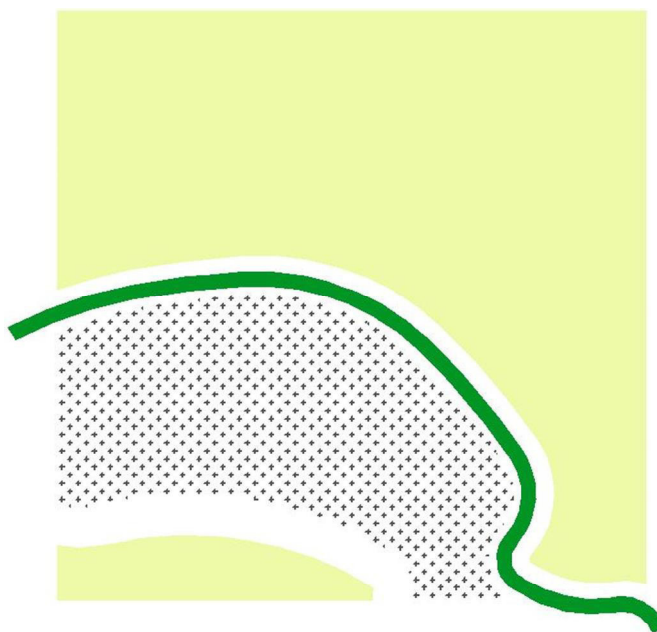




Comune di Palermo
Area dei Servizi alla Città
Servizio Ambiente
Mare e Coste



PO FESR Sicilia 2014-2020 - Asse 6 - Azione 6.2.1
“Bonifica di aree inquinate secondo le priorità previste dal Piano regionale di bonifica”

Messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Progetto di fattibilità

Novembre 2018

RELAZIONE GEOTECNICA

Il Sindaco: Prof.On. Leoluca Orlando

Il Capo Area: Dott. Domenico Musacchia

Il R.U.P.: Funz. Tecn. Arch. Giovanni Sarta

Giuseppina Liuzzo

Il gruppo di progettazione:

Architetto Achille Vitale (coordinatore)

Severino, Agronomo Antonino La Barbera, Geologo Gabriele Sapio, Arch. Marcantonio Virgadamo, Arch. Dimitrios Katsireas, esp. di prog. Giuseppe Lazzara.

L'Assessore: Ing. Sergio Marino

Il Dirigente: Avv. Francesco Fiorino

Staff del RUP: Funz.Tecn.Arch.

Ing. Giuseppe Letizia, Biologo Claudio

Premessa

Viene utilizzata, per la fase preliminare della progettazione dell'intervento, la relazione geotecnica allegata al progetto "*Recupero aree costiere - Opere di salvaguardia e consolidamento dell'ex discarica di Acqua dei Corsari*" che si riporta a seguire.

Considerate le caratteristiche dell'intervento, che prevede l'inserimento di ulteriori materiali sulla ex discarica, e considerato il processo di erosione residuale ancora in atto, nello sviluppo delle successive fasi di progettazione è necessario verificare ed integrare lo studio geotecnico.

Il coordinatore della progettazione

Arch. Achille Vitale

INDICE

| | | |
|---|------|---|
| 1)- Premesse | pag. | 2 |
| 2)- Cenni morfologici e geologici | pag. | 3 |
| 3)- Indagini | pag. | 3 |
| 4)- Caratterizzazione geotecnica dei terreni e dei materiali di riporto | pag. | 7 |
| 5)- Verifiche geotecniche | pag. | 8 |

1)- Premesse

La Sering Ingegneria di Palermo si è aggiudicata l'incarico di progettazione e direzione lavori relativo all'Intervento n° 10 *Recupero aree costiere - Opere di salvaguardia e consolidamento dell'ex discarica di Acqua dei Corsari* nel Comune di Palermo.

L'approccio progettuale è finalizzato sia alla stabilizzazione e sicurezza della discarica, sia alla riconfigurazione di una dignità paesaggistica. Si vuole anche evitare un ulteriore degrado territoriale e rendere fruibile al pubblico l'area, attualmente inutilizzata.

L'intervento interessa la fascia costiera che dal porticciolo della Bandita arriva ad Acqua dei Corsari, occupata fin dagli anni '60 dalle *discariche di Romagnolo e di Acqua dei Corsari*, che comportarono il deposito di enormi quantitativi di sfabbricidi, e di materiali di rifiuto e che hanno modificato profondamente l'assetto originario dei luoghi, sia dal punto di vista geologico-naturalistico, che antropico.

