

# Programma Ambiente Apuane S.p.a.

Discarica per rifiuti non pericolosi – loc. Porta  
Comuni di Montignoso e Pietrasanta



## *3 - Valutazioni di carattere geotecnico ed idraulico in risposta alle richieste formulate durante la conferenza dei servizi del 14/11/2008*

## **INDICE**

<b>1.VALUTAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO IN RISPOSTA ALLE RICHIESTE FORMULATE DAI VERI ENTI DURANTE LA CONFERENZA DI SERVIZI DEL 14/11/2008</b>	<b>pag. 2</b>
<b>1.1 Valutazioni della portanza dei rifiuti già abbancati sul fondo della discarica</b>	<b>pag. 2</b>
<b>1.1.1 Fondo della discarica costituito da calcare cavernoso</b>	<b>pag. 2</b>
<b>1.1.2 Barriera di confinamento sovrastante il fondo roccioso</b>	<b>pag. 3</b>
<b>1.1.3 Corpo dei rifiuti già abbancati fino a quota 20.0m s.l.m.</b>	<b>pag. 4</b>
<b>1.1.4 Barriera di confinamento da realizzare a quota 25m s.l.m.</b>	<b>pag. 6</b>
<b>1.2 Valutazioni sul decorso degli assestamenti dei rifiuti nel tempo</b>	<b>pag. 7</b>
<b>1.3 Coefficienti sismici da utilizzare nelle analisi di stabilità del corpo dei rifiuti e dei fronti rocciosi</b>	<b>pag. 8</b>
<b>1.4 Valutazioni sulla stabilità del corpo dei rifiuti</b>	<b>pag. 12</b>
<b>2.VALUTAZIONI DEI CARICHI IDRICI RACCOLTI DALLA DISCARICA E MODALITA' DEL LORO SMALTIMENTO</b>	<b>pag. 14</b>

**VALUTAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO IN RISPOSTA ALLE RICHIESTE FORMULATE DURANTE LA CONFERENZA DEI SERVIZI DEL 14/11/2008**

Di seguito sono riportate alcune valutazioni di carattere geotecnico, in riferimento alla portanza dei terreni già abbancati in discarica, all'evoluzione nel tempo degli assestamenti e alla stabilità del corpo dei rifiuti.

### 1.1 Valutazioni della portanza dei rifiuti già abbancati sul fondo della discarica

Come richiesto durante la Conferenza dei Servizi del 14/11/2008, sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio dei campioni prelevati dal corpo dei rifiuti già abbancati nei vari lotti in cui è suddivisa la discarica e dei numerosi sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti all'interno ed all'esterno della stessa, è stata valutata la portanza del substrato roccioso, del materiale conferito fino alla quota di 20m s.l.m. e di quello che sarà depositato oltre tale quota, sopra la nuova barriera di confinamento.

#### 1.1.1 Fondo della discarica costituito da calcare cavernoso

La qualità dell'ammasso roccioso, che costituisce il fondo naturale della discarica, è stata ricavata dai logs stratigrafici dei sondaggi a carotaggio continuo **S6, S7, S9 ed S10**, fatti eseguire dalla Programma Ambiente Apuane S.p.A. per il "Piano di controllo e monitoraggio", sulla base della percentuale degli spezzoni di carota maggiori di 10cm.

Sapendo che il fondo naturale è posto a circa 6.0m s.l.m., il valore medio dell'R.Q.D.(Rock Quality Designation), in tutti i sondaggi, valutato a partire da tale quota, è risultato pari all'80%.

Anche la Società GEOSER S.C.R.L., nel sondaggio effettuato all'interno del sito di discarica (vedi Tavola n.1), per valutare le caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche dell'ammasso roccioso, aveva ottenuto lo stesso risultato.

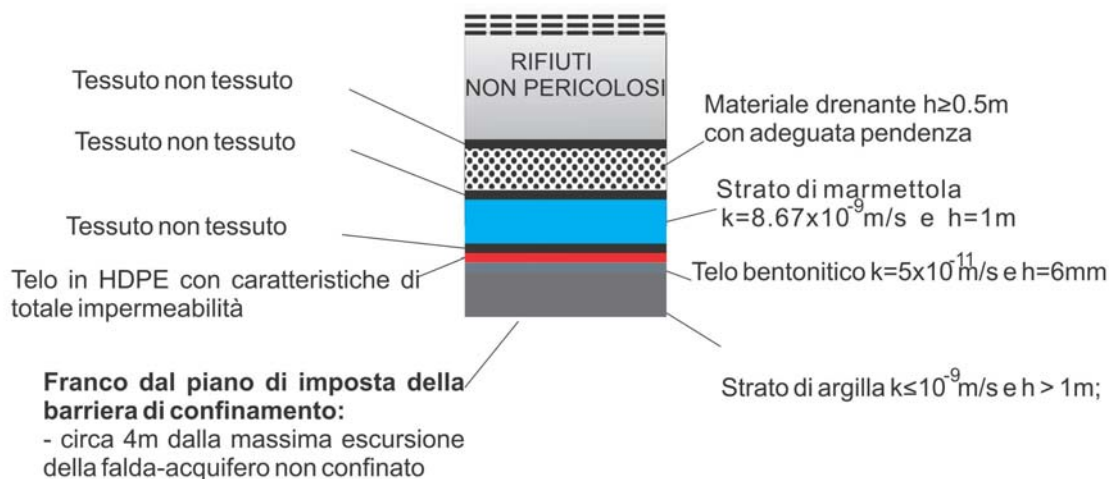
Il valore rilevato durante le varie indagini consente di inserire l'ammasso roccioso nella classe 4, con R.Q.D. compreso fra 75-90%, riconducibile ad una qualità tecnica "molto buona".

Pertanto il substrato roccioso, sul quale sono abbancati i rifiuti, può essere considerato sicuramente incompressibile e dotato di una capacità portante notevolmente superiore alle pressioni che eserciterà il materiale conferito durante tutte le fasi operative e post-operative della discarica.

Inoltre tale fondo, essendo il piazzale di una cava di inerti coltivata "a pozzo", è già stato soggetto alle pressioni del "calcare" scavato, che ha un peso specifico superiore a quello dei materiali che vi saranno abbancati.

### 1.1.2 Barriera di confinamento sovrastante il fondo roccioso

Come si può osservare dallo schema riportato nella sottostante figura, sopra il fondo roccioso è stato messo in opera uno strato di argilla, dello spessore di circa 1.0m, il telo bentonitico (6mm di spessore), il telo in HDPE (2mm di spessore), il tessuto non tessuto (400gr/mq), sopra questo 1.0m di marmettola ed infine, prima del rifiuto, uno strato drenante di 0.5 metri ricoperto nuovamente da tessuto non tessuto.



Per determinare la portanza della barriera di confinamento nel calcolo, cautelativamente, non è stata considerata la presenza del telo bentonitico e di quello in HDPE, che sicuramente hanno migliori caratteristiche di resistenza a rottura.

Si tenga presente che il solo telo in HDPE ha un carico di rottura pari a circa 370kg/cmq.

In base ai dati forniti dalla Committenza, relativi ad analisi di laboratorio eseguite sull'argilla utilizzata per realizzare la barriera di confinamento, è emerso che i valori medi di resistenza al taglio del materiale utilizzato, in termini di tensioni efficaci ( $\phi'$ ,  $c'$ ), ricavati da prove di taglio diretto CD, sono i seguenti:

$$\phi' = 25^\circ$$

$$c' = 0.25 \text{ kg/cm}^2$$

La capacità portante dello strato di argilla è stata ricavata ipotizzando che su di essa agiscano le pressioni di una fondazione circolare.

A questo punto sono stati introdotti nella formula di Terzaghi-Mayerhoff, di seguito riportata, i parametri geotecnici medi dell'argilla utilizzata per la costruzione della barriera di confinamento e la geometria di una fondazione circolare di raggio pari a quello di una superficie equivalente al fondo dell'ex Cava Viti.

$$q_{dr} = 1.3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0.6 \cdot \gamma \cdot r \cdot N_\gamma$$

dove :

$q_{dr}$  = carico di rottura

$c$  = coesione

$\gamma$  = peso di volume del terreno

$D$  = profondità della fondazione

$r$  = raggio della fondazione

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante

da cui:

$$q_a = \frac{q_{dr}}{3}$$

dove :

$q_a$  = carico ammissibile o portanza

$\varphi'=25^\circ$		Superficie fondo discarica ex Cava Viti=14500mq		
$c'=2.5t/mq$		Raggio sup. circolare equivalente		$\Rightarrow q_a=29kg/cm^2$
$\gamma=2.0t/mc$		$r=68m$		

Come si può osservare il valore della portanza è pari a circa 29kg/cm<sup>2</sup> e i relativi carichi di rottura, dal momento che nelle verifiche è stato utilizzato un coefficiente di sicurezza pari a 3, sono prossimi a 87kg/cm<sup>2</sup>.

E' quindi evidente che l'argilla costituente la barriera di confinamento è sicuramente in grado di sopportare le pressioni esercitate dai rifiuti conferiti, che non supereranno mai 1/3 del carico ammissibile, escludendo pertanto qualsiasi forma di rottura del terreno.

Inoltre, dall'inizio del conferimento dei rifiuti in discarica, la barriera di confinamento è stata sottoposta a pressioni crescenti nel tempo che, con l'espulsione dell'acqua interstiziale, ne hanno migliorato sicuramente le caratteristiche geotecniche, con relativo aumento della portanza e diminuzione della permeabilità.

