

Analisi delle condizioni di stabilità di una discarica di terra in Sant'Agata di Puglia (Italia meridionale)

Luigi Monterisi

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Bari, l.monterisi@poliba.it, Via Orabona 4, 70125 BARI, Fax.: 080/5963675

Stability conditions of a large landfill at Sant'Agata di Puglia (Southern Italy)

ABSTRACT: The present paper describes the stability conditions of the southern slope of the hill of Sant'Agata di Puglia. In the area is located a large landfill, that was built in the seventies. The original morphology of the area shows several erosional gullies. Geological investigations have permitted to establish that the landfill is constituted of silty-clayey materials. In January 2005 a landslide occurred in the upper part of the slope. The paper deals with the geological, geotechnical and hydrogeological conditions that have determined the landslide.

Key terms: slope, landslides

Termini chiave: versante, frane

Riassunto

La presente nota illustra le condizioni di stabilità della zona del versante sud dell'abitato di Sant'Agata di Puglia interessata da una discarica di terra. L'originaria morfologia della zona mostrava la presenza sul versante di alcuni fossi di erosione. L'attuale morfologia, a causa del riporto operato sul versante, maschera la morfologia originaria ricostruita attraverso apposite indagini geognostiche, nonché grazie ad alcune foto storiche rinvenute nell'archivio comunale. Le indagini svolte hanno posto in evidenza che l'area in esame presenta un grosso accumulo di materiale di riporto, prevalentemente di natura sabbioso-argillosa, effettuato a fine anni settanta per ricolmare un fosso naturale. Nel Gennaio 2005, sul versante in questione si è verificato un movimento franoso che ha interessato la metà superiore del versante stesso. Le indagini svolte precedentemente al dissesto avevano consentito di ricostruire le condizioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche della zona della discarica e di valutare le condizioni di stabilità della stessa evidenziando il rischio di dissesto imminente.

1. Introduzione

La zona in esame si colloca a sud del centro abitato in località Vallone Portonuovo. Essa è caratterizzata dalla presenza di un grosso accumulo di materiale di riporto, prevalentemente di natura sabbioso-argillosa (Fig.1). Un primo segnale di un possibile franamento è stato avvertito nell'Ottobre 2003 allorquando si è verificato un ampio sgrottamento del terreno, nella zona antistante il pilastro d'angolo della costruenda scuola media, che scopriva la

parte superiore del palo di fondazione. Nel Gennaio 2005, sul versante in questione si è verificato un movimento franoso che ha interessato la metà superiore del versante stesso.



Fig. 1 – Panoramica del versante sud dell'abitato di Sant'Agata di Puglia. In primo piano la zona della discarica
Aerial view of Sant'Agata di Puglia

2. Inquadramento geologico generale

Il territorio di Sant'Agata di Puglia è caratterizzato da una situazione geologico-strutturale complessa che vede in affioramento formazioni di età prevalentemente miocenica e pliocenica (Fig. 2). L'evoluzione strutturale della regione del subappennino dauno inizia con la deposizione del flysch, nel periodo miocenico, al di sopra della serie basale. Con la trasgressione miocenica inizia lo sviluppo di una fossa in cui si accumulano i depositi terrigeni provenienti da

vicine aree emerse. L'area subisce un nuovo abbassamento in età pliocenica tanto da permettere una fase di sedimentazione trasgressiva sui sedimenti del flysch. Venendo alla litostratigrafia del territorio di Sant'Agata, negli immediati dintorni dell'abitato affiorano, dalla più antica alla più recente, le seguenti formazioni geologiche: a) Complesso indifferenziato (i): complesso di argille varicolori con intercalazioni di calcari, brecciole e arenarie, del Paleogene-Cretaceo; b) Complesso marnoso (Mm): di età miocenica, è costituito da marne e argille siltose, associate a brecciole calcaree e calcari bianchi; dalle osservazioni eseguite sui vari affioramenti sembrerebbe potersi ammettere che questo complesso sia in prevalenza sottostante alla Formazione della Daunia, anche se in alcune zone potrebbe essere considerato una variazione laterale della parte basale di detta formazione, in quanto in esso si trovano associazioni litologiche simili a quelle di detta formazione. c) Formazione della Daunia (bcD): costituisce un complesso entro la serie del Flysch della Daunia e si estende per decine di chilometri lungo il margine orientale dell'appennino abruzzese e apulo-campano; di età miocenica, esso è costituito da una alternanza di litotipi diversi (breccie, calcareniti, marne ed argille di vario colore, calcari, arenarie e puddinghe poligeniche) associati tra loro

