



COMUNE DI MURO LUCANO
Provincia di Potenza

Messa in sicurezza del versante in frana alla località "Raicelle"

Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica

IL RESP. DEL PROGETTO
Geom. Michele Mangone

Il Tecnico



COMUNE DI MURO LUCANO
PROVINCIA DI POTENZA

***Interventi urgenti per il consolidamento definitivo del versante in frana
in località Raicelle - Comune di Muro Lucano (Potenza).***

1. PREMESSA

Il Progetto preliminare indica le condizioni di rischio idrogeologico esistenti in località Raicelle nel territorio del Comune di Muro Lucano – Potenza - e di queste ne assume l'impegno amministrativo per il risanamento dell'area che è in condizione di urgente ed indispensabile bisogno di consolidamento per la difesa della pubblica e privata incolumità.

Lo sviluppo socio economico di questo paese è dipendente dalla possibilità di recupero e salvaguardia del patrimonio edilizio e rurale che devono avvenire secondo una linea comune di interventi che travalica il confine di "zona" e che analizzi i fenomeni evolutivi del territorio nell'ambito di un'unica unità fisiografica qual è quella del versante. Il Piano Stralcio dell'Autorità del Bacino Interregionale del Fiume Sele, individua in quest'area una zona di rischio da frana molto elevato (R4) (Fig. 1).

Il dissesto idrogeologico del versante nord-orientale del torrente Malta prende origine dalle condizioni di veloce approfondimento del corso d'acqua, affluente del fiume Sele, il cui alveo percorre una linea di discontinuità tettonica originata dal sovrascorrimento dell'unità liguride

(Argille Varicolori) sull'unità di Monte Marzano (cfr. Carta Geomorfologica). Di conseguenza la rete idrografica locale di 3° e 4° ordine di affluenti è in forte erosione lineare con conseguente modellamento del versante ove si manifestano diffusi movimenti di massa che mettono in pericolo l'incolumità dell'insediamento urbano (v. documentazione fotografica in allegati), la stabilità della strada comunale (Fig. 2) nonché della nuova arteria provinciale a scorrimento veloce ubicata poco più a monte.

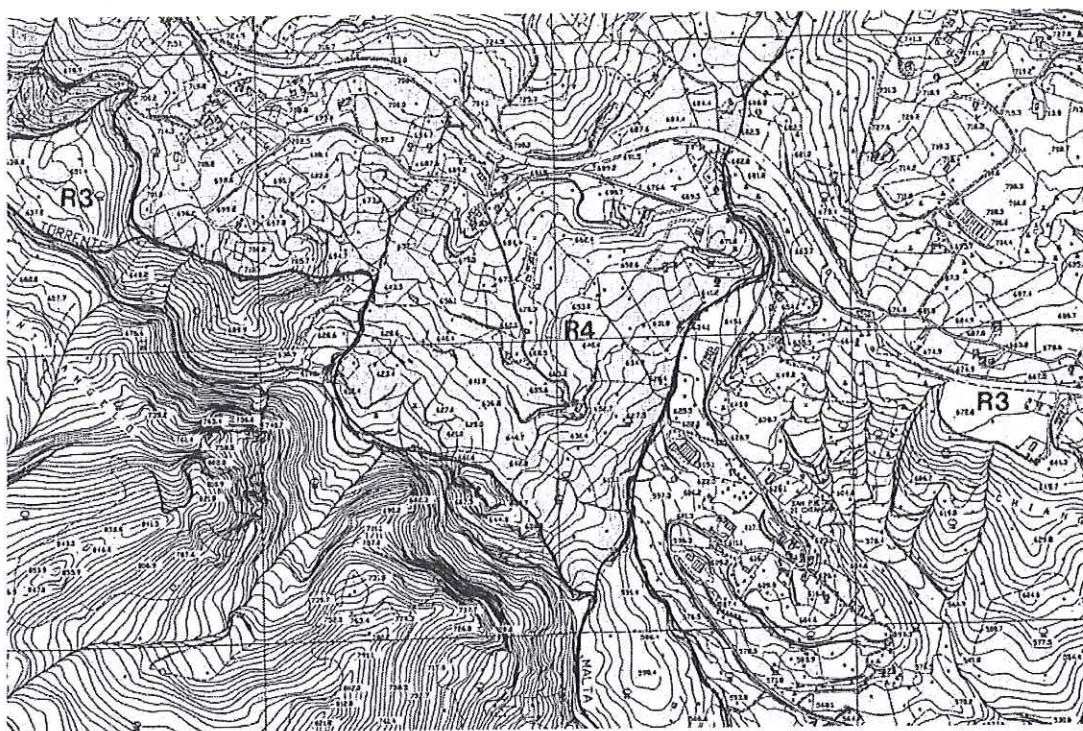


Fig. 1- Aree a rischio di frana molto elevato (R4, in rosso) ed a rischio elevato (R3, in giallo) sul versante in sinistra idrografica del torrente Malta, in località Raicelle - Muro Lucano.