Il progetto prevede, nelle linee generali, la rimodellazione dell'area, con la creazione di terrazzamenti, colmate, percorsi naturalistici e l'accesso pedonale al mare.

Per bloccare il continuo scalzamento dei materiali della scarpata dovuto all'azione erosiva del mare, che comporta anche un rideposito degli stessi materiali verso il porticciolo della Bandita in direzione Ovest, e per realizzare un assetto stabile alla degradata morfologia esterna, si prevede, inoltre, la costruzione di pennelli a mare.

Nell'ambito della progettazione è stato sviluppato uno studio geotecnico che ha compreso: la raccolta dei dati disponibili sui terreni; la programmazione ed esecuzione di indagini in sito; l'elaborazione critica dei dati raccolti con le indagini per l'esame delle proprietà dei terreni; la ricerca, sotto il profilo geotecnico, delle soluzioni più idonee per la progettazione delle opere d'arte; l'esecuzione di calcoli geotecnici di verifica.

Nel seguito, dopo un breve cenno sulla morfologia e sulla geologia ed una descrizione delle indagini eseguite, si procede alla caratterizzazione geotecnica dei terreni e dei materiali e si espongono i risultati delle verifiche geotecniche.

2)- Cenni morfologici e geologici

L'area interessata dal progetto si estende lungo la fascia costiera compresa tra il porticciolo della Bandita e la Torre Corsaro, laddove fino al 1960 il mare lambiva la Via Messina Marine e l'attigua linea ferrata in seguito dismessa.

Nel periodo della massima espansione edilizia della città di Palermo, tra gli '60 e '70, tale fascia costiera divenne area di discarica e vi furono depositate ingenti quantità di materiali eterogenei, fino ad occultare totalmente le formazioni geologiche ivi affioranti. Il mare si arretrò di un centinaio di metri nella zona della Bandita e di circa 200 m nel tratto tra la via Galletti e l'Acqua dei Corsari; la superficie topografica raggiunse una quota massima di circa 20 m s.l.m..

I materiali di riporto poggiano su terreni di formazione recente, di età olocenica. In particolare, lungo tutta la fascia costiera si rinvennero *calcareniti* generalmente cementate, a tratti molto cementate, con aspetto di *puddinga*. Ad Acqua dei Corsari, nella parte della via Galletti che immette su via Messina Marine, sulla direttrice orientale dell'area in studio, le calcareniti sono ricoperte da *depositi sabbiosi* con spessori di circa m 6,00. Laddove la discarica assume gli spessori maggiori, ricopre limi, limi sabbiosi e sabbie limose conosciuti anche come *argille azzurre del palermitano*.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione Geologica di progetto.

3)- Indagini

Per il riconoscimento e la caratterizzazione geotecnica dei terreni e dei materiali interessati dalle opere in progetto sono state prese in esame, in una prima fase, indagini eseguite in passato nell'area; si è inoltre fatto riferimento a studi effettuati sui terreni dell'area urbana palermitana (1).

Sono stati utilizzati, in particolare, alcuni sondaggi eseguiti in occasione della redazione dei progetti della *Fognatura della Bandita*, della *Costruzione degli alloggi*

(1) Canzoneri V., Giammarinaro M.S., Gugliuzza G. e Vallone P.: Area urbana palermitana: analisi delle proprietà geotecniche dei terreni supportata da tecnologia GIS. Atti del XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, l'Aquila 2002.

popolari, della *Fognatura di Corso dei Mille*, nonché dello *Studio sul recupero e sistemazione della fascia costiera*.

Sulla scorta dei dati disponibili, è stata eseguita successivamente una specifica campagna di indagini, per una conoscenza più puntuale dello spessore dei materiali di riporto, che ha comportato l'esecuzione di due sondaggi a rotazione e carotaggio continuo. I sondaggi, indicati con le sigle P1 e P2, sono stati eseguiti a partire dalla sommità del pianoro a quota (19,00) ed hanno raggiunto rispettivamente la profondità di 30 m (P1) e 37 m (P2).

Altre indagini hanno riguardato il riconoscimento macroscopico della natura, della granulometria e del grado di addensamento dei materiali posti a discarica, con la finalità di potere valutare il loro riutilizzo per l'esecuzione di colmate e terrazzamenti. A tale scopo, sono stati aperti con un escavatore meccanico otto pozzetti (SA1 ÷ SA8) di profondità comprese tra 5 m e 6 m.

L'ubicazione dei sondaggi e delle trincee esplorative e la descrizioni di dettaglio dei terreni e dei materiali rinvenuti sono riportate nella Relazione Geologica.