### 1.1.3 Corpo dei rifiuti già abbancati fino a quota 20m s.l.m.

Per quanto riguarda la portanza del corpo dei rifiuti già abbancati all'interno dei vari lotti, in cui è suddivisa la discarica, si è proceduto nel seguente modo:

- individuazione delle caratteristiche geotecniche medie dei rifiuti già abbancati
- determinazione della superficie di ogni lotto
- determinazione della portanza dei rifiuti conferiti.

Le caratteristiche geotecniche medie sono state ricavate dalle analisi di laboratorio eseguite sui campioni di rifiuto prelevati, a varie profondità, durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo.

Data la presenza, all'interno di alcuni campioni, di materiale grossolano, i provini per le analisi di laboratorio sono stati ottenuti dalla frazione passante al setaccio di apertura 5mm, ricostituiti alle condizioni di massa volumica e contenuto d'acqua naturale medi.

Per la determinazione dei valori di resistenza, angolo di attrito interno e coesione in termini di tensioni efficaci ( $\varphi'$ ,  $c'$ ), sono state fatte eseguire prove di taglio diretto consolidate-drenate (CD).

Anche in questo caso la capacità portante dei rifiuti già abbancati è stata ricavata ipotizzando che su di essi agiscano le pressioni di una fondazione circolare di superficie equivalente a quella del lotto.

A questo punto sono stati introdotti nella formula di Terzaghi-Mayerhoff, di seguito riportata, i parametri geotecnici medi dei rifiuti presenti in ogni singolo lotto e la geometria di una fondazione circolare di raggio pari a quello di una superficie equivalente all'area di discarica in esame.

$$q_{dr} = 1.3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0.6 \cdot \gamma \cdot r \cdot N_\gamma$$

dove :

$q_{dr}$  = carico di rottura  
 $c$  = coesione  
 $\gamma$  = peso di volume del terreno  
 $D$  = profondità della fondazione  
 $r$  = raggio della fondazione  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante

da cui:

$$q_a = \frac{q_{dr}}{3}$$

dove :

$q_a$  = carico ammissibile o portanza

#### LOTTO B (rifiuto misto)

$\varphi'=38^\circ$		Superficie Lotto B=4520mq	
$c'=3.48\text{t/mq}$			$\Rightarrow q_a=72.0\text{kg/cmq}$
$\gamma=1.846\text{t/mc}$		Raggio sup. circolare equivalente $r=38\text{m}$	

#### LOTTO B (marmettola di marmo-resine)

$\varphi'=26^\circ$		Superficie Lotto B=5180mq	
$c'=2.55\text{t/mq}$			$\Rightarrow q_a=11.5\text{kg/cmq}$
$\gamma=1.890\text{t/mc}$		Raggio sup. circolare equivalente $r=40\text{ m}$	

#### LOTTO C (marmettola di marmo e granito)

$\varphi'=26^\circ$		Superficie Lotto C=6720mq	
$c'=2.10\text{t/mq}$			$\Rightarrow q_a=12.3\text{kg/cmq}$
$\gamma=1.93\text{t/mc}$		Raggio sup. circolare equivalente $r=46\text{m}$	

Come si può osservare dalle tabelle i valori della portanza dei terreni già abbancati in discarica sono sempre superiori a 11.5kg/cmq.

I relativi carichi di rottura, dal momento che nelle verifiche è stato utilizzato un coefficiente di sicurezza pari a 3, sono sempre superiori a 30kg/cmq.

E' quindi evidente che il materiale già presente in discarica fino alla quota di 20m s.l.m. è sicuramente in grado di sopportare le future pressioni esercitate dai nuovi rifiuti conferiti, che non supereranno mai la metà del carico ammissibile, escludendo qualsiasi forma di rottura del terreno.

Quanto detto è avvalorato dai risultati ottenuti dalle prove edometriche su tali materiali, che hanno evidenziato il miglioramento delle caratteristiche geotecniche con l'aumento delle pressioni indotte (vedi Relazione analitica e Relazione tecnica).

L'incremento di carico determina l'espulsione dell'acqua interstiziale con il relativo aumento della portanza e la diminuzione della permeabilità.

Anche l'**Indice di gruppo I.G.**, ricavato dalle analisi granulometriche, che qualifica il comportamento statico di un terreno, con portanza tanto maggiore quanto più basso è l'indice stesso, ha evidenziato valori sempre inferiori a 10.

Pertanto anche questo parametro indica che i rifiuti già abbancati fino a quota 20m s.l.m. hanno un buon comportamento statico e, quindi, una buona portanza.

#### 1.1.4 Barriera di confinamento da realizzare a quota 25m s.l.m.

Per la barriera di confinamento che sarà realizzata alla quota di 25m s.l.m., sopra i rifiuti già abbancati, a differenza di quella costruita sul fondo della discarica, non è previsto l'inserimento del telo bentonitico.

Nel calcolo, come nel caso precedente, la barriera di confinamento è stata considerata come costituita esclusivamente da argilla e i valori di resistenza al taglio quelli già utilizzati:

$$\varphi' = 25^\circ \quad c' = 0.25\text{kg/cmq}$$

La capacità portante dello strato di argilla è stata ricavata ipotizzando che su di essa agiscano le pressioni di una fondazione circolare di superficie equivalente a quella del Lotto B e del Lotto C, pari complessivamente a circa 16400mq.

A questo punto sono stati introdotti nella formula di Terzaghi-Mayerhoff, di seguito riportata, i parametri geotecnici medi dell'argilla utilizzata per la costruzione della barriera di confinamento e la geometria di una fondazione circolare di raggio pari a quello di una superficie equivalente all'area in esame.

$$q_{dr} = 1.3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0.6 \cdot \gamma \cdot r \cdot N_\gamma$$

dove :

$q_{dr}$  = carico di rottura  
 $c$  = coesione  
 $\gamma$  = peso di volume del terreno  
 $D$  = profondità della fondazione  
 $r$  = raggio della fondazione  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante

da cui:

$$q_a = \frac{q_{dr}}{3}$$

dove :

$q_a$  = carico ammissibile o portanza



$\varphi'=25^\circ$		Superficie lotto B + lotto C = 16400mq		
$c'=2.5\text{t/mq}$				$\Rightarrow q_a=21\text{kg/cmq}$
$\gamma=2.0\text{t/mc}$		Raggio sup. circolare equivalente $r = 72 \text{ m}$ circa		

Come si può osservare il valore della portanza è pari a circa 21kg/cmq e i relativi carichi di rottura, dal momento che nelle verifiche è stato utilizzato un coefficiente di sicurezza pari a 3, sono prossimi a 63kg/cmq.

E' quindi evidente che l'argilla costituente la nuova barriera di confinamento sarà sicuramente in grado di sopportare le pressioni esercitate dai rifiuti conferiti fino alla quota finale prevista, che non supereranno mai la metà del carico ammissibile, escludendo qualsiasi forma di rottura del terreno.

## 1.2 Valutazioni sul decorso degli assestamenti dei rifiuti nel tempo

Come già ricordato in precedenza, la coltivazione della discarica avverrà per sovrapposizione di strati successivi di rifiuti, che saranno soggetti ad un processo di consolidazione, dovuto sia al costipamento generato dal passaggio dei mezzi che, in seguito, dal peso degli strati sovrastanti.

Il progetto prevede che ogni 1 – 1.5 anni sia realizzato un innalzamento medio della discarica di circa 5m.

Prima di procedere al conferimento dei rifiuti in ogni "gradone", verrà steso uno strato drenante (vedi sezioni di progetto) che consentirà la dissipazione delle tensioni interstiziali e l'espulsione dell'acqua presente all'interno dei pori del rifiuto.

L'andamento delle prove edometriche ed il grado di consistenza riscontrato nei campioni di tutte le tipologie di rifiuto indagate, permettono di asserire che questi potranno essere soggetti, nelle successive fasi operative della discarica, a limitati assestamenti, sicuramente compatibili con l'attività in progetto.

Inoltre gli elevati valori dei coefficienti di consolidazione consentono di affermare che questi assestamenti si esauriranno durante la costruzione di ogni successivo gradone.

Infatti, all'aumentare degli incrementi di carico, gli strati sottostanti subiranno una compattazione tale da diminuire notevolmente il loro contenuto d'acqua naturale, il loro indice dei pori e, conseguentemente, anche la loro permeabilità.

Indicazioni a questo proposito erano state fornite dalle prove penetrometriche statiche che mostravano, all'aumentare del tempo di conferimento dei rifiuti, un notevole miglioramento delle caratteristiche geotecniche e di compressibilità.

Infatti, durante le prove, nei primi metri di rifiuto, le caratteristiche geotecniche apparivano quelle di un terreno poco consistente, mentre in profondità, dove è presente materiale già abbancato da più di un anno, la compattezza aumenta notevolmente, fino ad impedire la penetrazione della punta dello strumento.

Pertanto si può considerare che, nel momento in cui avverrà la prima fase del conferimento dei nuovi rifiuti, i materiali già abbancati fino alla quota di 20.0m s.l.m. avranno già raggiunto un elevato grado di compattazione e, quindi, potranno ancora subire solo limitati assestamenti.



Per verificare quanto detto, utilizzando i risultati delle prove edometriche eseguite sui rifiuti, sono state effettuate valutazioni sull'entità degli assestamenti che potranno verificarsi, sia sul materiale già abbancato in discarica che su quelli che saranno conferiti in futuro.