2. CONDIZIONI LITOLOGICHE DELL'AREA IN FRANA

Sotto l'aspetto geo-litologico la frana di Raicelle si sviluppa in terreni alloctoni appartenenti alla formazione delle argille varicolori (vedi carta geomorfologica). Si tratta di argille scagliose rosse, verdognole, violacee e brune, inglobanti frammenti di diaspri, arenarie, calcari e marne, con struttura caotica, molto tettonizzate e fratturate.

Le singole scaglie argillose e/o argilloso-marnose si presentano sovraconsolidate, tendenti a rigonfiarsi, con aumento di volume, a contatto con l'acqua; al contrario, la massa litica è, nell'insieme, decompressa e destrutturata per l'intenso processo di alloctonia che ha portato la formazione di età cretacea-oligocenica, a sovrascorrere sulle calcareniti e calcilutiti dell'unità di Monte Marzano di età più recente, Langhiano-Tortoniano.

Le caratteristiche fisico-meccaniche delle A.V., dunque, variano di molto da luogo a luogo in ragione della percentuale di argilla aggregata a quella litoide. La permeabilità $K = \text{cm/s}$, in superficie dell'ordine di $K = E \cdot 10^{-2} \div E \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}$, diminuisce con la profondità ed è molto variabile in senso areale.

3. LO STATO ATTUALE DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO

L'area in dissesto si estende dal limite nord-ovest (località Sant'Angelo) verso sud-est (case S. Pietro di Chiangara, vedi carta geomorfologica) per una superficie di circa $1,5 \text{ km}^2$ (Fig. 2, a,b). Questa porzione di territorio è attraversata da più corsi d'acqua torrentizi, del 3°

e 4° ordine gerarchico, affluenti del Torrente Malta, fortemente erosivi. L'area ha un andamento morfologico molto irregolare, come si può distinguere dalle isoipse della carta topografica, dovuta essenzialmente all'effetto incisivo dei corsi d'acqua.



a)



b)

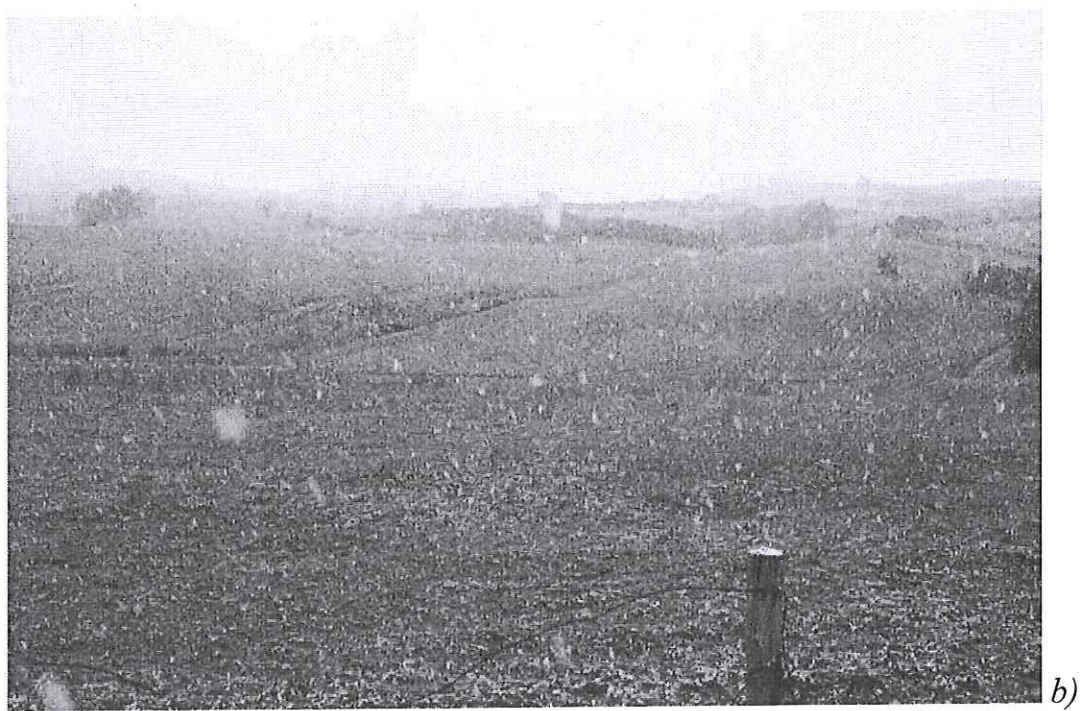
Fig. 2 - Panoramica del movimento di massa