in modo vario; nella zona di Sant'Agata prevalgono calcareniti e brecciole associate a calcari marnosi e arenarie con interstrati di argilloscisti. d) Puddinghe poligeniche (Pp): di età pliocenica, sono formate da puddinghe poligeniche variamente cementate, associate a orizzonti e lenti sabbiose sempre ben stratificate, di colore variabile dal bruno al giallastro; il deposito è particolarmente potente nella zona di Sant'Agata ove occupa le aree più orientali dei contrafforti appenninici; in discordanza angolare sulle argille varicolori e sul Flysch di Faeto, presenta uno spessore considerevole (< 50 m); i ciottoli si presentano sub arrotondati, di dimensioni da 2 a 15 cm e sono dati da calcari, calcari marnosi, calcareniti, calciruditi, arenarie, selce, silt; e) Sabbie e arenarie plioceniche (Ps): sono costituite da sabbie e arenarie con lenti e strati di conglomerati poligenici ed argille sabbiose; nell'area di interesse esse si ritrovano nella parte più alta degli affioramenti pliocenici; f) Argille plioceniche (Pa): trattasi di sedimenti argilloso-siltosi di colore grigiastro in cui si alternano strati sabbioso-argillosi e sabbiosi sia grigi che giallastri; si rinvengono in corrispondenza di aree in cui la serie dei terreni pliocenici è piuttosto potente, poggiando a volte senza evidenti segni di trasgressione e di discordanza sui sedimenti del Miocene superiore.

