere (6 aprile c.a.) con opere provvisoriale ancora presenti e senza il completamento dell'intero sistema.

In tale periodo non erano presente in cantiere ulteriori Ditte incaricate dal Consorzio G.M.A. e pertanto non era in atto alcuna lavorazione né di realizzazione di opere di completamento dell'impianto, né di ordinaria e/o straordinaria manutenzione di quelle già realizzate, ad eccezione della Ditta I.D.R.A. s.n.c. incaricata dal Consorzio G.M.A. di realizzare il primo inerbimento dei versanti a monte dell'invaso.

L'attività era pertanto sospesa senza alcun presidio fisso delle opere già realizzate.

Il primo sopralluogo, effettuato il 6 maggio c.a., ha evidenziato:

- l'occlusione dei fossi provvisionali di cantiere per l'allontanamento delle acque meteoriche, soprattutto nei tratti a bassa pendenza, in particolare nel tratto a monte dell'area di smottamento;
- il danneggiamento della strada di coronamento all'invaso, causato dai mezzi utilizzati per le operazioni di inerbimento, con parziale modifica delle pendenze trasversali, in particolare nel tratto a monte dell'area di smottamento;
- l'imbibizione del terreno di riempimento delle trincee di ancoraggio delle geomembrane con presenza di acqua in superficie, in particolare nel tratto a monte dell'area di smottamento;
- la presenza di tutte le opere provvisionali di cantiere realizzate da Agru (picchetti di ancoraggio provvisorio) e non ancora rimosse;

oltreché il menzionato distacco localizzato di terreno nella porzione centrale del versante del II° lotto dell'invaso.

Durante tale sopralluogo, alla presenza del Dott. Bonini del Collegio Tecnico di Vigilanza, la Direzione Lavori ha operato due tasche nelle geomembrane nella zona interessata dall'accumulo di materiale e nella zona immediatamente a valle.

La Direzione Lavori ha successivamente ordinato la rimozione delle geomembrane posate sull'area del distacco, al fine di definire con certezza l'estensione dello stesso e la sua entità.

Il giorno 20 maggio tale rimozione è stata completata alla presenza del Dott. Pelosio della Commissione di Collaudo. L'evento ha interessato due porzioni di versante: il distacco maggiore sul versante centrale (circa 40 m di sviluppo per una larghezza media di circa 15 m) ed uno smottamento minore sul versante in sinistra orografica del rio Fontanelle (circa 20 m di sviluppo per una larghezza di circa 10 m). Si è trattato di un movimento traslazionale in seguito alla fluidificazione localizzata dello strato superficiale causato da imbibizione di acqua.

A monte di tutto l'area di distacco erano evidenti infatti segni del ruscellamento superficiale di acqua al di sotto delle geomembrane.

Successivamente la Direzione Lavori ha ordinato l'ampliamento della rimozione delle geomembrane sino alla sommità del versante al fine di poter procedere ad una ricostruzione dello stesso secondo livellette regolari e la bonifica dell'area con l'allontanamento del materiale smottato.

L'apertura di tale fronte, contestualmente allo scavo dell'ancoraggio perimetrale della geomembrana ha permesso di verificare sul versante la presenza di ampie zone umide in prossimità dei picchetti provvisionali lasciati da Agru prima dell'abbandono del cantiere.

Verifiche effettuate in altri punti dell'invaso mediante l'apertura di inserti ("tasche") nel pacchetto di impermeabilizzazione (vedi anche disegno allegato) hanno mostrato, al di là di una normale umidità del suolo, l'assenza di acqua di infiltrazione ed un buono stato delle argille sottostanti i teli.

3. CAUSE CHE HANNO DETERMINATO IL DISTACCO LOCALIZZATO DI TERRENO

Le verifiche effettuate hanno permesso di accertare che l'evento è stato generato da una serie di concause la cui contemporaneità ne ha aggravato l'effetto e che possono essere ricondotte a diverse situazioni:

- abbandono della Agru Lining Italia del cantiere in data 6 aprile c.a. con opere provvisionali ancora presenti e senza il completamento del sistema di impermeabilizzazione complessivo (fori nei teli causati da zanche in ferro infisse per il fissaggio provvisorio nelle canalette di ancoraggio, saldatura tra i singoli teli non portate sino al fondo trincea);
- estrema lentezza da parte del Consorzio G.M.A. nell'ordinare l'esecuzione delle opere di completamento dell'impianto ed in particolare del sistema definitivo di allontanamento delle acque meteoriche, della strada di coronamento e dei drenaggi a monte dell'invaso;
- mancata manutenzione dei fossi provvisionali lungo la strada di coronamento soprattutto nella parte centrale dell'invaso dove, a causa della bassa pendenza, si è depositato materiale fine riducendo notevolmente la sezione libera di flusso con formazione di piccoli invasi che hanno impedito l'allontanamento regolare delle acque meteoriche
- danneggiamento della strada di coronamento, da parte della Ditta I.D.R.A. s.n.c. incaricata dal Consorzio G.M.A. di realizzare il primo inerbimento dei versanti a monte dell'invaso.

