

MINISTERO DELL'AMBIENTE

REGIONE PIEMONTE

Assessorato Regionale all'Ambiente

RISANAMENTO AMBIENTALE DELLA EX MINIERA DI AMIANTO

"S. VITTORE" NEI COMUNI DI BALANGERO E CORIO

SISTEMAZIONE STATICA IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA

DEL LATO SETTENTRIONALE DEL SITO (Lato Corio)

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

INDICE

1) PREMESSA.....	1
2) CRITERI ISPIRATORI DEL PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO	2
3) CANTIERISTICA PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE	6
4) ASPETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI	9
5) DESCRIZIONE DEL PROGETTO	10
5.1) MESSA IN SICUREZZA DELLA PORZIONE SOMMITALE DEL PENDIO	11
5.2) SISTEMAZIONE DEL VERSANTE	13
5.3) SISTEMAZIONE DEL PIEDE	16
5.4) OPERE COMPLEMENTARI.....	18
6) GIUSTIFICAZIONI TECNICHE DELLE SCELTE PROGETTUALI.....	19
7) CONSIDERAZIONI GENERALI SULLE PROBLEMATICHE RELATIVE AGLI ASPETTI SANITARI E AMBIENTALI	23
8) CONTROLLI E MONITORAGGI SUCCESSIVI ALL'INTERVENTO.....	25
9) QUADRO ECONOMICO E PROGRAMMA TEMPORALE DEGLI INTERVENTI.....	26

1) PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto esecutivo delle opere di sistemazione statica, idrogeologica ed idraulica del versante lato Corio dell'ex-amiantifera di Balangero. Il progetto esecutivo è il frutto del recepimento, avvenuto in più fasi, delle idee progettuali sviluppate in sede di progetto definitivo e delle indicazioni e prescrizioni in sede di autorizzazione; inoltre lo sviluppo di alcune esperienze di lavoro in sito e sperimentazioni curate direttamente dall'RSA e in alcuni casi dai progettisti hanno condotto al perfezionamento di alcune tipologie o caratteristiche di intervento (miscele per le semine, micorizzazioni, canalette con geomembrana).

In definitiva, il presente progetto esecutivo è quindi lo sviluppo in dettaglio del progetto approvato, approfondito e migliorato in alcuni elementi costruttivi non rilevanti in termini generali ma certamente importanti per la riuscita complessiva dell'intervento.

Infine, per quanto riguarda gli aspetti economici, l'Elenco Prezzi, le Analisi prezzi ed il Computo Metrico sono stati aggiornati a causa dell'adozione del nuovo prezzario regionale di riferimento, (relise del dicembre 2001).

Nel rapporto che segue vengono presentate le considerazioni generali sui criteri ispiratori del progetto di consolidamento del versante Fandaglia della discarica della miniera di amianto a cielo aperto di Balangero.

Gli scriventi, professionisti con specifiche competenze tecniche nel campo dell'ingegneria geotecnica, della geologia, dell'ingegneria idraulica, della riforestazione e del trattamento di sostanze tossiche, si sono costituiti in temporanea associazione per fornire alla RSA le risposte richieste ai fini della definitiva soluzione del problema della discarica Fandaglia.

Nel luglio 1996, sulla base degli elementi fino a quel punto disponibili e di un primo sopralluogo, è stato redatto un progetto preliminare, sottoposto all'approvazione dell'Amministrazione Appaltante e da questa ritenuto meritevole di ulteriori approfondimenti; successivamente, in data gennaio 1998, è stato presentato il progetto definitivo in cui sono stati approfonditi gli elementi progettuali individuati in sede preliminare, con lo scopo di fornire all'Amministrazione un progetto di sistemazione del versante spinto ad un livello di dettaglio tale da consentire una valutazione approfondita

delle scelte progettuali, delle tecniche previste per attuarle e una stima precisa dei costi di realizzazione dell'intervento previsto; sulla base di tale progetto l'Amministrazione appaltante ha individuato il presente progetto quale vincitore del concorso internazionale, sottoponendolo all'approvazione del proprio comitato tecnico interno di controllo (CTOC); tale approvazione, avvenuta definitivamente in data 28/06/1999, ha consentito la redazione del presente progetto definitivo, redatto ai sensi della legge 109/94 e s.m.e.i., al fine di ottenere le necessarie autorizzazioni e procedere quindi alla fase di progettazione esecutiva e di esecuzione dei lavori.