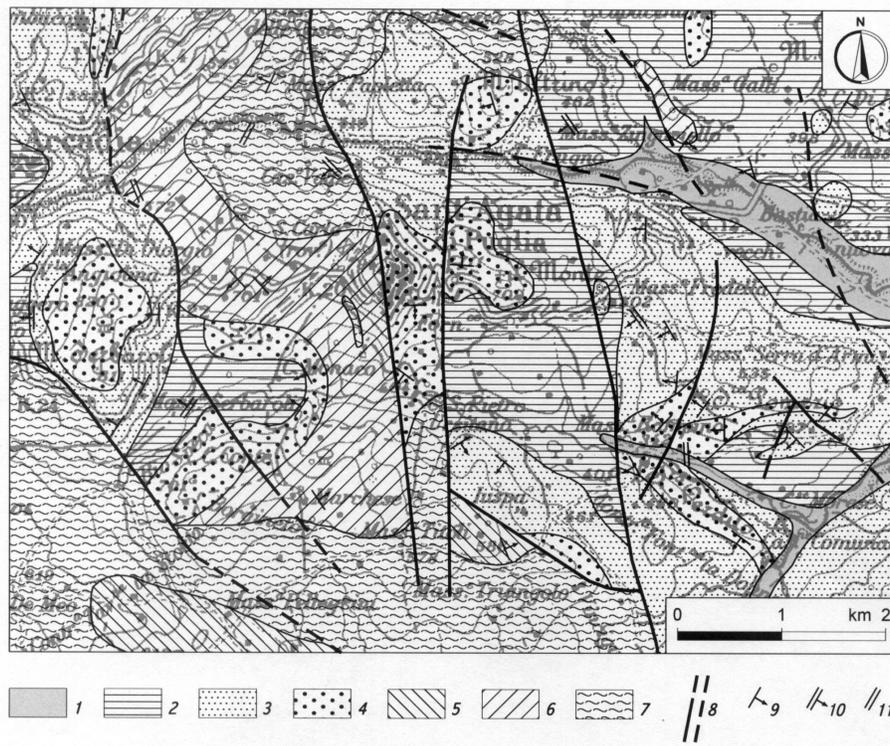


Fig. 2 – Carta geologica del territorio comunale di Sant'Agata di Puglia. 1. Depositi alluvionali (Eocene), 2. Argille grigio-azzurre (Pliocene), 3. Sabbie e arenarie (Pliocene), 4. Puddinghe poligeniche (Pliocene), 5. Formazione della Daunia (Miocene) 6. Complesso marnoso (Miocene), 7. Complesso indifferenziato (Miocene), 8. Faglie, 9. 10. 11. Inclinazione degli strati
Geological map of Sant'Agata territory. 1. Alluvial deposits (Eocene), 2. Blue-grey clays (Pliocene), 3. Sands and sandstones (Pliocene), 4. Puddingstones (Pliocene), 5. Daunia Formation, 6. Marly Complex (Miocene), 7. Indistinct complex (Miocene), 8. Fault, 9. 10. 11. Attitude of strata

3. Inquadramento geologico della zona in esame

3.1 Geomorfologia

Il territorio di Sant'Agata di Puglia si presenta dolcemente ondulato laddove prevalgono i sedimenti argillosi, mentre presenta scarpate ripide e improvvise rotture di pendenza laddove prevalgono i sedimenti conglomeratici. In particolare il nucleo storico di Sant'Agata è edificato sulle puddinghe plioceniche, caratterizzate nella zona sud da scarpate molto ripide. La zona di più stretto interesse si trova al margine meridionale dell'abitato, ove affiorano le puddinghe che ivi lasciano il posto alle argille azzurre per

contatto laterale da faglia (Fig. 3). L'originaria morfologia della zona vedeva la presenza sul versante di alcuni fossi di erosione più o meno incisi nel deposito conglomeratico. L'attuale morfologia è caratterizzata dalla presenza di un grosso accumulo di materiale di riporto, prevalentemente di natura sabbioso-argilloso, realizzato negli anni settanta per ricolmare un fosso naturale. Detto deposito si estende fino al piede del versante e maschera la morfologia originaria ricostruibile attraverso alcune foto storiche rinvenute nell'archivio comunale (Fig. 1).