Le verifiche effettuate hanno permesso di circoscrivere il fenomeno alla zona centrale del versante del II lotto caratterizzata da una bassa pendenza longitudinale della strada di coronamento e, al momento dell'evento, dalla totale occlusione del fosso provvisorio di allontanamento delle acque meteoriche con un contestuale sversamento incontrollato di acque sulla strada stessa e di conseguenza al di sotto dell'impermeabilizzazione artificiale tramite i fori non sigillati da AGRU.

4. SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE PER IL RIPRISTINO DEL VERSANTE E PER PREVENIRE ULTERIORI FENOMENI

La bonifica dei terreni interessati dallo smottamento ha modificato la morfologia dell'invaso creando alcuni avvallamenti originariamente non presenti nel versante ed alterando in maniera non sostanziale le pendenze del tratto interessato.

La Direzione Lavori ha pertanto valutato sia la strada della ricostruzione del versante con apporto di materiale argilloso di idonee caratteristiche, proveniente da cave esterne, compattato che la semplice riprofilatura del versante previa verifica geotecnica dei nuovi profili.

La soluzione adottata consiste nella semplice riprofilatura del versante in quanto permette, a parere della Direzione Lavori e dei consulenti geotecnici, maggiori garanzie di stabilità stante le difficoltà di compattazione e omogenizzazione del materiale argilloso di riporto.

Le verifiche geotecniche su due profili del versante nel tratto interessato dal distacco, che riproponiamo in allegato, hanno successivamente permesso di riscontrare valori di sicurezza tali da rendere fattibile l'intervento che è stato così realizzato.

Contestualmente la Direzione Lavori ha ordinato al Consorzio G.M.A.:

- la sistemazione definitiva della trincea d'ancoraggio con la contestuale realizzazione di una trincea drenante lungo tutto il perimetro a monte dell'invaso come previsto dal progetto;
- la realizzazione del sistema di allontanamento definitivo delle acque meteoriche su tutta l'area d'invaso;
- il ripristino della strada di coronamento secondo le ipotesi progettuali contenute negli elaborati di cantiere;
- il ripristino del pacchetto di impermeabilizzazione come previsto dal progetto in gran parte con teli nuovi e recuperando parte dei vecchi teli solo per superfici ridotte (collegamenti, pezze di riparazione);
- il rifacimento di entrambi i due teli del fondo vaso del secondo lotto in quanto danneggiati con grande probabilità dal transito dei mezzi impiegati per l'asportazione del terreno;
- il collaudo di tutte le saldature effettuate in questa zona sia sul primo che sul secondo telo.

5. VERIFICHE GEOTECNICHE

In allegato riproponiamo le verifiche geotecniche realizzate su due profili del versante bonificato, unitamente alla loro ubicazione planimetrica ed alle sezioni rilevate.

Le verifiche sono state effettuate utilizzando:

- lo stesso software con il quale sono state realizzate le precedenti;
- i dati geotecnici sono gli stessi applicati nelle verifiche precedenti e rilevati dai campioni cubici;
- anche per le pressioni interstiziali sono stati mantenuti i valori applicati nelle precedenti verifiche.

Entrambe le verifiche hanno permesso di definire coefficienti di sicurezza nella norma.

6. ALLEGATI

Planimetria con individuata l'ubicazione dei profili di verifica

Profilo di verifica (sez. 1)

Profilo di verifica (sez. 2)

Tabulati di verifica

ALLEGATI

```

*****
*
*           STABGM   Version   9.85 (MS-DOS)
*
*   Slope Stability Analysis of Reinforced Slopes
*
*           Bishop's Modified Method
*   and/or Ordinary Method of Slices
*
*****

```

ODISCARICA M.ARDONE - VERIFICA SEZIONE 1
(file: SEZ-1.dat/out/doc)

0 C O N T R O L D A T A

```

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS . . . . . 0
NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS . . . . . 15
NUMBER OF VERTICAL SECTIONS . . . . . 20
NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES . . . . . 4
NUMBER OF PORE PRESSURE LINES . . . . . -1
NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE . . . . . 0
NUMBER OF REINFORCING LAYERS . . . . . 0
SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S2 . . . . . .00 .00
UNIT WEIGHT OF WATER . . . . . 1.00

```

0SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (130.0, -15.0) WITH FINAL GRID OF 10.0

0ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 154.0, 152.0, 150.0, 149.0, 148.0, 147.0,
146.0, 145.0, 144.0, 143.0, 142.0, 141.0, 140.0, 139.0, 138.0,

0GEOMETRY

0 SECTIONS .0 15.8 18.6 27.8 78.3 82.8 88.3 90.7 96.9 102.2
108.5 115.6 130.0 136.4 145.8 154.2 163.2 171.5 179.7 232.2

T. CRACKS 89.5 89.7 90.2 93.0 113.4 115.0 115.3 119.9 120.3 122.9
125.6 128.6 134.8 137.4 140.5 143.1 145.6 147.1 146.9 146.9

W IN CRACK 89.5 89.7 90.2 93.0 113.4 115.0 115.3 119.9 120.3 122.9
125.6 128.6 134.8 137.4 140.5 143.1 145.6 147.1 146.9 146.9

BOUNDARY 1 89.5 89.7 90.2 93.0 113.4 115.0 115.3 119.9 120.3 122.9
 125.6 128.6 134.8 137.4 140.5 143.1 145.6 147.1 146.9 146.9
 BOUNDARY 2 89.5 89.7 90.2 93.0 113.4 115.0 115.3 119.9 120.3 300.0
 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0
 BOUNDARY 3 89.5 89.7 90.2 93.0 113.4 119.9 119.9 119.9 120.3 300.0
 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0
 BOUNDARY 4 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0
 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0

0SOIL PROPERTIES

0	LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
	1	3.5	18.0	1.9
	2	100.0	20.0	2.0
	3	3.5	24.0	1.9

0PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR.

0 RU = .170

SUMMARY OF THIS STABGM RUN

0DISCARICA M.ARDONE - VERIFICA SEZIONE 1

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN(BMM)
154.00	130.00	15.00	1.307
152.00	130.00	5.00	1.301
150.00	130.00	5.00	1.301
149.00	130.00	5.00	1.303
148.00	130.00	-5.00	1.306
147.00	130.00	-5.00	1.310
146.00	130.00	-5.00	1.316
145.00	130.00	-15.00	1.323
144.00	130.00	-15.00	1.330
143.00	120.00	5.00	1.344
142.00	120.00	5.00	1.352
141.00	120.00	-5.00	1.361
140.00	120.00	-5.00	1.370
139.00	120.00	-5.00	1.382
138.00	110.00	15.00	1.405

OVERALL MINIMUM FS = 1.301

(HORIZONTAL ORIENTATION)

0

```

*****
*
*           STABGM   Version  9.85 (MS-DOS)
*
*   Slope Stability Analysis of Reinforced Slopes
*
*           Bishop's Modified Method
*   and/or Ordinary Method of Slices
*
*****

```

ODISCARICA M.ARDONE - VERIFICA SEZIONE 2
(file: SEZ-2.dat/out/doc)

0 C O N T R O L D A T A

```

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS . . . . . 0
NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS . . . . . 15
NUMBER OF VERTICAL SECTIONS . . . . . 20
NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES . . . . . 4
NUMBER OF PORE PRESSURE LINES . . . . . -1
NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE . . . . . 0
NUMBER OF REINFORCING LAYERS . . . . . 0
SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S2 . . . . . 0.00    .00
UNIT WEIGHT OF WATER . . . . . 1.00

```

0SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (75.0, 60.0) WITH FINAL GRID OF 5.0

0ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 154.0, 152.0, 150.0, 149.0, 148.0, 147.0,
146.0, 145.0
, 144.0, 143.0, 142.0, 141.0, 140.0, 139.0, 138.0,

0GEOMETRY

```

0    SECTIONS        .0    5.0    9.9   20.6   30.4   32.5   33.6   36.7   39.4   45.1
51.0 56.8 64.3 71.2 83.7 92.2 98.9 105.5 110.3 180.0

```

```

T. CRACKS    105.9 106.2 107.5 111.8 116.0 116.3 117.3 117.4 122.3 122.6
124.8 127.2 130.6 133.8 141.6 144.8 146.5 146.9 147.1 147.1

```

```

W IN CRACK    105.9 106.2 107.5 111.8 116.0 116.3 117.3 117.4 122.3 122.6
124.8 127.2 130.6 133.8 141.6 144.8 146.5 146.9 147.1 147.1

```

BOUNDARY 1 105.9 106.2 107.5 111.8 116.0 116.3 117.3 117.4 122.3 122.6
 124.8 127.2 130.6 133.8 141.6 144.8 146.5 146.9 147.1 147.1
 BOUNDARY 2 105.9 106.2 107.5 111.8 116.0 116.3 117.3 117.4 122.3 122.6
 124.8 127.2 130.6 133.8 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0
 BOUNDARY 3 105.9 106.2 107.5 111.8 116.0 116.3 122.3 122.3 122.3 122.6
 124.8 127.2 130.6 133.8 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0
 BOUNDARY 4 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0
 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0