*Il dissesto idrogeologico è indotto da tre principali fattori tra loro interagenti: **la rinnovata acclività dei pendii**, dovuta all'azione primaria di incisione del sistema idrografico superficiale, **il decadimento delle proprietà meccaniche delle Argille Varicolori**, conseguenza della storia geologico-strutturale dell'unità litologica affiorante e **le fluttuazioni della falda idrica** dovute alla quantità delle precipitazioni.*

Sul versante in parola il fenomeno del dissesto idrogeologico è diffuso in tutta l'area e si manifesta attraverso due tipologie di frana:

- 1) Sui pendii con acclività media intorno ad $\alpha = 11^\circ$ la coltre superficiale di terreno alterato dà luogo a profili ondulati (Fig. 3, a,b,c) dovuti a movimenti visco-plastici di terreno argilloso-marnoso. Sono movimenti di massa lenti che si manifestano con corrugamenti sinusoidali le cui dimensioni sono conferite dallo spessore dell'orizzonte di alterazione. In particolare lo spessore della coltre è minore, a monte, di 3 m mentre verso valle, in prossimità del torrente Malta raggiunge valore intorno a 4 m.*





b)



c)

Fig. 3 - Profilo ondulato tipico delle aree con acclività inferiore ad 11°

La deformazione visco-plastica avviene per infiltrazione diretta delle acque meteoriche nell'orizzonte litico di alterazione; essa si esplica attraverso un processo sequenziale compressivo che coinvolge grosse porzioni di terreno le quali si spostano allo stato plastico dando luogo a forme mammellonate verso gli alvei dei corsi d'acqua lungo linee di massima pendenza. La rete idrografica superficiale esercita la funzione primaria di asportazione dei detriti accumulati in alveo; successivamente, l'azione della corrente è quella di approfondire lo stesso alveo e, conseguentemente, indurre nella massa alteritica nuove condizioni di equilibrio limite.

- 2) *Su pendii con acclività superiore ad $\alpha = 11^\circ$ si verificano, invece, frane di tipo rotazionale (Figg. 4, a,b,c ed allegati - Foto) là dove si presentano condizioni di infiltrazione idrica delle acque meteoriche a profondità maggiore di quella dei movimenti visco-plastici.*





b)



c)

Fig. 4 - Dissesto della strada comunale

Il processo di infiltrazione viene regolato dalla permeabilità K . Sul versante Raicelle, in genere, la profondità massima della infiltrazione idrica è intorno ad 8-10 m dal piano campagna dove si sviluppa il più alto valore della pressione idrica (u) in relazione al valore della permeabilità (ovvero della impermeabilità) $K = E \cdot 10^{-8}$. Qui si instaurano nel terreno condizioni sature non drenate che danno luogo a superfici di taglio di tipo plastico-rotazionale. Infatti la presenza d'acqua nei primi 8-10 m di spessore delle argille variegata aumenta il peso specifico di questo con incremento della pressione di spinta laterale (per impedimento alla filtrazione). Quando la pressione dell'acqua u (pressione neutra) assume un valore pari o superiore a σ_n (pressione verticale di carico del terreno) la resistenza del terreno diventa molto bassa essendo la rottura per taglio (τ) governata dall'equazione di Terzaghi

$$\tau = C' + (\sigma_n - u) \tan \phi'$$

dove c' = coesione effettiva

ϕ' = angolo di attrito interno effettivo.

Infatti per $\sigma_n - u = 0$

la resistenza al taglio (τ) diventa

$$\tau = c_u$$

dove c_u rappresenta il valore della coesione del terreno in condizioni non drenate.