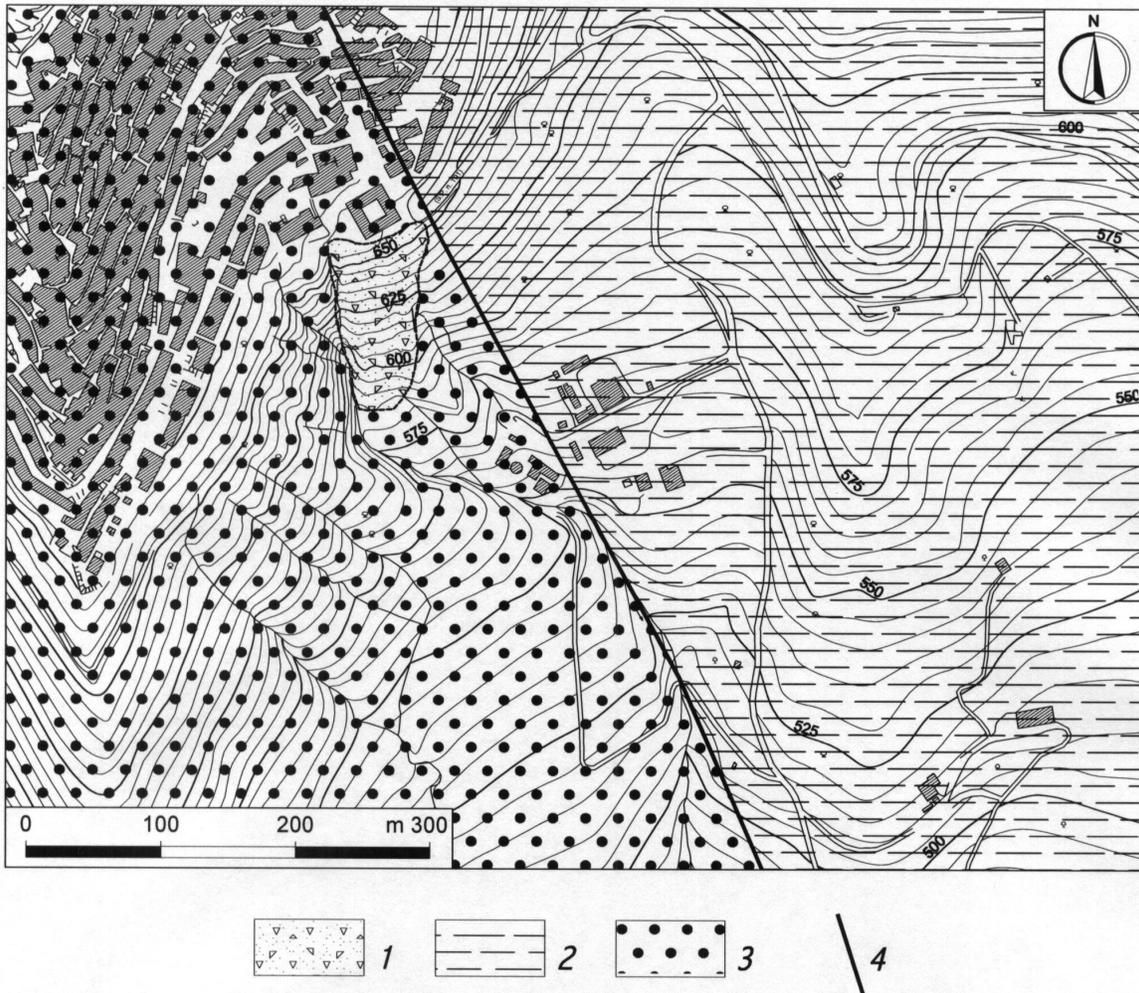


Fig. 3 – Carta geologica dell'area in studio. 1. Colmata, 2. Argille grigio-azzurre, 3. Puddinghe poligeniche, 4. Faglia
Geological map of the studied area. 1. Landfill, 2. Blue-grey clays, 3. Puddingstones, 4. Fault

3.2 Litostratigrafia di dettaglio

La ricostruzione litostratigrafia dell'area di interesse è avvenuta a partire da un rilievo di dettaglio dell'area, integrato da apposite indagini geognostiche effettuate in prossimità del nuovo edificio per scuola media in corso di costruzione e dell'edificio per scuola professionale ad esso adiacente (n.8 sondaggi meccanici, n.13 prove SPT, n.15

prove geotecniche di laboratorio, determinazione della densità e della umidità in sito con sonda a radioisotopi). Gli studi hanno evidenziato un substrato costituito da Puddinghe poligeniche e Argille marnose grigio azzurre (depositi pliocenici) e terreni di copertura superficiale costituiti da terreni detritici e terreno di riporto recente (depositi olocenici e attuali). Più in particolare la stratigrafia

del sondaggio S1, indicativa della situazione locale, mostra la seguente successione dall'alto verso il basso: da 0,00 a 18,50 metri terreno di riporto recente costituito essenzialmente da materiali sabbioso-argillosi di colore grigio-nerastro con ciottoli di natura calcarenitica e pezzi di laterizi, da 18,50 a 25,30 m ghiaia, argilla sabbiosa ed argilla limosa grigio giallastra, il tutto di natura e a struttura detritica, da 25,30 a 45,00 m argille grigio-azzurre alternate a livelli più sabbiosi. Dal complesso delle indagini si evince che lo spessore massimo del materiale di riporto è pari a 25 m. Al di sotto di esso si rinviene uno strato di materiali