SOIL PROPERTIES

0	LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
	1	3.5	18.0	1.9
	2	100.0	20.0	2.0
	3	3.5	24.0	1.9

PORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR

0 RU = .170

SUMMARY OF THIS STABGM RUN

ODISCARICA M.ARDONE -- VERIFICA SEZIONE 2

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN (BMM)
154.00	80.00	60.00	1.398
152.00	80.00	60.00	1.379
150.00	80.00	55.00	1.367
149.00	80.00	55.00	1.364
148.00	80.00	50.00	1.365
147.00	80.00	45.00	1.373
146.00	80.00	45.00	1.382
145.00	80.00	40.00	1.397
144.00	75.00	50.00	1.417
143.00	75.00	45.00	1.434
142.00	75.00	45.00	1.454
141.00	75.00	40.00	1.481
140.00	70.00	50.00	1.511
139.00	70.00	45.00	1.539
138.00	65.00	50.00	1.572

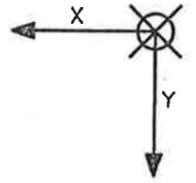
OVERALL MINIMUM FS = 1.364
 (HORIZONTAL ORIENTATION)

0

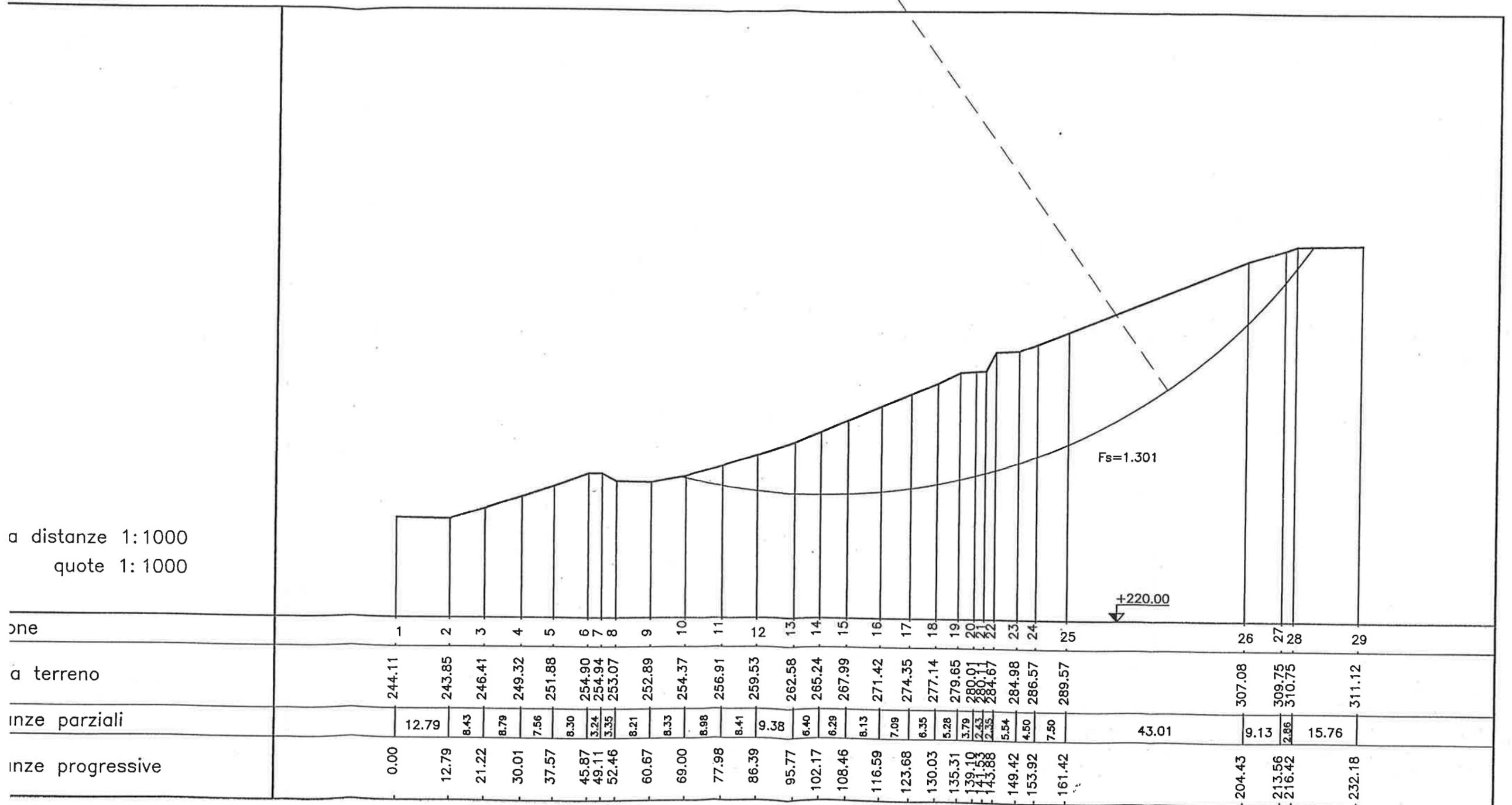
ZIONE 1

130.00,5.00

0.00,0.00

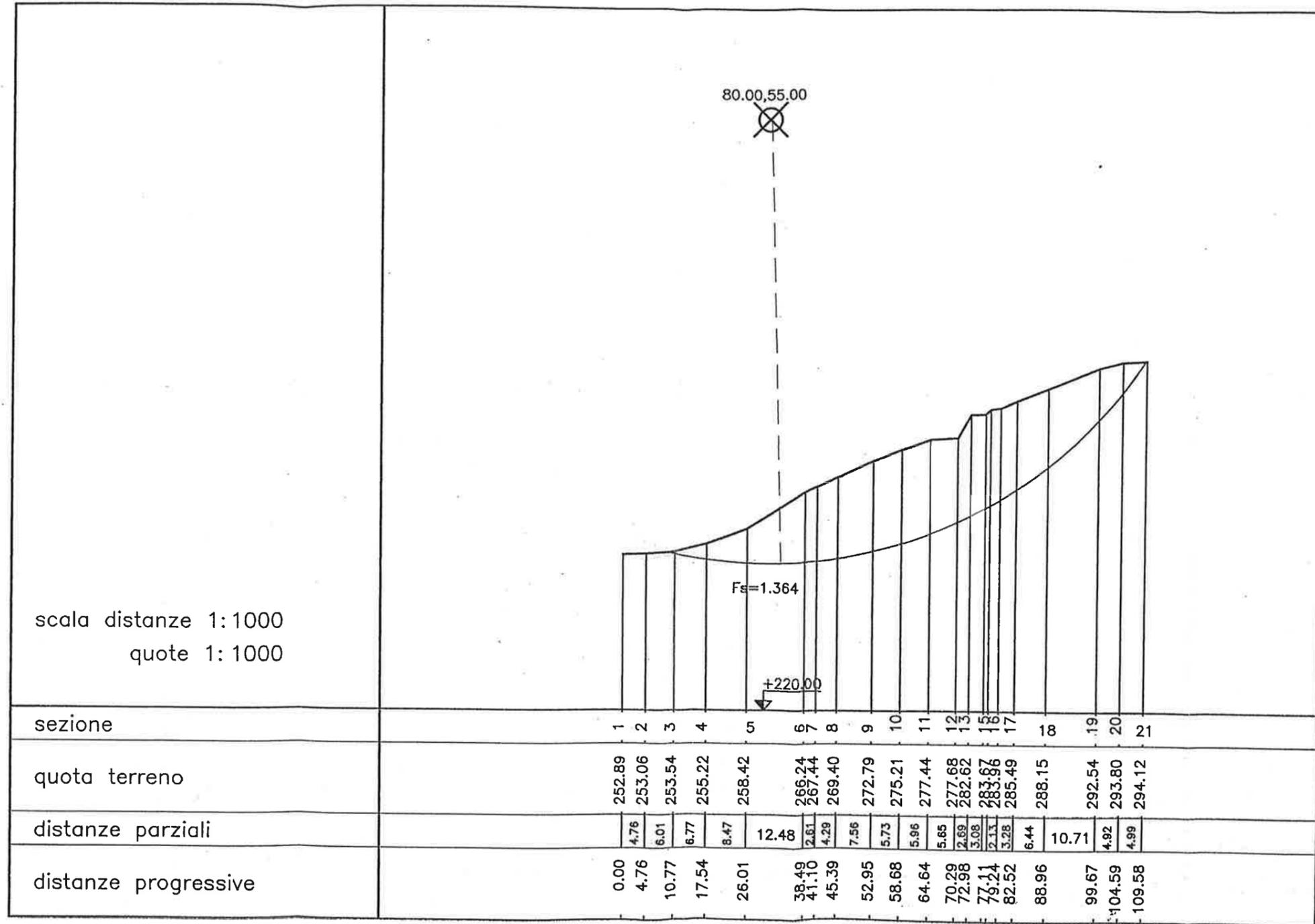
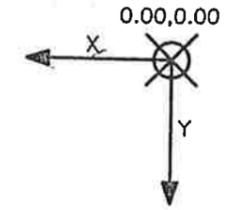