*La principale causa dei fenomeni franosi in quest'area, giustamente definita dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale del fiume Sele come “**area ad alto rischio di franosità (R4)**”, è dunque da attribuire alle pressioni neutre (u), che si sviluppano nel sottosuolo argilloso-caotico delle a.v..*

4. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

*Per effettuare una bonifica del terreno e garantire nel tempo condizioni di stabilità del versante nonché delle sovrastrutture e dell'insediamento urbano, si rende necessario, innanzitutto, drenare le acque dalla massa litica in movimento e ridurre le sovrappressioni interstiziali in eccesso riportando queste alle condizioni di equilibrio. Il principale intervento quindi va indirizzato verso **opere di drenaggio** lineari e/o profonde secondo lo spessore della coltre di A.V. alterata superficiale oppure in rapporto alla profondità della superficie di scivolamento dei corpi di frana rotazionali (vedi schema in allegato).*

Un abbassamento della superficie piezometrica determinerà la riduzione della spinta dovuta al carico idraulico e migliorerà la resistenza di attrito e di coesione del terreno.

Per le masse con superficie di scorrimento profonde la funzionalità dell'opera di consolidamento sarà esercitata da barriere drenanti spinte a profondità maggiore della superficie di taglio della massa in movimento.

La barriera dovrà scaricare l'acqua raccolta dal terreno direttamente per effetto della pressione maggiore di quella idrostatica. Il percorso più opportuno della barriera drenante sarà valutato in fase progettuale e sarà costituito da una serie di pozzi ravvicinati posti, trasversalmente al fronte di frana o alla linea di massima pendenza nel caso di zone a rischio.

Per il dimensionamento del sistema dei pozzi drenanti si valuta la potenzialità acquifera dei singoli pozzi; questa può essere stimata utilizzando le formule classiche della idraulica del sottosuolo. Il grafico di fig. 5 mostra la variazione della portata massima emungibile, in funzione del coefficiente di permeabilità K , per diversi valori del rapporto D/h , tra

lo spessore complessivo degli strati permeabili ($K \geq 1 \times 10^{-3}$ cm/sec) e la massima depressione ipotizzata.

L'equazione sotto riportata può essere applicata per verificare che, in base all'interasse prescelto, risulti una portata in ciascun pozzo non superiore al valore massimo potenziale:

$$Q_w = h K D f(a, L, r_w)$$

Da questa espressione si possono stimare le massime risalite tra i pozzi

$$h_D = Q_w / K D f(a r_w)$$

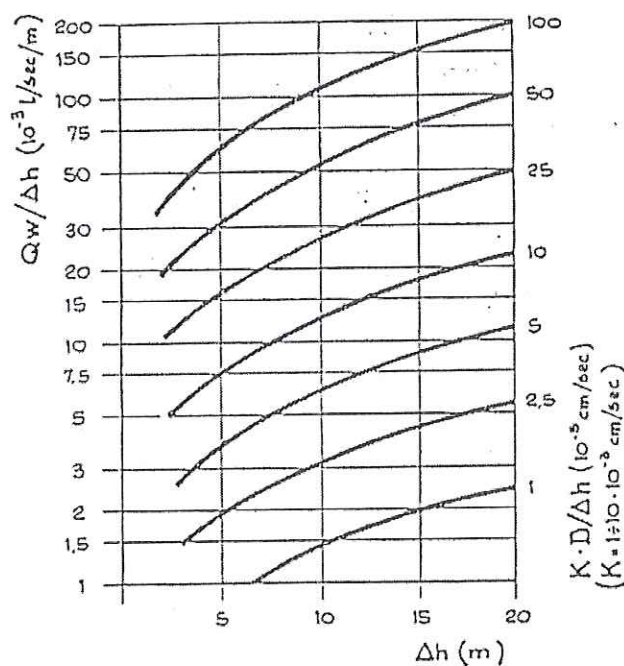


Fig. 5 - Variazioni della portata massima del singolo pozzo in funzione della permeabilità K , dello spessore D e della depressione realizzata h .

Nella scelta dell'interasse tra i pozzi, per gli allineamenti trasversali, occorre naturalmente assicurare un elevato rapporto pieni-vuoti.

Il diametro del collettore di fondo va scelto, in relazione anche alle pendenze disponibili, sulla base delle portate complessive stimate.

Dal grafico di fig. 6 si vede come una tubazione da 3" può essere sufficiente, nella maggior parte dei casi pratici, per smaltire le acque di drenaggio senza fenomeni di rigurgito.