detritici, verosimilmente naturali, costituiti da una alternanza di livelli ghiaiosi e livelli limoso-argillosi, di spessore variabile da un minimo di 3 m ad un massimo di 7 m circa, posti a tetto della formazione argillosa. Nella figura 4 è stato ricostruito, correlando i sondaggi S3-S4-S1-S5 e sulla base delle evidenze esterne, il profilo geologico della zona di interesse. Infine, per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche del versante, piccole falde acquifere sono state rinvenute all'interno dei materiali detritici e di riporto, sostenute da livelletti limoso-argillosi impermeabili ovvero dai terreni argillosi di base.

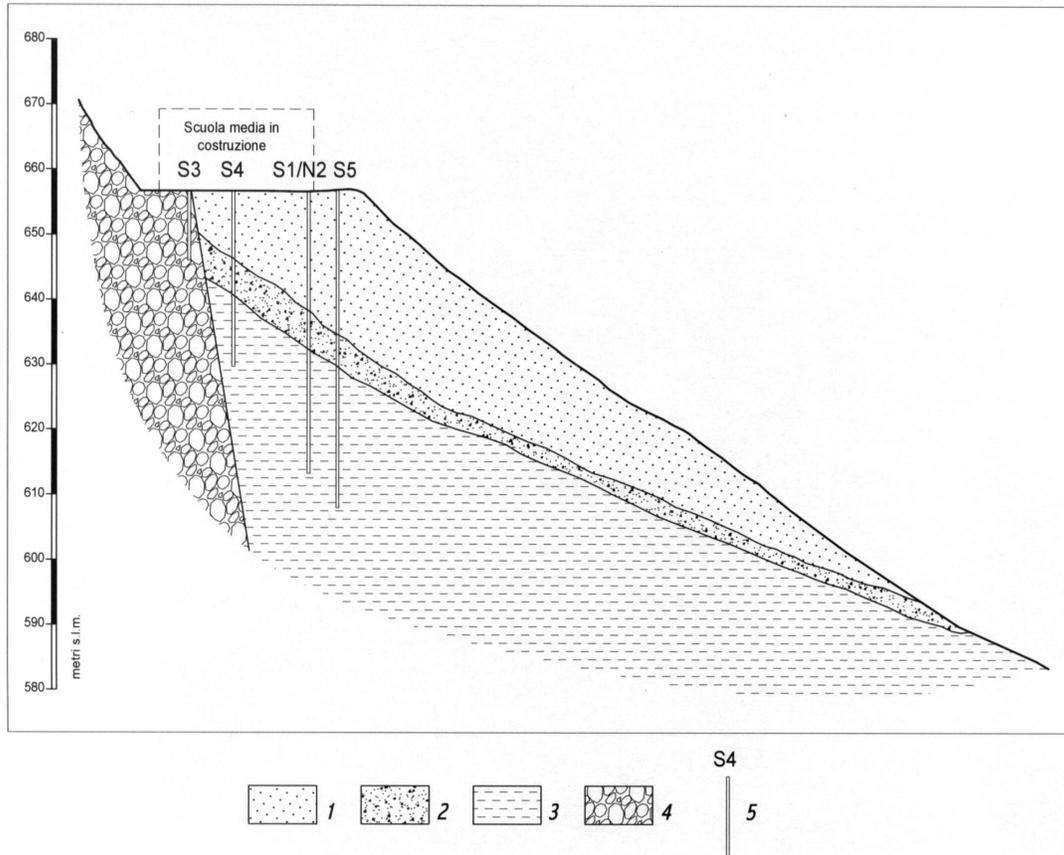


Fig. 4 - Sezione geologica. 1. Colmata, 2. materiale detritico, 3. Argille grigio-azzurre, 4. Puddinghe, 5. Sondaggi geognostici
Geological section. 1. Landfill, 2. Debris, 3. Blue-grey clays, 4. Puddingstones, 5. Boreholes