a distanze 1:1000
quote 1:1000



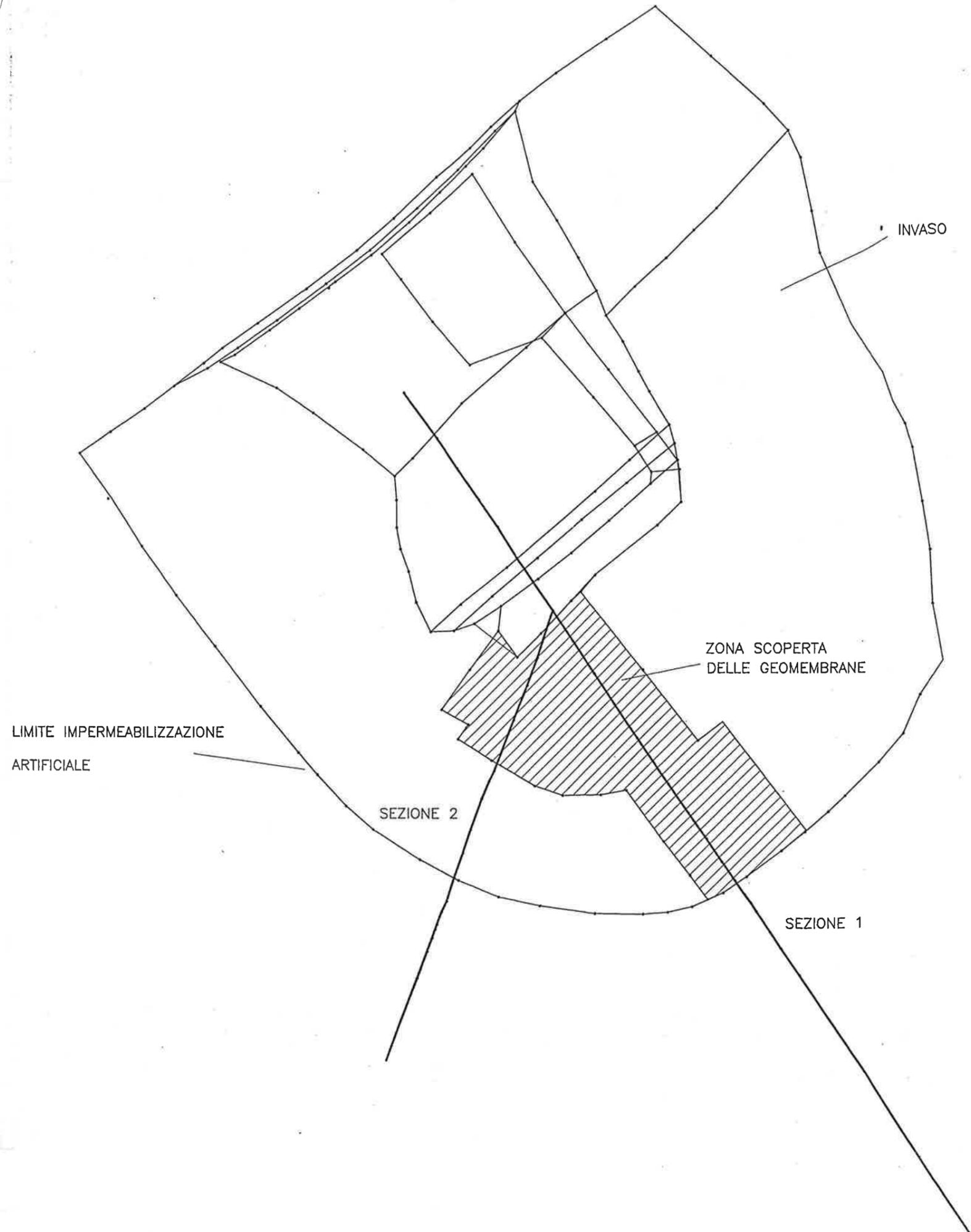
Stazione	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Quota a terreno	244.11	243.85	246.41	249.32	251.88	254.90	254.94	253.07	252.89	254.37	256.91	259.53	262.58	265.24	267.99	271.42	274.35	277.14	279.65	280.01	280.11	284.67	284.98	286.57	289.57	307.08	309.75	310.75	311.12
Spesse parziali		12.79	8.43	8.79	7.56	8.30	3.24	3.35	8.21	8.33	8.98	8.41	9.68	6.40	6.29	8.13	7.09	6.35	5.28	3.79	2.43	2.35	5.54	4.50	7.50	43.01	9.13	2.86	15.76
Spesse progressive	0.00	12.79	21.22	30.01	37.57	45.87	49.11	52.46	60.67	69.00	77.98	86.39	95.77	102.17	108.46	116.59	123.68	130.03	135.31	139.10	141.53	143.88	149.42	153.92	161.42	204.43	213.56	216.42	232.18