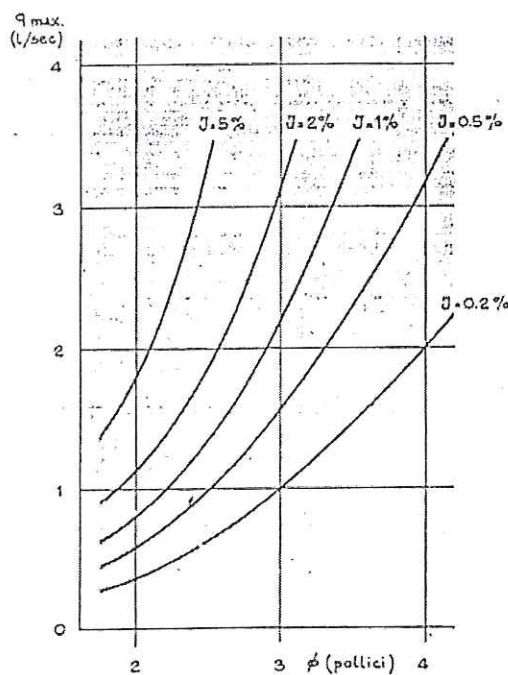


Fig. 6 - Variazioni della portata massima smaltibile a pelo libero in una tubazione di scarico in funzione del diametro e della pendenza motrice J .

I pozzi, pertanto, avranno un diametro di 200 cm e saranno posti ad una distanza non superiore a 15 m tra gli interassi; lo scavo è previsto alla profondità media di - 10 m dal p.c., profondità che è stata calcolata in funzione inversa dello stato di solidità del terreno in posto e, comunque, sempre maggiore del piano di scorrimento del terreno in frana.

A 1,5 m dal fondo di ogni pozzo va posto un tubo in p.v.c. semirigido del diametro $\varnothing = 80$ mm di collegamento con il pozzo seguente (fig. 7).

Il fondo stesso ed il tubo dovranno essere accordati ad un profilo di base con pendenza minima di 2° per accelerare il deflusso delle acque raccolte ed impedire ristagni.

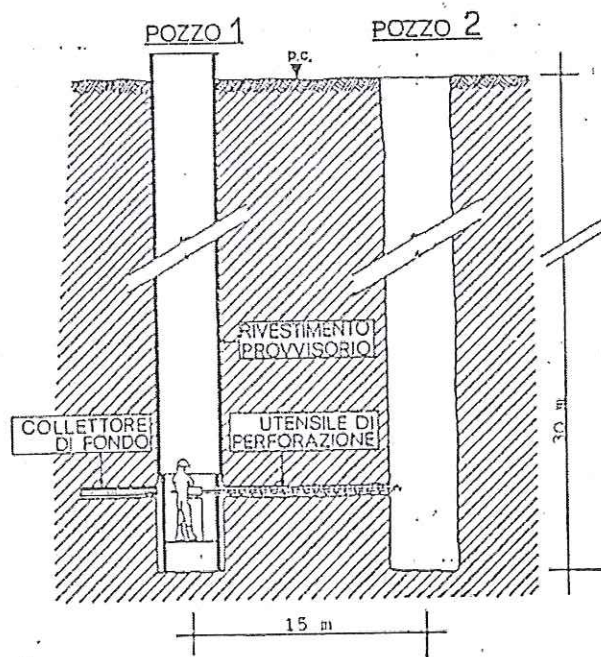


Fig. 7 - Perforazione dei pozzi

Il filtro drenante va realizzato con materiale granulare, ghiaia e sabbia, con basso contenuto di finissimo (meno del 15% in peso al di sotto di $80\ \mu$) e tale finissimo non deve essere argilloso. Alla sommità del pozzo, invece, sarà costruito un tappo di terreno naturale, prelevato in posto, dello spessore di 1 m, posto sull'inerte granulare dopo che questo sia stato ricoperto con geotessile (fig. 8).

La barriera sarà raccordata ad altre diramazioni drenanti e ad un collettore di deflusso attraverso pozzi di ispezione costruiti nei punti di incrocio. Altri pozzi di ispezione saranno costruiti, in alternanza ritmica a quelli drenanti, lungo lo sviluppo della barriera.

L'impianto drenante deve naturalmente risultare adeguatamente dimensionato per far fronte alle periodiche ricariche della falda. Da un bilancio idrologico di massima effettuato a scala provinciale si può stimare, per approssimazioni, che il volume di infiltrazione idrica della

fascia collinare sia di circa 800-1200 mc/anno/ettaro. Questo dato risulta in buon accordo col coefficiente di infiltrazione 0,10 – 0,15 e con i dati climatici relativi al territorio di Muro Lucano.