4. Caratteri geotecnici

Per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei materiali di riporto costituenti la colmata e dei terreni naturali su cui essa poggia sono stati utilizzati i risultati delle prove geotecniche di laboratorio e di quelle in sito, riassunti nella tabella 1 allegata. Dall'esame della tabella si osserva che le argille in posto sono costituite da argille limose, a luoghi sabbiose, a media plasticità (Fig. 5), a consistenza semi-solida ($IC=1.32$) sovraconsolidate e poco compressibili. I terreni di riporto sono costituiti da materiale di natura prevalentemente argilloso-sabbiosa con ciottoli di varia natura e dimensioni.

La determinazione della densità e della umidità in sito con sonda a radioisotopi mostra che trattasi di materiale poco addensato, con caratteristiche fisiche molto variabili (Fig. 6): i valori più elevati di peso-volume sono da attribuire alla presenza di materiale lapideo disperso nella massa terrosa, mentre quelli più bassi sono da porre in relazione a livelli soffici poco addensati. A varie profondità sono stati registrati valori nulli (interruzione del segnale) corrispondenti a vuoti di dimensione decimetrica.

5. Condizioni di stabilità del pendio

L'analisi della stabilità del versante è stata effettuata con i

classici metodi dell'equilibrio limite, prendendo in esame la sezione trasversale del versante passante per il lato ovest dell'edificio. L'analisi condotta facendo variare il livello della superficie piezometrica rispetto al piano campagna sia in condizioni normali che sismiche, ha posto in evidenza l'influenza delle variazioni del livello di falda sulla stabilità del riporto, che viene messa in crisi sia da sollecitazioni di tipo dinamico che dall'innalzamento del livello piezometrico, anche temporaneo. Infatti, nel mese di Gennaio 2005, a seguito di abbondanti e persistenti piogge che hanno completamente saturato il riporto, nella porzione di versante posta a sud-ovest dell'edificio scolastico si è verificato uno scoscendimento che ha interessato la parte alta del riporto (Figg. 7 e 8). Il ciglio della nicchia di distacco si colloca a circa otto metri dal perimetro dell'edificio scolastico; la profondità massima della superficie di scorrimento della frana, ricostruita attraverso il rilievo geomorfologico della zona, è pari a circa dodici metri; la lunghezza della frana è pari a 70 m circa. Il materiale franato si è accumulato nella porzione inferiore del versante, ricolmando anche la parte iniziale della sistemazione idraulica del fosso sottostante.