SEZIONE 2



scala distanze 1:1000
quote 1:1000

sezione	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
quota terreno	252.89	253.06	253.54	255.22	258.42	266.24	267.44	269.40	272.79	275.21	277.44	277.68	282.62	283.86	283.96	285.49	288.15	292.54	293.80	294.12	
distanze parziali		4.76	6.01	6.77	8.47	12.48	2.61	4.29	7.56	5.73	5.96	5.65	2.69	3.08	2.13	3.28	6.44	10.71	4.92	4.99	
distanze progressive	0.00	4.76	10.77	17.54	26.01	38.49	41.10	45.39	52.95	58.68	64.64	70.29	72.98	75.11	77.24	80.52	86.96	91.67	96.59	101.58	



RILIEVO TOPOGRAFICO DEL 16/06/98

SCHEMA PLANIMETRICO TRACCIA SEZIONI
SCALA 1:1000

G.M.A. Gestione Manutenzione Ambiente
Via Nobel 9a - 43100 PARMA

Progetto di discarica di prima categoria per rifiuti solidi urbani
ed assimilabili il località Monte Ardone – Fontanelle
Comune di Fornovo di Taro (PR)

VERIFICHE DI STABILITA' RELATIVE ALLA ZONA A CAVALLO
DELL'ARGINE TRA LE DUE VASCHE DELL'INVASO

GIUGNO 1998

```

*****
*
*           STABGM   Version  9.85 (MS-DOS)
*
*           Slope Stability Analysis of Reinforced Slopes
*
*           Bishop's Modified Method
*           and/or Ordinary Method of Slices
*
*****

```

ODISCARICA M.ARDONE - SEZIONE - MD4
(file: MD4.dat/out/doc)

0 C O N T R O L D A T A

```

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS . . . . . 0
NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS . . . . . 7
NUMBER OF VERTICAL SECTIONS . . . . . 16
NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES . . . . . 4
NUMBER OF PORE PRESSURE LINES . . . . . -1
NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE . 0
NUMBER OF REINFORCING LAYERS . . . . . 0
SEISMIC COEFFICIENTS, S1, S2 . . . . . .00 .00
UNIT WEIGHT OF WATER . . . . . 1.00

```

0SEARCH IS BASED ON BISHOP MODIFIED METHOD

SEARCH STARTS AT CENTER (105.0, -75.0) WITH FINAL GRID OF 5.0

0ALL CIRCLES TANGENT TO DEPTH, 42.0, 44.0, 45.0, 46.0, 48.0, 50.0,
52.0,

0GEOMETRY

0 SECTIONS -63.2 -21.8 -3.7 .0 22.6 28.3 37.5 73.1 78.6 82.1
82.8 88.8 90.3 132.5 136.8 186.8

T. CRACKS 11.9 3.2 .2 .0 3.2 5.1 5.4 19.1 20.6 21.0
22.9 22.9 23.1 39.2 40.3 40.3

W IN CRACK 11.9 3.2 .2 .0 3.2 5.1 5.4 19.1 20.6 21.0
22.9 22.9 23.1 39.2 40.3 40.3

BOUNDARY 1 11.9 3.2 .2 .0 3.2 5.1 5.4 19.1 20.6 21.0
 22.9 22.9 23.1 39.2 40.3 40.3
 BOUNDARY 2 13.9 5.2 2.2 2.0 3.2 5.1 5.4 19.1 20.6 21.0
 22.9 22.9 23.1 39.2 40.3 40.3
 BOUNDARY 3 13.9 , 5.2 2.2 2.0 3.2 5.1 5.4 19.1 22.9 22.9
 22.9 22.9 23.1 39.2 40.3 40.3
 BOUNDARY 4 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0
 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0 300.0

OSOIL PROPERTIES

0	LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
	1	1.0	18.0	1.8
	2	100.0	20.0	2.0
	3	3.5	18.0	1.9

OPORE PRESSURE SPECIFIED WITH THE RU FACTOR

0 RU = .070

SUMMARY OF THIS STABGM RUN

ODISCARICA M.ARDONE - SEZIONE - MD4

TANGENT	(X) CENTER	(Y) CENTER	FMIN(BMM)
42.00	110.00	-95.00	1.577
44.00	105.00	-80.00	1.560
45.00	105.00	-75.00	1.557
46.00	105.00	-75.00	1.560
48.00	105.00	-70.00	1.569
50.00	100.00	-60.00	1.585
52.00	100.00	-60.00	1.604