Dalle valutazioni del cedimento teorico emerge che, mediamente, ad ogni innalzamento successivo della discarica, che si esaurirà in 1-1.5 anni, si possono verificare assestamenti di circa 13cm.

Tali valori, se pur teorici, sono sicuramente accettabili per la discarica in oggetto, all'interno della quale saranno conferiti rifiuti che sono stati classificati, in base alla Carta di plasticità di Casagrande, come limi inorganici di bassa compressibilità.

Infatti gli assestamenti ipotizzati si esauriranno quasi totalmente entro il completamento di ogni singolo "gradone" dato che, in base ai risultati delle analisi granulometriche, i rifiuti che saranno conferiti nelle successive fasi operative della discarica risultano essere prevalentemente costituiti da sabbia e limo, con percentuali molto basse di argilla.

Inoltre, se consideriamo che i rifiuti verranno stesi sui vari gradoni con mezzi meccanici cingolati, tali assestamenti avverranno in tempi sicuramente inferiori rispetto a quelli teorici calcolati.

### 1.3 Coefficienti sismici da utilizzare nelle analisi di stabilità del corpo dei rifiuti e dei fronti rocciosi

Il Comune di Montignoso, con D.M. 19/03/1982, ai sensi e per gli effetti della L. n.64 del 02/02/1974, è stato dichiarato sismico con grado di sismicità  $S=9$  ed inserito in II Categoria.

Successivamente la Regione Toscana, con la Deliberazione n.94 del 12/02/1985, ha provveduto ad un'ulteriore suddivisione in tre classi dei comuni classificati in II categoria.

Il Comune di Montignoso è stato inserito in Classe 3, di cui fanno parte tutti i comuni che presentano  $I_{max} < 8.0$ ; per questa classe è stata considerata un'accelerazione convenzionale massima  $a_{max} = 0.20g$ .

La riclassificazione sismica del territorio nazionale, intervenuta a seguito dell'emanazione della O.P.C.M. n.3274 del 20 Marzo 2003, pubblicata sulla G.U. n.105 dell'8 Maggio 2003, e delle successive proroghe, ha definito il territorio del Comune di Montignoso Sismico di Zona 2.

Questa classificazione è stata convalidata in ambito regionale con la Del. G.R. n.604/2003, nella quale è confermata la zona 2 per tutta la Provincia di Massa Carrara; questo comporta che per essa sia considerata un'accelerazione orizzontale massima uguale a **0.25g**.

Successivamente una nuova ordinanza, O.P.C.M. n.3519 del 28 Aprile 2006, ha stabilito i nuovi criteri per l'individuazione delle zone sismiche in ambito nazionale.

La Regione Toscana, recependo tale indirizzo, con la Del. G.R. n. 431 del 19 giugno 2006, ha rivisto alcune classificazioni, facendo passare il Comune di Montignoso da una zona a sismicità superiore ad una inferiore.

In base a tali criteri è stata istituita una nuova zona, denominata 3S, nella quale è stato inserito anche il Comune di Montignoso.

In tale zona non è stato diminuito il livello di protezione precedente e le azioni sismiche da considerare sono quelle della zona 2.

Per rafforzare quanto stabilito per le zone 3S, la Regione ha promulgato la legge n. 24 del 21/06/2006, nella quale all'art. 1, comma 1, è esplicitamente evidenziato che i comuni interessati dal passaggio da una zona a sismicità superiore ad una minore, devono comunque applicare la normativa tecnica prescritta per quella a sismicità maggiore.

Con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, pubblicato sulla GU n.29 del 04/02/2008, sono state approvate le "*Norme tecniche per le costruzioni*" che recepiscono ed integrano le indicazioni contenute nell'O.P.C.M. n.3274 modificando l'approccio alla classificazione sismica del territorio.

Anche se il Comune di Pietrasanta è inserito in una zona a sismicità inferiore, a maggior garanzia nei calcoli sarà considerato tutto il sito di discarica come ricadente in zona 2.

La valutazione della "pericolosità sismica di base", intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A con  $V_{s30} > 800 \text{ m/sec}$ ), è adesso definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente" così come adottato dalle precedenti normative.

Per il generico sito in esame la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene infatti effettuata utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella Tabella 1 dell'Allegato B del D.M.).

Le forme spettrali sono definite in funzione dei seguenti tre parametri:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito
- $F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Relativamente al sito in esame nella seguente tabella sono riportati i parametri suddetti con i relativi periodi di ritorno, ricavati tramite media pesata rispetto ai quattro vertici del reticolo di riferimento all'interno del quale il sito si trova.

Valori dei parametri $a_g/g$ , $F_o$ , $T_c^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento			
$T_R$ [anni]	$a_g/g$	$F_o$	$T_c^*$ [s]
30	0,044	2,502	0,235
50	0,055	2,513	0,250
72	0,064	2,519	0,263
101	0,073	2,507	0,270
140	0,083	2,512	0,276
201	0,097	2,464	0,281
<b>475</b>	<b>0,135</b>	<b>2,412</b>	<b>0,291</b>
975	0,174	2,371	0,299
2475	0,232	2,393	0,315

Tabella 1

Utilizzando i valori sopra riportati si ricava lo spettro di risposta elastico in accelerazione valido per il sito in oggetto su suolo rigido (suolo di categoria A con  $V_{s30} > 800 \text{ m/sec}$ ).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale del sito in esame.

In assenza di analisi più dettagliate si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo del sito in oggetto.

Le categorie sono definite sulla base della velocità delle onde di taglio SH nei primi trenta metri di sottosuolo, che si calcola con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove

$h_i$  = spessore in metri dell'*i*-esimo strato compreso nei primi 30m di profondità

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio SH nell'*i*-esimo strato

Il sottosuolo naturale del sito di discarica, sul quale sono stati abbancati i rifiuti speciali non pericolosi, è costituito da calcare cavernoso che, in base ad indagini con sismica a rifrazione effettuate a breve distanza dal sito in esame, è caratterizzato da valori di  $V_s$  pari a 1600m/sec.

Relativamente al rifiuto, considerando molteplici indagini di sismica a rifrazione con onde SH, realizzate su terreni naturali aventi le stesse caratteristiche granulometriche, può essere assunta una velocità  $V_s$  maggiore di 400m/sec.

Per il sito di discarica in progetto si può pertanto ipotizzare, ai fini della definizione delle azioni sismiche, man mano che il rifiuto sarà abbancato sui gradoni, che la categoria di sottosuolo potrà passare gradatamente da "A" a "B":

**Categoria "A":** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800m/sec eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri.

**Categoria "B":** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 e 800m/sec (ovvero  $N_{spt30} > 50$ , nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

Cautelativamente, in ogni fase di realizzazione della discarica, potrà essere assunta quale categoria di sottosuolo la **B**.

Nello spettro di risposta di progetto le caratteristiche di sito sono introdotte tramite un coefficiente  $S$  che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:

$$S = S_S \times S_T$$

dove  $S_S$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica.

Il coefficiente  $S_S$  si può ricavare dalla seguente tabella che lo lega alla categoria di sottosuolo di riferimento.

Categoria di sottosuolo	$S_S$
A	1,00
B	$1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g / g$
C	$1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g / g$
D	$2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g / g$
E	$2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g / g$

Tabella 3.2.V, modificata, delle NTC

Relativamente al coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ , si può fare riferimento alla seguente tabella dove sono indicate le varie caratteristiche della superficie topografica che possono generare amplificazione sismica.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Coefficiente topografico $S_T$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0
<b>T2</b>	<b>Pendii con inclinazione media <math>i &gt; 15^\circ</math></b>	<b>1,2</b>
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,4

Tabella 3.2.IV delle NTC

Nel caso in oggetto, utilizzando un tempo di ritorno di 475 anni, il coefficiente stratigrafico  $S_S$  è uguale a 1.27, quello topografico  $S_T$  a 1.2, per cui il coefficiente  $S$  vale 1.52.

Nel § 7.11.3.5.2 delle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) vengono definite le modalità di esecuzione delle analisi di stabilità dei pendii, in condizioni sismiche, con metodi pseudostatici.

In questi metodi l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso ( $W$ ) del volume di terreno potenzialmente instabile.

Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W$$

$$F_v = k_v \times W$$

con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

dove  $\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

$g$  = accelerazione di gravità

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

$$a_{\max} = S \times a_g = S_s \times S_T \times a_g$$

Nel caso in esame, essendo la categoria di sottosuolo la B, dalla seguente tabella

	Categoria di sottosuolo	
	<b>A</b>	<b>B,C,D</b>
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

si ricava che  $\beta_s = 0.28$  e quindi:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.28 \times S_s \times S_T \times \frac{a_{\max}}{g} = 0.28 \times 1.52 \times 0.25 = 0.106$$

Nelle successive verifiche di stabilità del corpo dei rifiuti potrà pertanto essere utilizzato, quale coefficiente sismico orizzontale  $k_h=0.106$  e per quello verticale  $k_v=0.053$ .

Nei metodi pseudostatici generalmente si trascura la componente verticale dell'accelerazione sismica, in quanto di modesta entità e perché il suo effetto può essere anche nullo, considerato il fatto che nel corso di un evento sismico si hanno diversi picchi di segno opposto.

Nelle verifiche dei fronti rocciosi o di fondazioni profonde, attestate all'interno del calcare cavernoso, la categoria di sottosuolo da utilizzare sarà la "A" e i coefficiente sismici orizzontali e verticali pari rispettivamente a  $k_h=0.09$  e  $k_v=0.045$ .