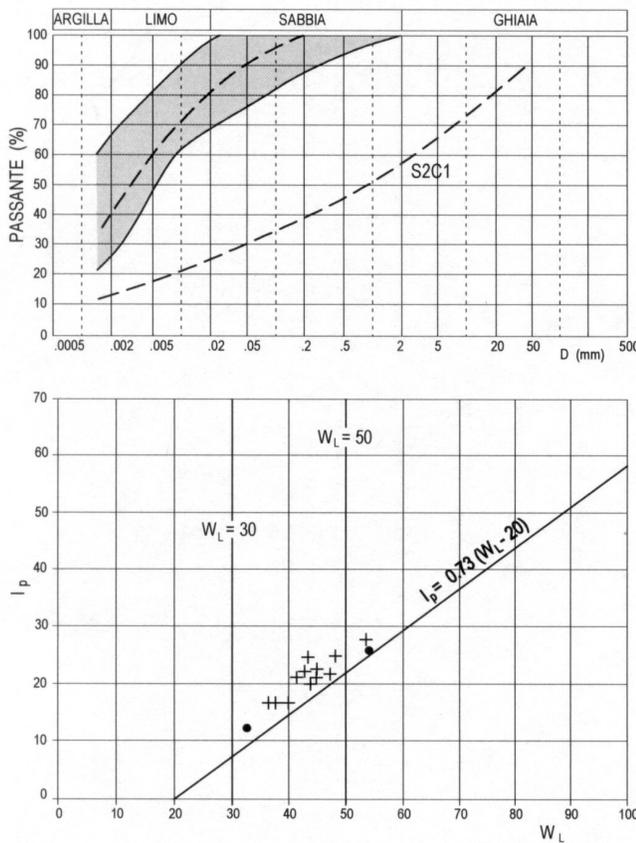


Fig. 5 – Fascia granulometrica e carta di plasticità dei litotipi argillosi
Grain size distribution and plasticity chart of clayey materials

Sondaggio N1 - rilievo del 19 / 03 / 03

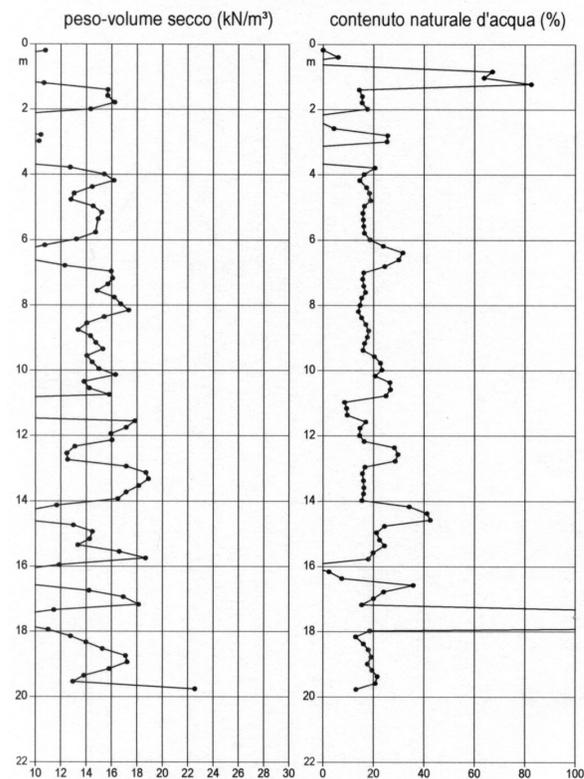


Fig. 6 – Variazione con la profondità del peso di volume del secco e del contenuto naturale d'acqua, da misure in sito con sonde a radioisotopi
Dry density and natural water content versus depth, obtained from radioisotope borehole surveys

Tabella 1 – Tabella riassuntiva delle caratteristiche geotecniche dei litotipi argillosi
Geotechnical characteristics of blue-grey clays

Litotipo	Riporto		Argille	Puddinghe
	intervallo	più frequente		
peso di volume γ_t (kN/m ³)	12,5-23,9	18,0	21,5	21,0-22,0
peso del secco γ_d (kN/m ³)	10,2-20,4	16,0	18,7	
contenuto naturale d'acqua w (%)	16,28-23,30		15	
Peso di volume saturo γ_{sat} (kN/m ³)	16,4-23,7	19,8	21,8	
Indice dei vuoti e	0,33-1,65		0,45	
Porosità n (%)			31,2	
Grado di saturazione S (%)			100	
Coesione efficace c' (kPa)	0		14-254	0
Angolo di resistenza a taglio Φ'	15°-32°		17°-26°	35°-45°