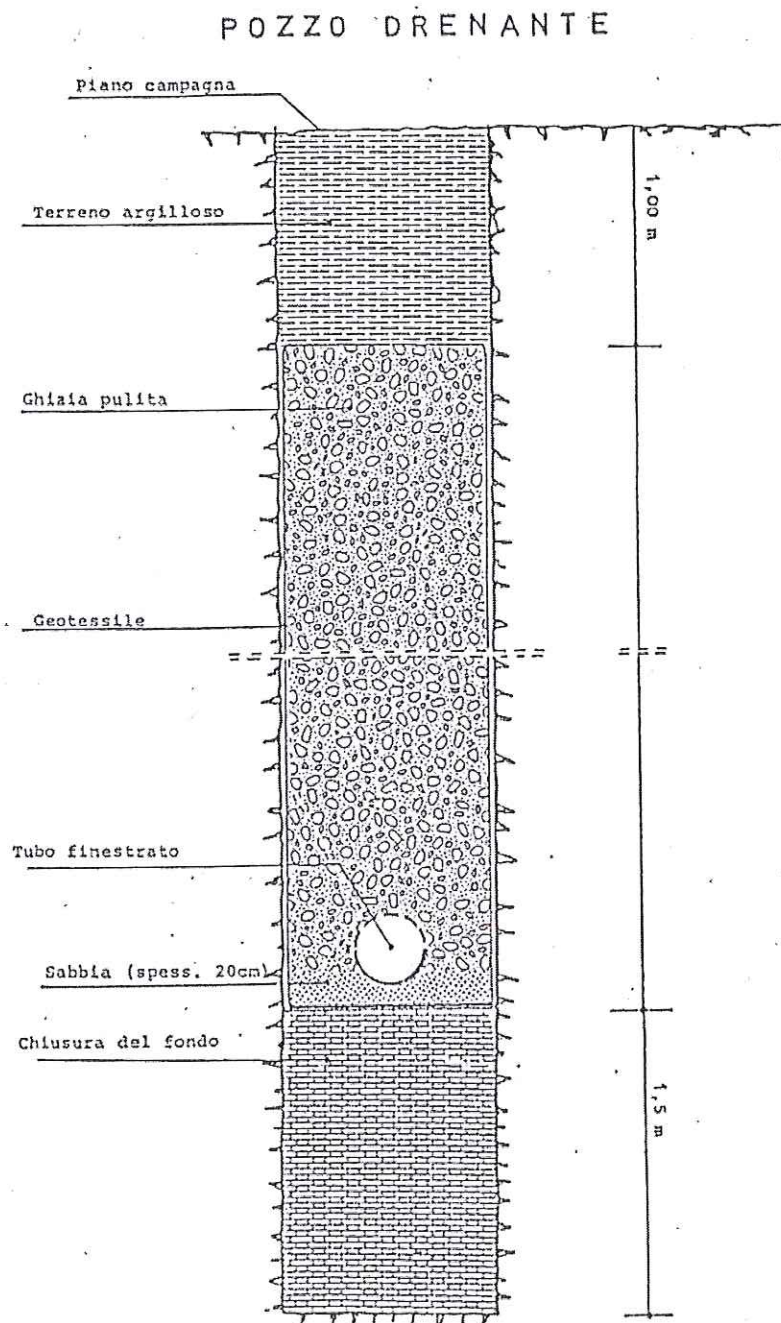


Fig. 8 – Schema di un pozzo drenante

5. SISTEMAZIONE DEI TRATTI TORRENTIZI

Tra le opere di difesa idraulica del suolo, la più importante è quella della sistemazione dei tratti torrentizi sul versante di Raicelle per impedire l'intensa erosione lineare da parte dell'acqua corrente.

La prevenzione e l'arresto dell'erosione in alveo e sulle sponde producono effetti benefici sull'equilibrio idrogeologico del versante. Essi contribuiscono alla stabilizzazione dei pendii argillo-marnosi limitando così l'erosione diffusa, riducendo gli apporti di materiale solido al corso d'acqua e ritardando i processi di interrimento dell'alveo.

Il controllo dell'erosione lineare si ottiene solitamente con opere trasversali che consentono di dissipare, a valle degli sbarramenti, l'energia posseduta dall'acqua corrente. Il gradonamento del letto torrentizio mediante la costruzione di briglie ottiene infatti di ridurre opportunamente la pendenza dell'alveo fra briglia e briglia, per raggiungere condizioni di deflusso delle acque compatibili con la stabilità del materiale d'alveo (Fig. 9).