#### 1.4 Valutazioni sulla stabilità del corpo dei rifiuti

Sulla base di una sezione topografica di progetto, passante per il sito di scarica, fornita dal Progettista, sono state eseguite ipotesi di verifica della stabilità del corpo dei rifiuti, tenendo conto delle sollecitazioni sismiche, utilizzando il metodo proposto da Bishop semplificato, inserendo i parametri geometrici e geotecnici del terreno, ricavati dalle analisi di laboratorio delle miscele di rifiuto che saranno conferite nelle varie fasi di gestione, in un programma per le verifiche di stabilità di pendii in terra denominato "SOILS WIN".

Le verifiche eseguite sono estremamente cautelative in quanto nelle ipotesi non è stato considerato che, fra un gradone e l'altro del corpo dei rifiuti, verranno realizzati strati drenanti, per consentire una veloce dissipazione delle sovrappressioni interstiziali, e nel paramento esterno dei gradoni saranno inserite "geogriglie" che ne aumenteranno sensibilmente la resistenza al taglio.

Per tener conto delle opere che saranno eseguite (regimazione idraulica con drenaggi su ogni gradone e rinforzi con geogriglie) si rimanda alle verifiche di stabilità effettuate dall'Ing. Gardenato nella sua relazione integrativa.

Nonostante nei calcoli siano stati utilizzati i valori più bassi di resistenza al taglio della miscela di rifiuto ( $\phi' = 35^\circ$  e  $c' = 0.23 \text{ kg/cm}^2$ ) e un coefficiente di intensità sismica riferito alla categoria di sottosuolo B, in zona con accelerazione massima al sito di  $0.25g$ , i coefficienti di stabilità minimi ricavati sono risultati sempre superiori a quello minimo previsto dal D.M.11/03/1988 ( $F_s=1.3$ ).

Infine, se consideriamo che questi rifiuti saranno sottoposti a carichi crescenti, in funzione della sovrapposizione dei vari strati durante le fasi di gestione della discarica, vi sarà un miglioramento delle loro caratteristiche geotecniche, come d'altronde emerso dalle prove edometriche sui vari campioni analizzati, e il valore del coefficiente di sicurezza non potrà subire diminuzioni ma, anzi, aumenterà nel tempo.

## **2. VALUTAZIONI DEI CARICHI IDRICI RACCOLTI DALLA DISCARICA E SULLE MODALITÀ DEL LORO SMALTIMENTO**

A monte dell'area di discarica la società PAL, proprietaria dei terreni sui quali è in atto un Piano di Ripristino Ambientale, ha previsto la realizzazione di opere idrauliche che consentiranno di intercettare le acque meteoriche di ruscellamento superficiale e di farle infiltrare, tramite trincee drenanti soffolte, all'interno del substrato roccioso.

Attualmente queste opere idrauliche non sono ancora terminate e le acque, in parte, giungono all'interno di un "fosso di guardia" presente a monte del tratto di viabilità sterrata che conduce alla sommità della discarica.

Questo fosso, scavato quasi interamente nel calcare cavernoso, consente l'infiltrazione di buona parte dell'acqua che vi scorre all'interno.

Per intercettare i quantitativi d'acqua residui che giungono al termine del fosso è prevista, in corrispondenza della viabilità a quota 67.0m s.l.m., la realizzazione di una grossa vasca drenante che avrà il fondo completamente in roccia.

I volumi residui, che saranno temporaneamente stoccati in questo invaso artificiale, tenderanno ad infiltrarsi naturalmente.

Le acque di pioggia, che cadono sui fronti di scavo della vecchia cava di inerti, continueranno ad infiltrarsi nel sottosuolo, andando ad alimentare la rete idrica sotterranea.

Le acque che cadono nel piazzale, e nel primo tratto di viabilità a valle della griglia presente sulla strada di arroccamento, continueranno ad essere raccolte e smaltite insieme al percolato.

Le piogge che cadono sul corpo dei rifiuti sono raccolte all'interno della vasca del percolato e sono prelevate e smaltite, insieme ad esso, in discarica controllata da ditte autorizzate.

Di conseguenza, attualmente, le uniche acque che vengono fatte confluire all'interno della Fossa Fiorentina, in ritardo rispetto ai picchi di piena, sono quelle intercettate dal tratto di strada di arroccamento, compreso tra la nuova vasca di raccolta e la griglia a tutta strada collegata allo scatolare in c.a. che fa confluire le acque all'interno della galleria e, quindi, nella vasca di raccolta terminale.

In seguito, nel corso delle varie fasi della coltivazione della discarica il quantitativo di acque meteoriche da smaltire tenderà via via ad aumentare, con valori massimi al termine delle fasi operative.

Le minime quantità di acque meteoriche, che saranno intercettate dal paramento esterno dei primi gradoni, potranno essere stoccate all'interno della volumetria d'accumulo già realizzata nella zona compresa fra le Rupi di Porta e la Via Aurelia.

Con l'aumento della superficie del paramento esterno della discarica, le acque da invasare nella volumetria d'accumulo aumenteranno per cui, in questo paragrafo, verranno analizzate le modalità di smaltimento e gli accorgimenti necessari per non incrementare i picchi di piena della Fossa Fiorentina.

Per raggiungere tale obiettivo si è tenuto conto degli studi effettuati per il progetto esecutivo della sistemazione idraulica della Fossa Fiorentina, con particolare riferimento all'ietogramma della pioggia critica utilizzata e all'idrogramma di piena della portata duecentennale.

Lo ietogramma di progetto, utilizzato per il calcolo della portata della Fossa Fiorentina e per valutare il carico idrico proveniente dall'area di discarica, è stato costruito considerando una pioggia critica della durata di due ore, con un passo temporale di 10 minuti.



Il modello utilizzato è quello tipo CHICAGO che presenta un picco di pioggia centrale fortemente pronunciato.

Dall'idrogramma risulta che il tempo di ritardo (tempo che intercorre tra il picco di pioggia ed il picco di piena della Fossa Fiorentina) è di circa 0.386 ore, corrispondente a circa 23 minuti.

Nella seguente tabella sono state riportate, con passo temporale di 10 minuti, le portate relative all'idrogramma di piena.

Tempo (minuti)	Portata Fossa Fiorentina (mc/sec)
0-10	0.000
10-20	0.000
20-30	0.000
30-40	0.030
40-50	0.380
50-60	2.270
60-70	6.150
70-80	9.580
80-90	<b>11.260</b>
90-100	10.960
100-110	9.170
110-120	6.940
120-130	4.970
130-140	3.330

Per la scarica, invece, data l'estrema vicinanza tra il sito e la vasca di raccolta, in cui dovranno essere "laminati" i carichi idrici previsti, possiamo considerare probabile un tempo di ritardo di pochi minuti.

Tra il picco di piena della Fossa Fiorentina e quello dall'area di scarica, durante la stessa precipitazione critica, esiste uno sfasamento di circa 20 minuti.

Le acque meteoriche intercettate all'interno del sito di scarica potranno essere immesse nella Fossa Fiorentina soltanto se queste non aumenteranno il suo picco di piena.

Per ricostruire l'idrogramma di piena dell'area di scarica, non potendo essere assimilata ad un vero e proprio bacino idrografico, i carichi idrici nel tempo sono stati valutati in funzione dei millimetri di pioggia che cadono in ogni intervallo temporale considerato.

### Discarica al termine della I° Fase

**Area del paramento esterno = 5720mq**

L'area scolante che convoglierà le acque all'interno della volumetria d'accumulo presente esternamente all'area di discarica può essere schematicamente suddivisa in due parti:

- il tratto di strada di arroccamento, compreso tra la griglia di quota 32m s.l.m. ed il piazzale di quota 67.0m s.l.m.;
- la superficie del paramento esterno della discarica al termine della prima fase.

Come ricordato in precedenza le acque intercettate dalla parte alta della strada di arroccamento, dalla quota di 112 fino a circa 67.0m s.l.m., verranno immesse, insieme a quelle del fosso di guardia, all'interno della vasca drenante da realizzare nel piazzale, e non andranno ad aumentare i carichi idrici da smaltire.

Le acque intercettate dalla parte restante della viabilità, invece, verranno immesse all'interno della volumetria d'accumulo già presente esternamente alla discarica.

Questo tratto di viabilità presenta il fondo in cemento ed è provvista di due cordoli laterali che fanno confluire le acque meteoriche all'interno di una griglia a tutta strada presente alla quota di circa 32m s.l.m.

In futuro, per facilitare la raccolta delle acque, è prevista anche la realizzazione di una seconda griglia (vedi Tavole di progetto).

Essendo la viabilità è completamente impermeabilizzata possiamo considerare che tutte le acque da essa intercettate giungano all'interno della volumetria d'accumulo.

Questo tratto di viabilità occupa un'area di circa **870 metri quadrati**.

Per quanto riguarda la superficie della discarica risulta che i rifiuti, nella fase di ripristino ambientale, saranno ricoperti da uno spessore di terreno vegetale di circa 1m.

Dato che in questa fase dovranno essere messe a dimora specie vegetali tipiche dei luoghi, il terreno che verrà sistemato dovrà essere in grado di assorbire e contenere quantitativi d'acqua per favorire la crescita delle essenze impiantate.

Questa copertura inoltre servirà anche come serbatoio temporaneo delle acque di pioggia.