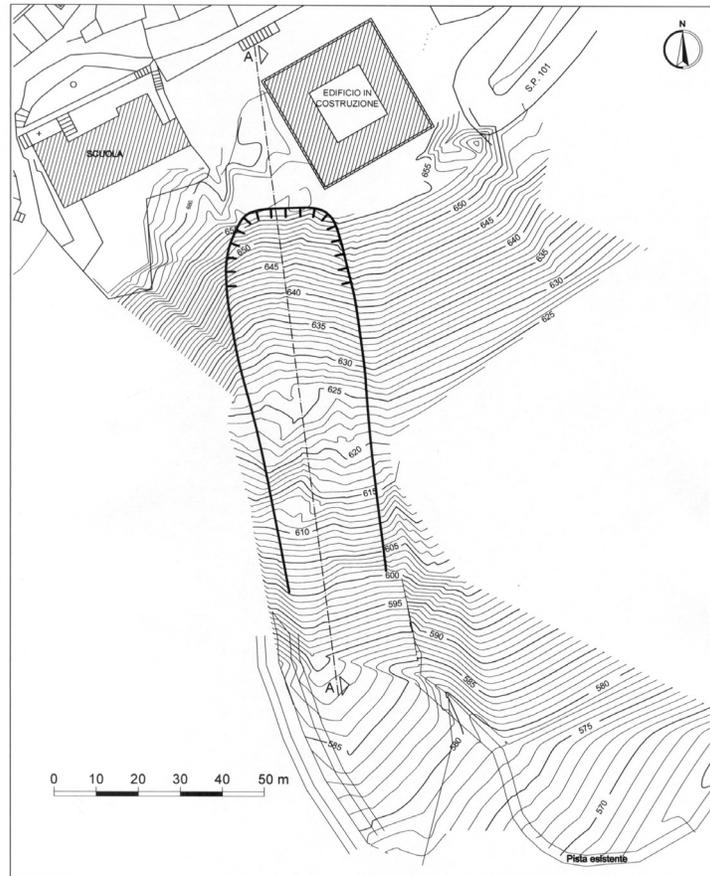


Fig. 7 – Frana del Gennaio 2005: planimetria
Landslide of January 2005

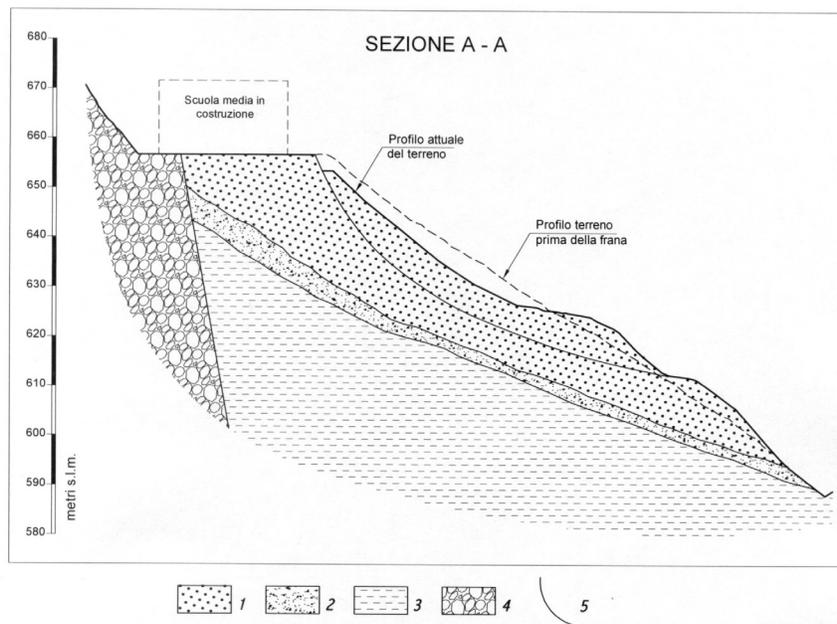


Fig. 8 – Sezione longitudinale del movimento franoso. 1. Discarica, 2. Materiale detritico, 3. Argille grigio-azzurre, 4. Puddinghe, 5. Superficie di scorrimento
Landslide section. 1. Landfill, 2. Debris, 3. Blue-grey clays, 4. Puddingstones, 5. Sliding surface