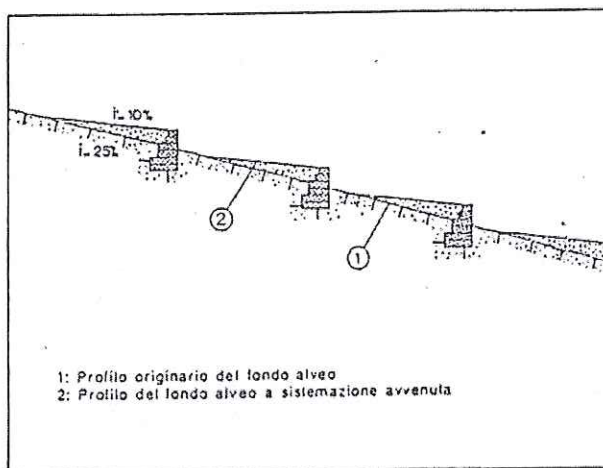


Fig. 9 - Regolarizzazione del corso d'acqua mediante briglie

Quando la velocità della corrente raggiunge 0,2 m/sec, il torrente comincia a strappare dal proprio alveo particelle di 0,2 mm di diametro ed ha così inizio l'erosione. Se la velocità scende a 0,10 m/sec la corrente non riesce più a staccare tali particelle, pur continuando a trasportare quelle già in sospensione. La velocità deve ridursi a 0,01 m/sec perché la corrente non riesca più a trasportare in sospensione le particelle di 0,2 mm, che cominciano così a sedimentare.

Per il calcolo della pendenza di equilibrio, nei tratti ove non vi siano notevoli accidentalità nell'alveo, e si possa quindi ritenere il moto dell'acqua pressoché uniforme, si può utilizzare la formula:

$$i_e = \frac{(vu_1)^{10/3} B^{4/3} n^2}{Q^{4/3}}$$

dove:

i_e : pendenza di equilibrio;

u_1 (m/sec) : velocità limite per la quale inizia l'erosione dell'alveo; dipende dalla granulometria del materiale di fondo;

v : rapporto fra la velocità media della corrente nella sezione e la velocità al fondo, normalmente prossimo a 1,3÷1,5;

B (m) : contorno bagnato, che può essere in genere approssimato con la larghezza dell'alveo;

n ($m^{-1/3}$ sec) : coefficiente di scabrezza dell'alveo, valutato secondo la formula di Manning-Strickler $\chi = 1/n R^{1/6}$, ove χ è il coefficiente di resistenza in moto uniforme ed R è il raggio medio;

Q (m^3 /sec) : portata di piena per la quale si progetta la correzione del corso d'acqua; si fa di solito riferimento a portate aventi tempi di ritorno di qualche decennio.

La determinazione dei suddetti parametri lungo l'intera asta torrentizia consente di tracciare il profilo di equilibrio e, fissata la localizzazione e l'altezza delle briglie, di definire il profilo dell'alveo sistemato.

Per il controllo dell'erosione e dei dissesti sul pendio le briglie in gabbioni offrono, inoltre, una vantaggiosa possibilità: la briglia stessa può essere sopraelevata ed ingrossata, semplicemente modificandone la sezione senza dover manomettere la vecchia struttura. In funzione delle esigenze che via via si manifestano, è possibile effettuare graduali successive sistemazioni della struttura (Fig. 10 a,b).

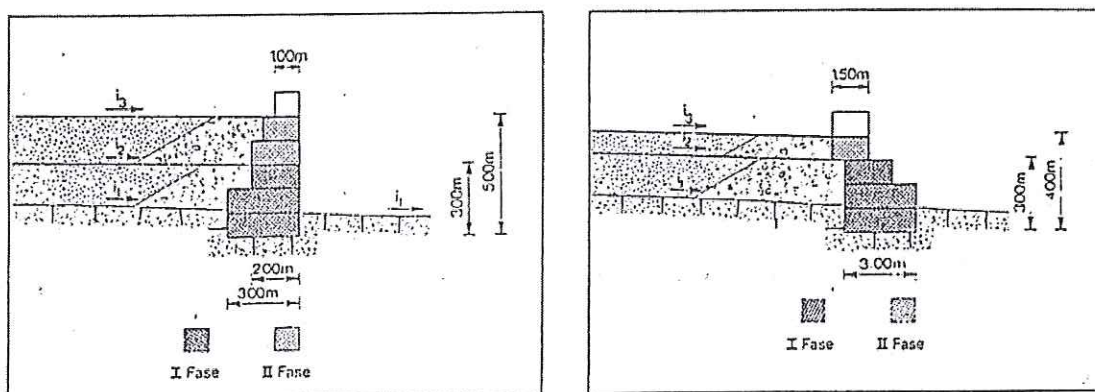


Fig. 10 a,b - Esempi di sopraelevazione di briglie in gabbioni.