Infatti le modalità costruttive della discarica, che prevedono la realizzazione di gradoni con pendenza contro monte e un leggero cordolo verso valle, consentiranno alle acque meteoriche, prima di essere raccolte nel sistema di drenaggio posto alla base di ogni scarpata delle terrazze, di ristagnare temporaneamente sugli stessi, diminuendo notevolmente la velocità e quindi il tempo di arrivo nella volumetria d'accumulo.

Queste, infatti, una volta infiltrate, incontreranno la copertura impermeabile e cominceranno a scorrere verso il sistema di drenaggio previsto, in modo diffuso su tutta l'area di discarica, per poi confluire nei pozzetti di raccolta e da questi, tramite canali di deflusso delle acque superficiali, nella volumetria d'accumulo appositamente predisposta.

Le acque immagazzinate, in questo modo, arriveranno alla volumetria d'accumulo in un tempo molto più lungo di quelle che ruscellano superficialmente, quindi il loro volume può essere trascurato nel calcolo delle portate da invasare durante la fase critica dell'evento duecentennale.

Di tutta la pioggia caduta possiamo comunque considerare, in modo estremamente cautelativo, che solo il 30% venga immagazzinata nel terreno e restituita in ritardo.

Nella seguente tabella sono riassunti, in ogni intervallo temporale di 10 minuti:

- i carichi idrici dovuti rispettivamente al tratto impermeabilizzato della strada di arroccamento
- i carichi idrici dovuti all'area di discarica, dalla quale è stato detratto il 30% delle precipitazioni trattenute temporaneamente dalle coperture e dai gradoni
- i carichi idrici totali, dovuti alla strada di arroccamento e all'area di discarica.

Come si può osservare dalle tavole di progetto, nella prima fase, l'area complessiva occupata dal paramento esterno sarà di circa **5720 metri quadrati**.

Tempo	Altezza di pioggia	Carico idrico strada di arroccamento	Altezza di pioggia ridotta del 30%	Carico idrico area di discarica 1° fase	Carico idrico totale
		<b>Area = 870mq</b>		<b>Area = 5720mq</b>	
(minuti)	(mm)	(mc/sec)	(mm)	(mc/sec)	(mc/sec)
0-10	2.53	0.0037	1.771	0.0169	0.0206
10-20	3.15	0.0046	2.205	0.0210	0.0256
20-30	3.85	0.0056	2.695	0.0257	0.0313
30-40	11.08	0.0161	7.756	0.0739	0.0900
40-50	14.51	0.0210	10.157	0.0968	0.1179
50-60	30.41	0.0441	21.287	0.2029	0.2470
60-70	16.39	0.0238	11.473	0.1094	0.1331
70-80	12.85	0.0186	8.995	0.0858	0.1044
80-90	10.98	0.0159	7.686	0.0733	0.0892
90-100	3.26	0.0047	2.282	0.0218	0.0265
100-110	2.90	0.0042	2.030	0.0194	0.0236
110-120	2.51	0.0036	1.757	0.0169	0.0204

Nella valutazione delle modalità di sovrapposizione dell'idrogramma di piena della Fossa Fiorentina con quello dell'area di discarica è stato cautelativamente considerato, per quest'ultimo, un tempo di ritardo di 10 minuti per cui i valori di carico idrico sopra tabellati sono stati scalati verso il basso.

Nella seguente tabella la portata totale è stata ottenuta dalla somma tra quella della Fossa Fiorentina e la quantità di acque meteoriche provenienti dalla discarica.

L'esame dei valori ottenuti permette di verificare quando l'immissione delle acque all'interno della Fossa Fiorentina può interferire con il suo picco di piena.

Tempo	Portata Fossa Fiorentina	Carico idrico scarica	Portata totale presunta
(minuti)	(mc/sec)	(mc/sec)	(mc/sec)
0-10	0.000	0.0000	0.0000
10-20	0.000	0.0206	0.0206
20-30	0.000	0.0256	0.0256
30-40	0.030	0.0313	0.0613
40-50	0.380	0.0900	0.4700
50-60	2.270	0.1179	2.3879
60-70	6.150	0.2470	6.3970
70-80	9.580	0.1331	9.7131
80-90	<b>11.260</b>	0.1044	<b>11.3644</b>
90-100	10.960	0.0892	11.0492
100-110	9.170	0.0265	9.1965
110-120	6.940	0.0236	6.9636
120-130	4.970	0.0204	4.9904
130-140	3.330	0.0000	3.3300

Le portate sopra tabellate, correlate con i vari tempi, corrispondono ai volumi d'acqua da invasare.

Nella seguente tabella sono riportati i volumi corrispondenti a ciascun intervallo temporale considerato.

Tempo	Carico idrico totale scarica	Volume da immagazzinare
(minuti)	(mc/sec)	(mc)
0-10	0.0000	0.00
10-20	0.0206	12.33
20-30	0.0256	15.35
30-40	0.0313	18.76
40-50	0.0900	54.00
50-60	0.1179	70.72
60-70	0.2470	148.22
70-80	0.1331	79.88
80-90	0.1044	<b>62.63</b>
90-100	0.0892	53.52
100-110	0.0265	15.89
110-120	0.0236	14.13
120-130	0.0204	12.23
<b>VOLUME TOTALE</b>		<b>557.68mc</b>

Per non incrementare il picco di piena nella Fossa Fiorentina, sarebbe sufficiente immagazzinare i volumi corrispondenti ai dieci minuti compresi nell'intervallo temporale 80-90 minuti, evidenziati in rosso nella tabella, pari a **62.63** metri cubi.

Tuttavia, per operare in condizioni di massima sicurezza, lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dal sito di scarica, sarà effettuato nel seguente modo:

- 1) realizzazione di una volumetria d'accumulo in grado di contenere **tutti** i volumi d'acqua previsti.

- 2) immissione all'interno della Fossa Fiorentina, in ritardo rispetto ai picchi di piena, tramite un dispositivo a svuotamento lento, di una minima quantità d'acqua che nel frattempo sarà invasata all'interno della volumetria d'accumulo.

Il volume totale da invasare al termine della prima fase, durante l'evento duecentennale, risulta pari a circa 557.68mc.; pertanto sarà necessario dimensionare la vasca attualmente esistente a contenere questo volume.

Le acque accumulate potranno essere smaltite, in ritardo rispetto al picco di piena, all'interno della Fossa Fiorentina, tramite un dispositivo a svuotamento lento già esistente nell'attuale volumetria d'accumulo.

Nella planimetria della nuova **Tav.7a** viene riportata l'ubicazione della vasca di accumulo che verrà utilizzata per invasare i volumi d'acqua previsti.

### Discarica al termine della II° Fase

#### **Area del paramento esterno = 25450mq**

Nella seguente tabella sono riassunti, in ogni intervallo temporale di 10 minuti:

- i carichi idrici dovuti rispettivamente al tratto impermeabilizzato della strada di arroccamento
- i carichi idrici dovuti all'area di discarica, dalla quale è stato detratto il 30% delle precipitazioni trattenute temporaneamente dalle coperture e dai gradoni
- i carichi idrici totali, dovuti alla strada di arroccamento e all'area di discarica.

Come si può osservare dalle tavole di progetto, nella seconda fase, l'area complessiva occupata dal paramento esterno sarà di circa **25450 metri quadrati**.

Tempo	Altezza di pioggia	Carico idrico strada di arroccamento	Altezza di pioggia ridotta del 30%	Carico idrico area di discarica I° fase	Carico idrico totale
		<b>Area = 870mq</b>		<b>Area = 25450mq</b>	
(minuti)	(mm)	(mc/sec)	(mm)	(mc/sec)	(mc/sec)
0-10	2.53	0.0037	1.771	0.0751	0.0788
10-20	3.15	0.0046	2.205	0.0935	0.0981
20-30	3.85	0.0056	2.695	0.1143	0.1199
30-40	11.08	0.0161	7.756	0.3290	0.3450
40-50	14.51	0.0210	10.157	0.4308	0.4519
50-60	30.41	0.0441	21.287	0.9209	0.9470
60-70	16.39	0.0238	11.473	0.4866	0.5104
70-80	12.85	0.0186	8.995	0.3815	0.4002
80-90	10.98	0.0159	7.686	0.3260	0.3419
90-100	3.26	0.0047	2.282	0.0968	0.1015
100-110	2.90	0.0042	2.030	0.0861	0.0903
110-120	2.51	0.0036	1.757	0.0745	0.0782

Anche in questo caso per l'idrogramma di piena della discarica è stato considerato un tempo di ritardo di 10 minuti per cui i valori di carico idrico sono stati scalati verso il basso.

Nella seguente tabella la portata totale è stata ottenuta dalla somma tra quella della Fossa Fiorentina e la quantità di acque meteoriche provenienti dalla discarica.

L'esame dei valori ottenuti permette di verificare quando l'immissione delle acque all'interno della Fossa Fiorentina può interferire con il suo picco di piena.

Tempo	Portata Fossa Fiorentina	Carico idrico scarica	Portata totale presunta
(minuti)	(mc/sec)	(mc/sec)	(mc/sec)
0-10	0.000	0.0000	0.0000
10-20	0.000	0.0788	0.0788
20-30	0.000	0.0981	0.0981
30-40	0.030	0.1199	0.1499
40-50	0.380	0.3450	0.7250
50-60	2.270	0.4519	2.7219
60-70	6.150	0.9470	7.0970
70-80	9.580	0.5104	10.094
80-90	<b>11.260</b>	0.4002	<b>11.6602</b>
90-100	10.960	0.3419	<b>11.3019</b>
100-110	9.170	0.1015	9.2715
110-120	6.940	0.0903	7.0303
120-130	4.970	0.0782	5.0482
130-140	3.330	0.0000	3.3300

Nella seguente tabella sono quantificati questi volumi.