4)- Caratterizzazione geotecnica dei terreni e dei materiali di riporto

I sondaggi hanno evidenziato che i materiali posti a discarica raggiungono uno spessore massimo di circa 28 m e poggiano su sabbie e ghiaie (*depositi di litorale*) di spessore massimo pari a circa 2 m. Al di sotto si rinviene un banco di limi sabbiosi e sabbie limose di colore grigio di spessore maggiore di 30 m (*argille azzurre del palermitano*).

Questi ultimi terreni sono costituiti di limi, limi sabbiosi e sabbie limose di colore grigio, ricchi di fossili.

Il contenuto naturale d'acqua w_n è sempre maggiore del limite di plasticità w_p . La plasticità è media; l'attività è bassa.

Dal punto di vista granulometrico sono classificabili come sabbia con limo o sabbia limosa argillosa. La resistenza al taglio è discreta-media; la deformabilità è elevata.

I parametri geotecnici posti alla base dei successivi calcoli sono stati desunti dai risultati delle numerose indagini di laboratorio eseguite su terreni del medesimo tipo prelevati nell'area palermitana e dagli studi prima citati.

In definitiva, i terreni limoso-sabbiosi sono stati caratterizzati con i seguenti valori di peso dell'unità di volume γ , coesione effettiva c' ed angolo d'attrito effettivo ϕ' :

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$;
- $c' = 15 \text{ kPa}$;
- $\phi' = 23^\circ$

I saggi effettuati con l'escavatore hanno mostrato l'estrema eterogeneità dei materiali presenti nella discarica. Si osservano, infatti, livelli di sabbia limosa ghiaiosa di natura prevalentemente calcarenitica, che si alternano a limo sabbioso poco consistente, a livelli di muratura di natura calcarenitica, ed a spessori di terreno vegetale, quasi sempre costituito di *terre rosse*.

Nella massa spesso sono presenti frammenti di laterizi e residui cartacei; sono stati anche rinvenuti blocchi e trovanti di calcarenite, di calcestruzzo e di muratura, che in taluni casi superano il volume di 2 m^3 .

Il grado di addensamento dei materiali è estremamente variabile.

Le pareti delle trincee sono sempre risultate stabili, tranne in un caso (pozzetto SA6), all'interno del quale a partire da una profondità di circa 4 m le pareti tendevano a franare in corrispondenza di uno strato di materiale sabbioso.

All'interno di alcuni saggi si è avvertito un forte odore di sostanze in decomposizione.

Ai fini della caratterizzazione geotecnica dei materiali di riporto si è fatto riferimento cautelativamente ai parametri fisico-meccanici sotto riportati.

- peso dell'unità di volume $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$;
- coesione effettiva $c' = 10 \text{ kPa}$;
- angolo d'attrito effettivo $\phi' = 25^\circ$

Questi ultimi sono stati dedotti dall'osservazione delle condizioni di stabilità delle scarpate esistenti - sul fronte della discarica rivolto verso il mare le pareti, alte anche 19

m, raggiungono in taluni casi una pendenza maggiore di 70° ed i fenomeni di crollo di materiale che si verificano sono dovuti allo scalzamento del piede del pendio a causa dell'azione del moto ondoso e dall'esame della natura, della granulometria e del grado di addensamento degli stessi materiali.

I materiali da porre a colmata sono stati caratterizzati con i medesimi parametri.

5)- Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche di seguito riportate riguardano l'analisi di stabilità globale del corpo della discarica, nella configurazione che viene ad assumere il piano di campagna a seguito dell'intervento.

In progetto si prevede di risagomare la scarpata dal lato mare con pendenza 1/2,5 (vert./orizz.) e con interposizione di una banchina a quota (15,00). Il piano limite superiore viene reso uniforme, a quota 18,0 m s.m..

Sul fronte opposto, con i materiali asportati si effettuerà una colmata. Il raccordo con il piano di campagna sarà eseguito con la medesima pendenza della scarpata lato mare. I materiali dovranno essere posti in opera in strati ed adeguatamente costipati, dopo avere operato una bonifica del piano di fondazione, con asportazione dei primi 50 cm di materiale, che può essere riutilizzato alla fine come copertura di terreno vegetale, e costipamento del piano di posa.

Le verifiche svolte hanno interessato entrambe le scarpate, sia quella rivolta verso mare, che è quella di maggiore altezza, sia quella di raccordo verso la via Messina Marine; nei calcoli è stata presa in esame la sezione 25.

Le verifiche di stabilità sono state svolte con il metodo di Bishop semplificato, nell'ipotesi di stato di deformazione piano.