Gli sbarramenti in gabbioni devono essere effettuati a parete di valle verticale (fig. 11). Questo tipo è certo quello di più semplice esecuzione, ed è particolarmente indicato per la realizzazione di opere di difesa idraulica di modesta portata, specie se in successione l'una all'altra.

Le briglie in gabbioni a parete di valle verticale presentano il vantaggio che la vena stramazzante è distaccata dalla parete stessa ed è areata: ciò garantisce la integrità della struttura, ed in particolare della

rete metallica, nei confronti delle azioni di abrasione ed urto da parete del materiale di trasporto.

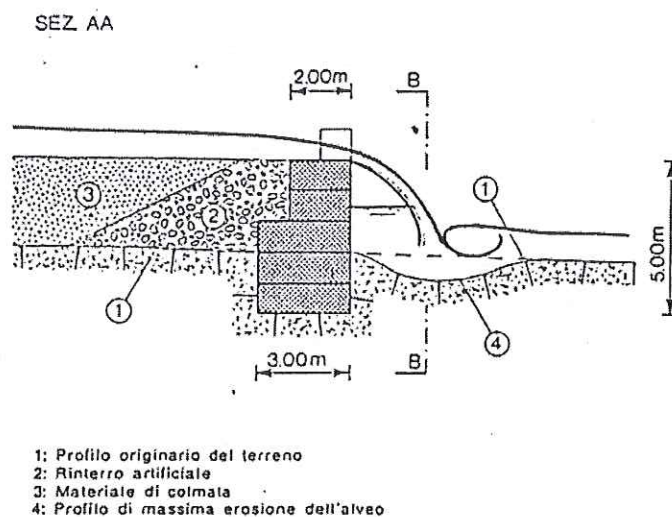


Fig. 11 - Schema di sbarramento con parete di valle verticale

Soltanto la gaveta resta esposta all'usura e va adeguatamente protetta. A tale scopo si impiegano rivestimenti in tronchetti di legno, o lamiera metalliche di adeguato spessore, saldamente ancorati alla rete metallica, o in calcestruzzo, da gettarsi sulla gaveta ad assestamento avvenuto della struttura e, comunque, lasciando frequenti giunti: il getto deve ovviamente annegare la rete metallica da proteggere.

MURO LUCANO VERSANTE RAICELLE

QUADRO ECONOMICO

a) LAVORI IN APPALTO

a.1 lavori a misura, a corpo, in economia;		674.224,94
di cui oneri per la sicurezza interni al prezzo	0,351%	2.366,53
a.2 oneri della sicurezza, non soggetti a ribasso d'asta;	7,18%	48.409,35
TOTALE ONERI PER LA SICUREZZA		50.775,88
LAVORI A BASE D'ASTA		671.858,41

A) LAVORI 674.224,94

b) SOMME A DISPOSIZIONE della stazione appaltante per

b.1 lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto, ivi inclusi i rimborsi previa fattura -

b.2 rilievi, accertamenti e indagini;		14.969,56
b.3 allacciamenti ai pubblici servizi;		
b.4 imprevisti;	4,0%	26.874,34
b.5 acquisizione aree o immobili e pertinenti indennizzi;		5.000,00
b.6 accantonamento di cui all'articolo 133, commi 3 e 4, del codice;		-
b.7 Spese di cui agli articoli 90, comma 5, e 92, comma 7-bis, del codice, spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità, l'importo relativo all'incentivo di cui all'articolo 92, comma 5, del codice, nella misura corrispondente alle prestazioni che dovranno essere svolte dal personale dipendente		94.968,09
b.8 spese per attività tecnico amministrative connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione	0,72%	4.854,42
b.9 eventuali spese per commissioni giudicatrici;		1.000,00
b.10 spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche;		2.500,00
b.11 spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici		-
b.12 I.V.A., eventuali altre imposte e contributi dovuti per legge		
a Casse previdenziali Professionali	4,0% di b.7	3.798,72
b IVA Spese tecniche	22,0% di b.7+b.12.a	21.728,70
c IVA sui lavori	22,0% di a.1	147.808,85
TOTALE IMPOSTE		173.336,27

B) TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE 323.502,68

TOTALE GENERALE (A+B) 997.727,62