Tempo	Carico idrico totale scarica	Volume da immagazzinare
(minuti)	(mc/sec)	(mc)
0-10	0.0000	0.00
10-20	0.0788	47.27
20-30	0.0981	58.86
30-40	0.1199	71.94
40-50	0.3450	207.03
50-60	0.4519	271.12
60-70	0.9470	568.21
70-80	0.5104	306.25
80-90	0.4002	<b>240.10</b>
90-100	0.3419	<b>205.16</b>
100-110	0.1015	60.91
110-120	0.0903	54.19
120-130	0.0782	46.90
<b>VOLUME TOTALE</b>		<b>2137.94mc</b>

Per non incrementare il picco di piena nella Fossa Fiorentina, sarebbe sufficiente immagazzinare i volumi corrispondenti ai venti minuti compresi nell'intervallo temporale 80-100 minuti, evidenziati in rosso nella tabella, pari a **445.27** metri cubi.

Tuttavia, per operare in condizioni di massima sicurezza, lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dal sito di scarica, sarà effettuato nel seguente modo:

- 1) realizzazione di una volumetria d'accumulo in grado di contenere **tutti** i volumi d'acqua previsti.
- 2) immissione all'interno della Fossa Fiorentina, in ritardo rispetto ai picchi di piena, tramite un dispositivo a svuotamento lento, di una minima quantità d'acqua che nel frattempo sarà invasata all'interno della volumetria d'accumulo.

Il volume totale da invasare al termine della seconda fase, durante l'evento duecentennale, risulta pari a circa **2137.94** metri cubi.

Per contenere questi volumi sarà ampliata la superficie esistente sfruttando tutto lo spazio a disposizione fino in prossimità della strada di accesso.

In questo modo si otterrà una superficie complessiva di circa 865mq.

Le acque accumulate potranno essere smaltite, in ritardo rispetto al picco di piena, all'interno della Fossa Fiorentina, tramite un dispositivo a svuotamento lento già esistente nell'attuale volumetria d'accumulo.

Nella planimetria della nuova **Tav.7b** viene riportata l'ubicazione della vasca di accumulo che verrà utilizzata per invasare i volumi d'acqua previsti.

### **Discarica al termine dei lavori**

#### **Area complessiva compresi i piazzali = 58650mq**

Nella seguente tabella sono riassunti, in ogni intervallo temporale di 10 minuti:

- i carichi idrici dovuti rispettivamente al tratto impermeabilizzato della strada di arroccamento
- i carichi idrici dovuti all'area di discarica, dalla quale è stato detratto il 30% delle precipitazioni trattenute temporaneamente dalle coperture e dai gradoni
- i carichi idrici totali, dovuti alla strada di arroccamento e all'area di discarica.

In realtà nella fase finale il computo dei volumi d'acqua da immagazzinare nella volumetria d'accumulo esterna è ancora più cautelativo in quanto la bassa pendenza dei gradoni posti nella parte sommitale favoriranno una maggiore infiltrazione delle acque meteoriche.

Come si può osservare dalle tavole di progetto, al termine dei lavori l'area complessiva occupata dalla discarica sarà di circa **58650 metri quadrati**.

Tempo	Altezza di pioggia	Carico idrico strada di arroccamento	Altezza di pioggia ridotta del 30%	Carico idrico area di discarica 1° fase	Carico idrico totale
		<b>Area = 870mq</b>		<b>Area = 58650mq</b>	
(minuti)	(mm)	(mc/sec)	(mm)	(mc/sec)	(mc/sec)
0-10	2.53	0.0037	1.771	0.1731	0.1768
10-20	3.15	0.0046	2.205	0.2155	0.2201
20-30	3.85	0.0056	2.695	0.2634	0.2690
30-40	11.08	0.0160	7.756	0.7581	0.7742
40-50	14.51	0.0210	10.157	0.9928	1.0139
50-60	30.41	0.0441	21.287	2.0808	2.1249
60-70	16.39	0.0238	11.473	1.1215	1.1453
70-80	12.85	0.0186	8.995	0.8793	0.8979
80-90	10.98	0.0159	7.686	0.7513	0.7672
90-100	3.26	0.0047	2.282	0.2231	0.2278
100-110	2.90	0.0042	2.030	0.1984	0.2026
110-120	2.51	0.0036	1.757	0.1717	0.1754

Nella seguente tabella la portata totale è stata ottenuta dalla somma tra quella della Fossa Fiorentina e la quantità di acque meteoriche provenienti dalla discarica.

L'esame dei valori ottenuti permette di verificare quando l'immissione delle acque all'interno della Fossa Fiorentina può interferire con il suo picco di piena.



Tempo	Portata Fossa Fiorentina	Carico idrico scarica	Portata totale presunta
(minuti)	(mc/sec)	(mc/sec)	(mc/sec)
0-10	0.000	0.0000	0.0000
10-20	0.000	0.1768	0.1768
20-30	0.000	0.2201	0.2201
30-40	0.030	0.2690	0.2990
40-50	0.380	0.7742	1.1542
50-60	2.270	1.0139	3.2839
60-70	6.150	2.1249	8.2749
70-80	9.580	1.1453	10.7253
80-90	<b>11.260</b>	0.8979	<b>12.1579</b>
90-100	10.960	0.7672	<b>11.7272</b>
100-110	9.170	0.2278	9.3978
110-120	6.940	0.2026	7.1426
120-130	4.970	0.1754	5.1417
130-140	3.330	0.0000	3.3300

Nella seguente tabella sono quantificati questi volumi.

Tempo	Carico idrico totale scarica	Volume da immagazzinare
(minuti)	(mc/sec)	(mc)
0-10	0.0000	0.00
10-20	0.1768	106.07
20-30	0.2201	132.06
30-40	0.2690	161.41
40-50	0.7742	464.53
50-60	1.0139	608.33
60-70	2.1249	1274.94
70-80	1.1453	687.15
80-90	0.8979	<b>538.74</b>
90-100	0.7672	<b>460.34</b>
100-110	0.2278	136.68
110-120	0.2026	121.58
120-130	0.1754	105.23
VOLUME TOTALE		<b>4797.06mc</b>

Per non incrementare il picco di piena nella Fossa Fiorentina, sarebbe sufficiente immagazzinare i volumi corrispondenti ai venti minuti compresi nell'intervallo temporale 80-100 minuti, evidenziati in rosso nelle tabelle, pari a **999.08** metri cubi.

Tuttavia, per operare in condizioni di massima sicurezza, lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dal sito di scarica, sarà effettuato nel seguente modo:

- 1) realizzazione di una volumetrie d'accumulo in grado di contenere **tutti** i volumi d'acqua previsti
- 2) immissione all'interno della Fossa Fiorentina, in ritardo rispetto ai picchi di piena, tramite un dispositivo a svuotamento lento, di una minima quantità d'acqua che nel frattempo sarà invasata all'interno della volumetria d'accumulo.

Il volume totale da invasare al termine dei lavori di ultimazione della discarica, durante l'evento duecentennale, risulta pari a circa **4797.06** metri cubi.

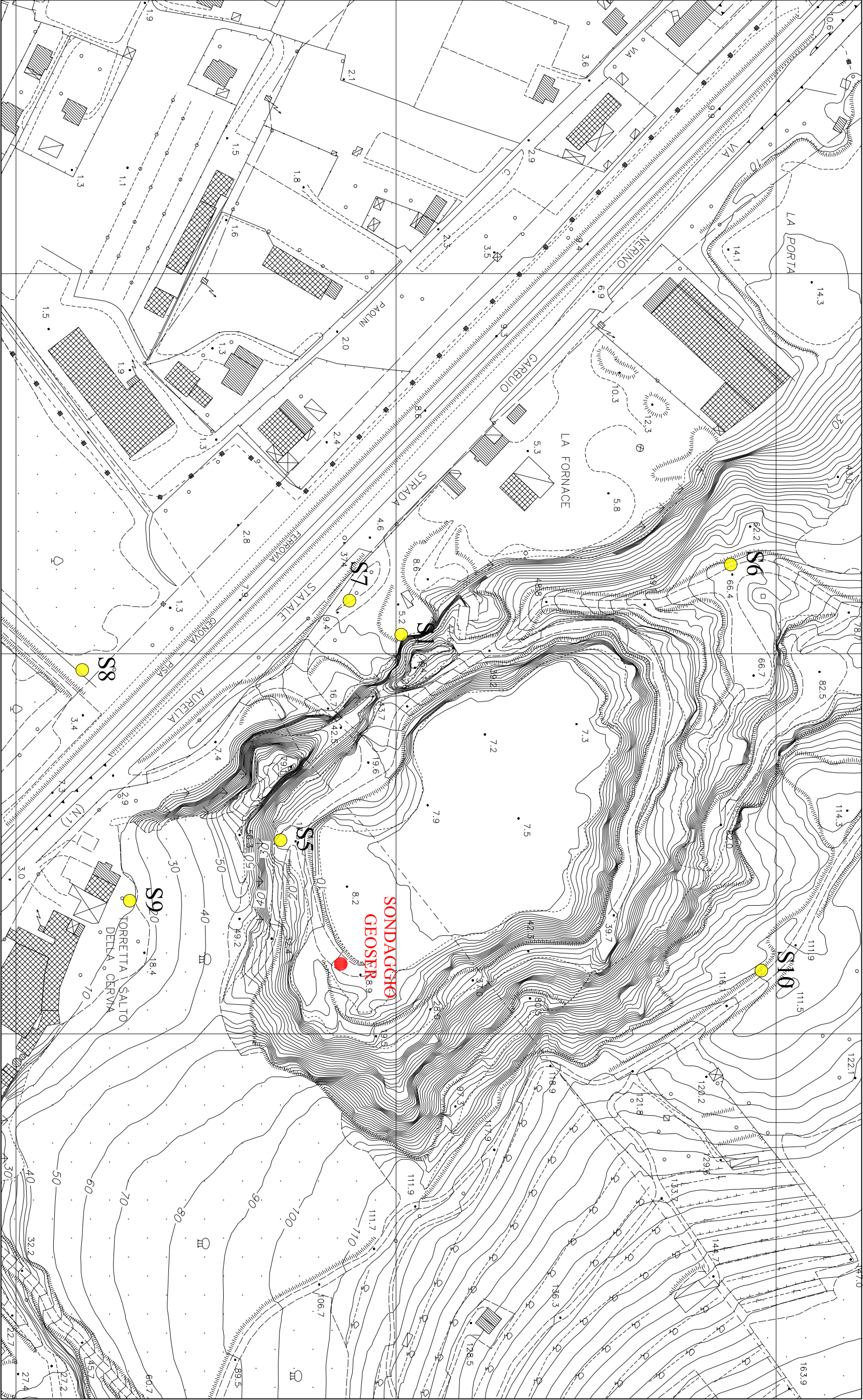
Per contenere questi volumi d'acqua sarà potenziata la vasca esterna ed eliminata quella prevista, nel Progetto di Variante, all'interno del sito di discarica, nella zona dove è posizionata attualmente la pesa.