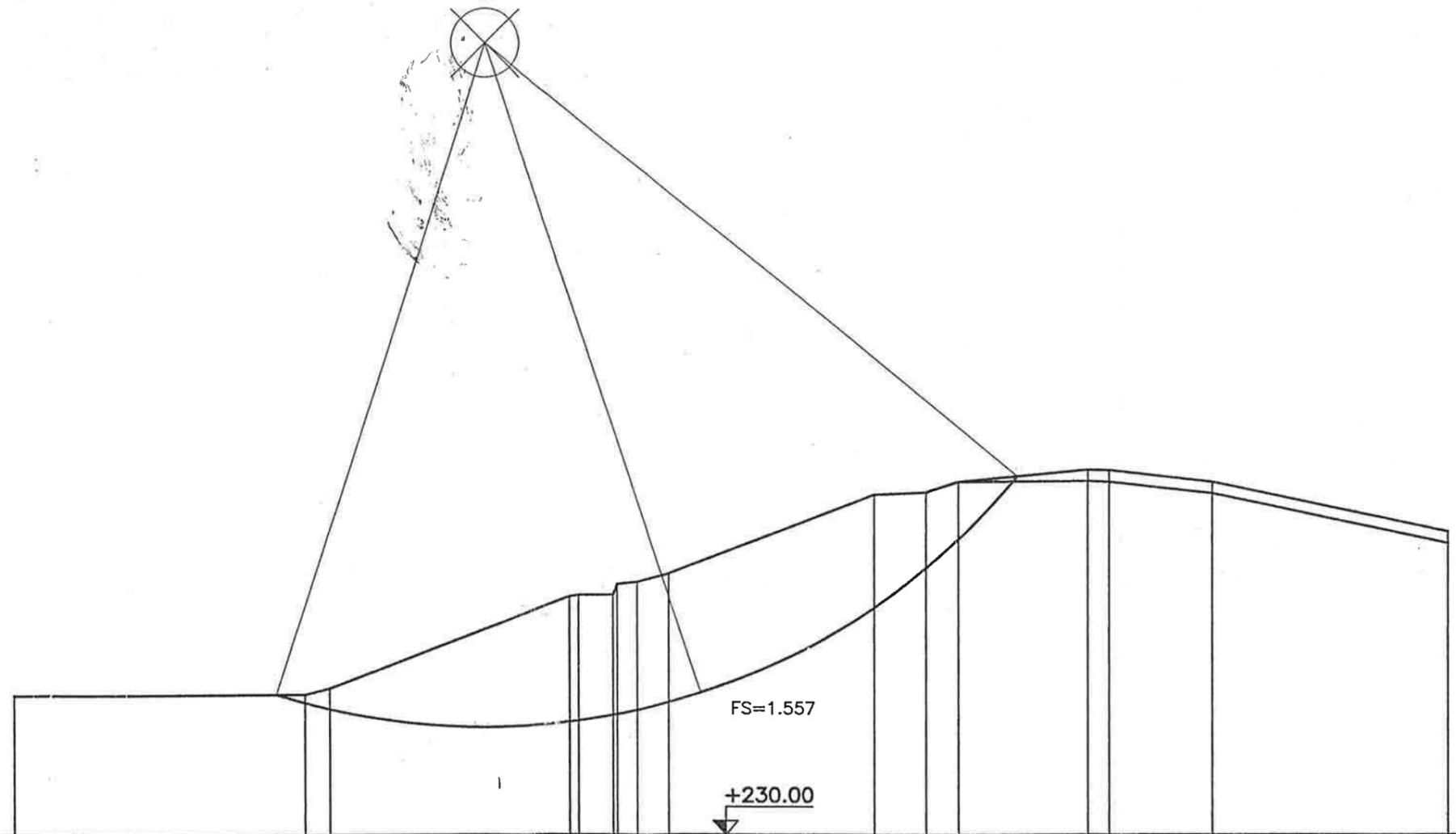
OVERALL MINIMUM FS = 1.557

0

(HORIZONTAL ORIENTATION)

SEZ - MD4

scala distanze 1:1000
quote 1:1000



sezione	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
quota terreno	254.90	254.90	256.00		272.00	272.25	272.25	274.10	274.50	276.00	289.75	290.10	292.00	294.15	294.00	292.00	283.20
distanze parziali		50.00	4.28	42.17	1.55	6.00	3.49	5.50	35.61	9.16	5.72	22.60	3.70	26.22	41.43		
distanze progressive	0.00	50.00	54.28		96.45	98.00	104.00	108.79	113.69		149.30	158.46	164.18	186.78	190.48	208.58	250.01