Nello schema fisico di riferimento è stato ipotizzato che i materiali della discarica poggino direttamente sui terreni limoso-sabbiosi, trascurando il modesto strato di sabbie e ghiaie che costituiscono i *depositi di litorale*. La falda è stata supposta a quota 0,5 m s.m..

Per il calcolo del coefficiente di sicurezza si considera una suddivisione in n blocchi del volume di terreno al di sopra della superficie di scorrimento prescelta.

Il coefficiente di sicurezza F , definito come rapporto fra il momento delle forze resistenti M_r lungo la superficie di scorrimento S ed il momento delle forze agenti M_a rispetto al centro di S , si ottiene dall'espressione:

$$F = \frac{M_r}{M_a} = \frac{\sum_{i=1}^n [c' \Delta x_i + (W_i - u_i \Delta x_i) \operatorname{tg} \phi']}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i} \left[\frac{1}{\cos \alpha_i + \left(\frac{1}{F} \right) \sin \alpha_i \operatorname{tg} \phi'} \right]$$

dove:

$W_i, \Delta x_i$ peso e larghezza del singolo blocco;

u_i pressione neutra al centro della base del generico blocco;

α_i inclinazione media sull'orizzontale della superficie di scorrimento in corrispondenza del blocco.

Le verifiche sono state eseguite in condizioni sismiche: l'effetto sismico è stato simulato con il metodo pseudo-dinamico, applicando nel baricentro della massa una forza di modulo $C \times W_i$, con W_i peso del generico blocco e C coefficiente di sismicità che, per la zona in esame, vale 0,07. Tale forza è stata applicata in direzione orizzontale, con verso concorde con quello dello scivolamento ipotizzato.

La ricerca del minimo coefficiente di sicurezza, fra quelli relativi alle diverse superfici di scorrimento cinematicamente possibili, è stata eseguita mediante un processo di ottimizzazione, di carattere iterativo, utilizzando il software della GEOSLOPE.

I risultati dei calcoli mostrano che in tutte le situazioni esaminate si ottengono coefficienti di sicurezza soddisfacenti ($F_{\min} = 1,42$).

Le tracce delle superfici per le quali è stato ottenuto il valore minimo del coefficiente di sicurezza sono riportate negli schemi in Appendice; nei due casi presi in

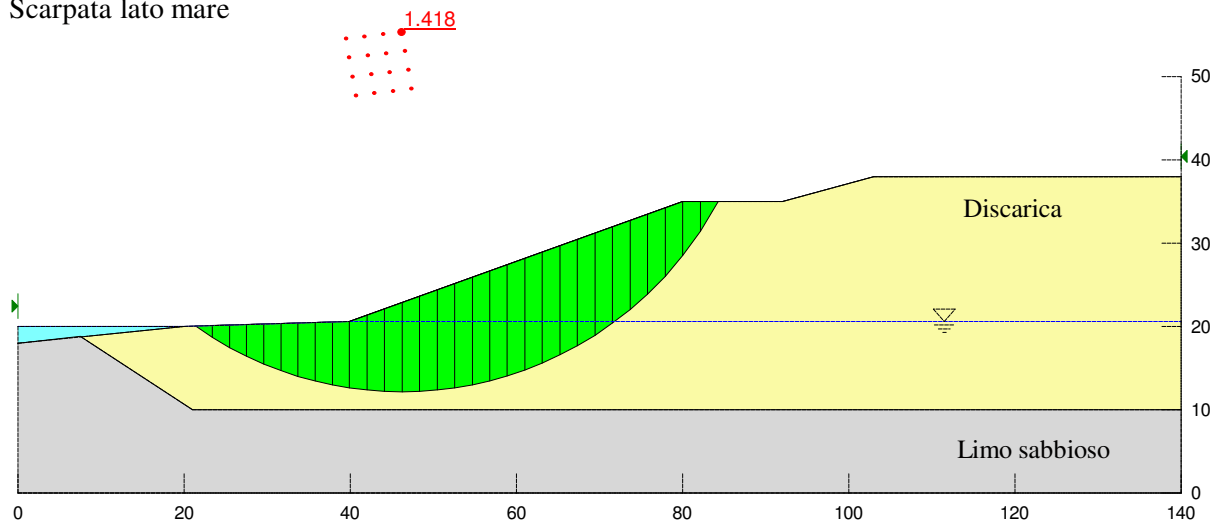
esame tali superfici interessano unicamente i materiali della discarica. Nelle medesime figure si evidenziano gli spessori dei materiali e la posizione della falda.

APPENDICE

Verifiche di stabilità globale del pendio

Recupero discarica Acqua dei Corsari

Scarpata lato mare



Recupero discarica Acqua dei Corsari

Scarpata lato monte