Nella planimetria della nuova **Tav.7c** viene riportata l'ubicazione della vasca d'accumulo che verrà utilizzata per invasare i volumi d'acqua previsti.

Massa, 03/04/2009

Dott. Geol. Carlo Alberto Turba

UBICAZIONE DEI SONDAGGI ESEGUITI PRECEDENTEMENTE



Località: PORTA-EX CAVA FORNACE

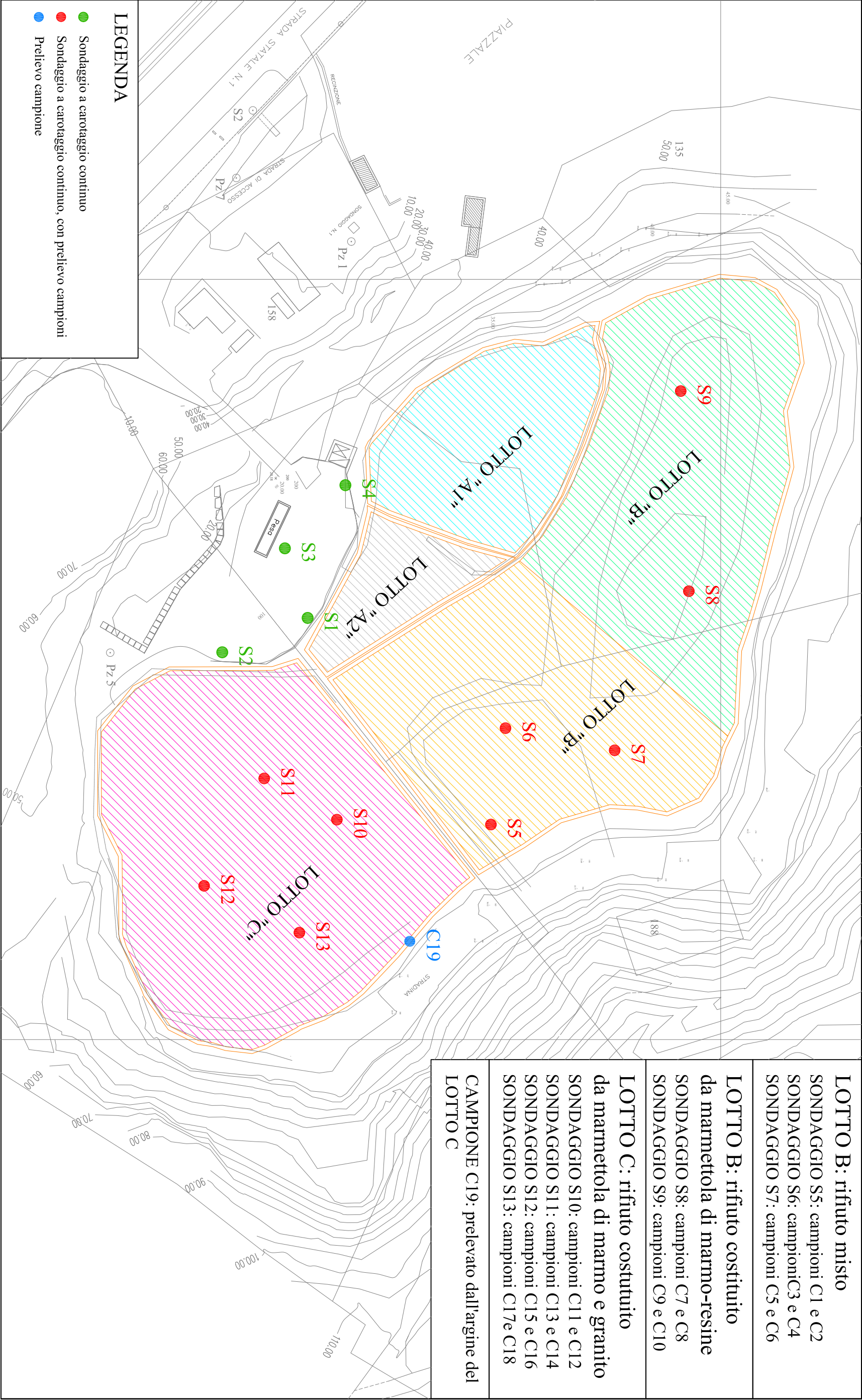


Scala 1:2.000

Tavola n. 1



UBICAZIONE DEI SONDAGGI E DEI PUNTI DI PRELIEVO DEI CAMPIONI DI RIFIUTO



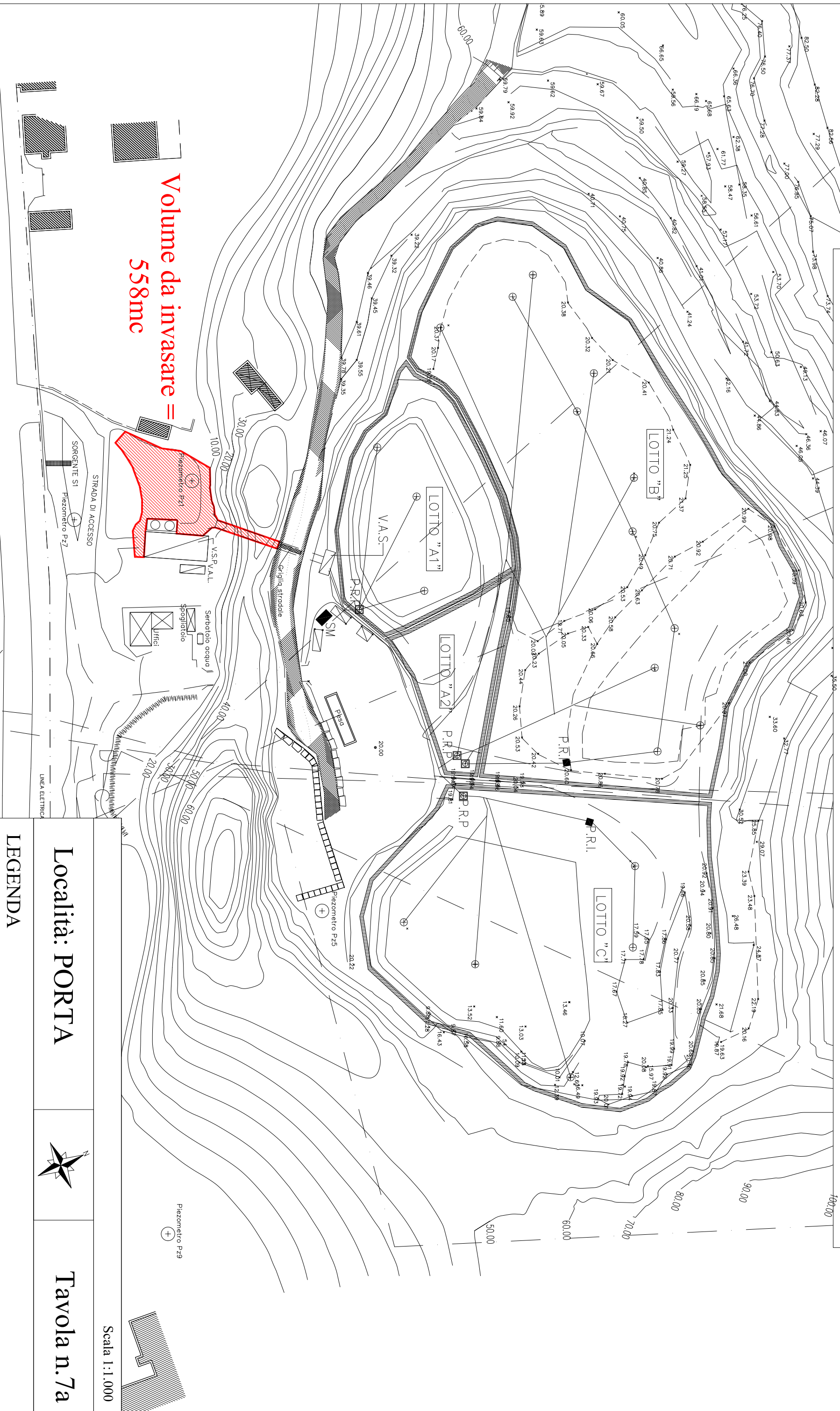
Località: PORTA-EX CAVA FORNACE



Scala 1:1.000

Tavola n.2

# UBICAZIONE VOLUMETRIA D'ACCUMULO



Volume da invasare =  
558mc

Località: PORTA

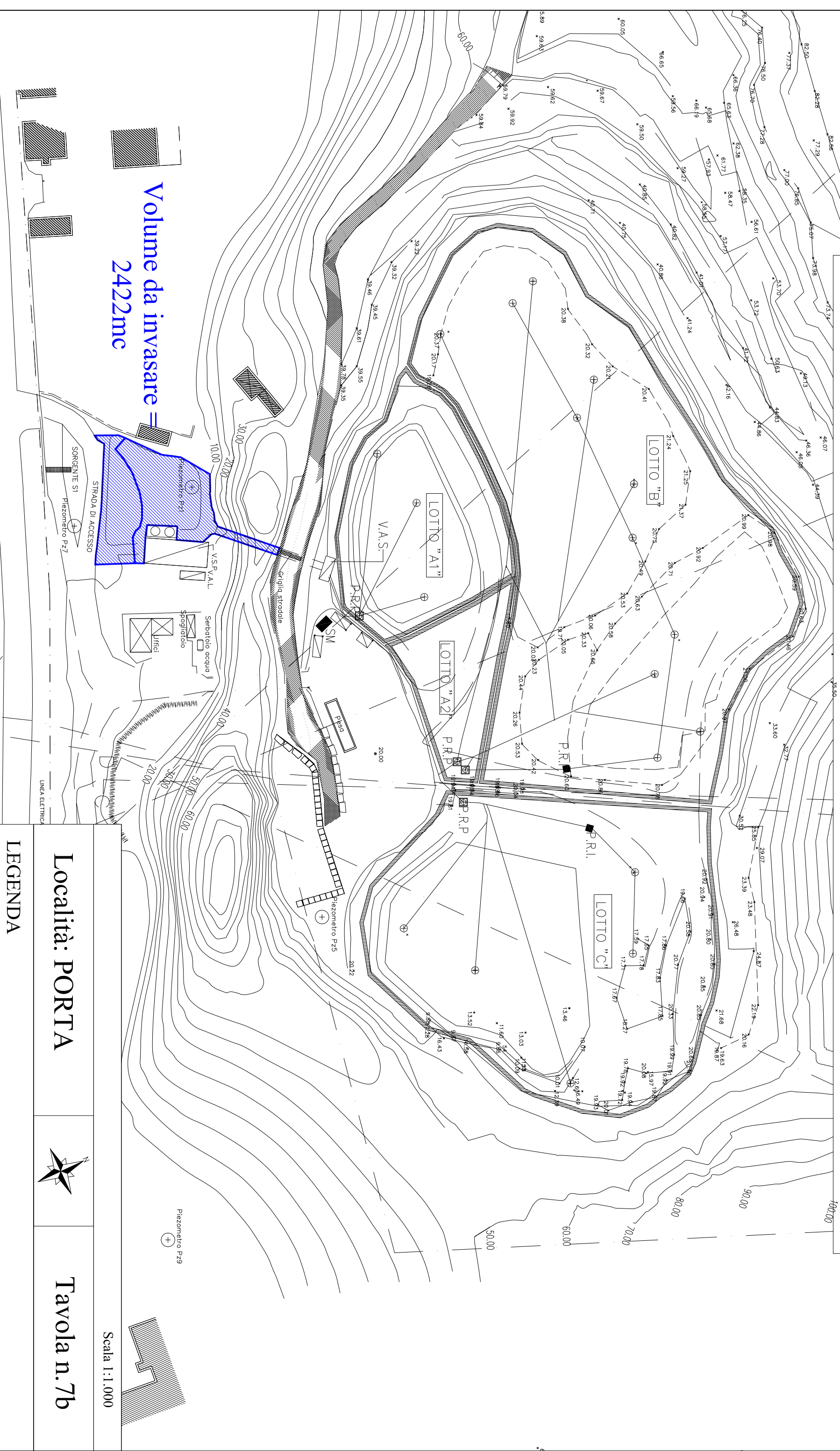
Tavola n.7a

## LEGENDA

 Vasca di accumulo necessaria per invasare i volumi d'acqua previsti al termine della I° fase



# UBICAZIONE VOLUMETRIA D'ACCUMULO



Volume da inva  
2422mc

Scala 1:1.000

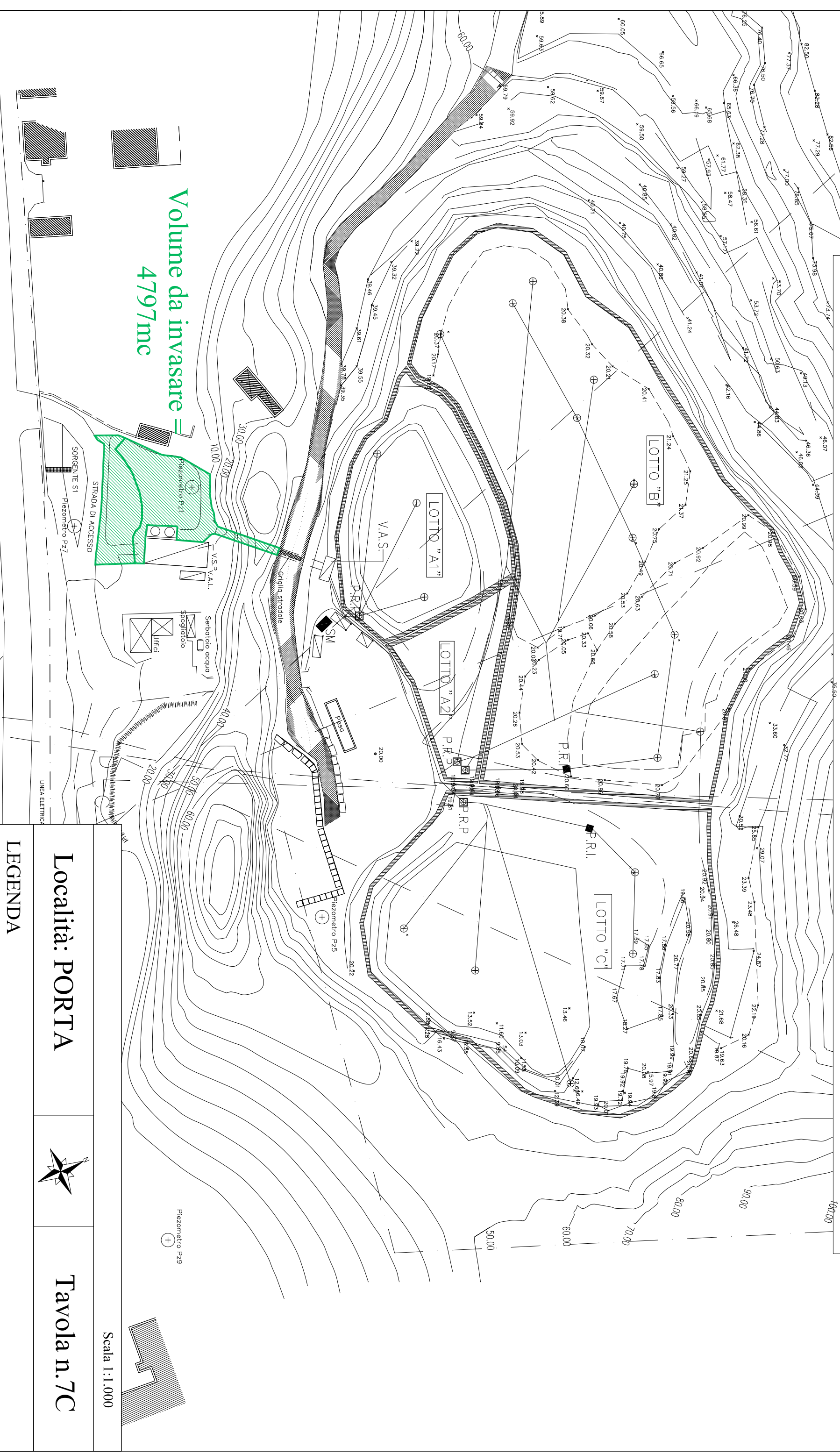
Località: PORTA

Tavola n.7b	
-------------	---

## LEGENDA

Vasca di accumulo necessaria per invasare i volumi d'acqua previsti al termine della II<sup>o</sup> fase

# UBICAZIONE VOLUMETRIA D'ACCUMULO



Volume da invia  
4797mc

Scala 1:1.000

Località: PORTA

Tavola n. 7C	
--------------	--

## LEGENDA

Vasca di accumulo necessaria per invasare i volumi d'acqua previsti al termine della III° fase