A seguito dell'avvenuta approvazione di tale progetto in sede di Conferenza dei Servizi in data 6/4/2001, è stato quindi redatto il presente progetto esecutivo.

2) CRITERI ISPIRATORI DEL PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO

Il materiale in sito si presenta abbandonato lungo un versante montano piuttosto acclive, sul quale è stato scaricato nel corso degli anni senza alcun particolare criterio ispiratore che ne consentisse lo stoccaggio in condizioni di sicurezza, fatto salvo per le grandi gradonature del piede, peraltro abbandonate al momento del fallimento.

L'analisi di dettaglio compiuta sia a partire dalla documentazione esistente sia mediante approfonditi sopralluoghi effettuati a più riprese in sito, ha consentito di verificare e affinare le ipotesi proposte in sede preliminare riguardanti le attuali condizioni di stabilità del pendio e le tecniche ingegneristiche da adottare per la sua stabilizzazione.

In particolare si conferma **la validità dell'assunzione basilare sulla quale era stato formulato il progetto preliminare, relativa alla stabilità complessiva del pendio, individuando nei fenomeni di erosione e incontrollato deflusso delle acque superficiali di ruscellamento le cause principali del dissesto in atto.**

Nelle allegate relazioni specifiche sono riportate le verifiche di stabilità che giustificano tali assunzioni progettuali di base, e ad esse si rimanda per maggior dettaglio.

E' stato quindi concertato un intervento di tipo relativamente leggero, mirato essenzialmente alle problematiche geotecniche (stabilità del pendio), idrauliche (controllo delle acque di erosione e di infiltrazione) e forestali (ripresa vegetativa del fronte e contemporaneo consolidamento superficiale).

L'erosione e il mancato controllo delle acque superficiali di ruscellamento si sono rivelati i problemi più gravi e su di essi si sono concentrati gli sforzi progettuali, studiati e mirati ad un processo realizzativo che consentisse di operare per fasi successive e con impegni economici di spesa per i lavori che non fossero particolarmente impegnativi presentando al contempo un contenuto impatto ambientale sul territorio, dal momento che si è ritenuto comunque di affrontare la stabilità del pendio per step successivi, viste anche le dimensioni significative dello stesso.

Le opere proposte consistono in **semplici riprofilature** e nello **stretto controllo delle acque che investono il corpo discarica**, sia infiltrandosi dal pianoro sommitale sia ruscellando con grande potere erosivo lungo il corpo discarica: su questi due aspetti si sono concentrati gli sforzi di stabilizzazione, facendo ampio ricorso ad interventi leggeri, con tecniche bio ingegneristiche, che non stravolgesse l'aspetto finale del pendio ma che anzi lo migliorassero in misura significativa. Elemento assolutamente non trascurabile nella definizione delle tecniche operative da adottare è stato **l'aspetto sicurezza in sede di cantiere**; a questo proposito gli interventi previsti sono stati selezionati non solo in funzione dell'assetto finale del versante e dell'incidenza economica delle opere, ma anche, se non soprattutto, in funzione della facilità di esecuzione nell'ambito del sito in esame. Il diagramma di flusso allegato riporta schematicamente le varie fasi dell'opera nel suo intero sviluppo fino al conseguimento degli obiettivi proposti.

Il progetto ha avuto come obiettivo principale anche il controllo delle emissioni di materiali polverosi nell'aria: sono stati ridotti al massimo i volumi di terreno da scavare e movimentare; sono stati proposti dispositivi di controllo delle polveri relativamente semplici, poco costosi e che non richiedessero particolari tecnologie di tipo chimico; sono state adottate tecniche di movimentazione del materiale a ridotto impatto ambientale e di semplice funzionamento, anche relativamente al numero di personale impiegato; sono previste tecniche agronomiche che riducono al minimo indispensabile il passaggio dei mezzi.

Tutto il piano di recupero - contemporaneo ambientale e di raggiungimento delle condizioni di sicurezza statica - è stato predisposto in modo da poter facilmente essere monitorato in automatico in coordinamento con quanto previsto dall'Amministrazione, sia per quanto riguarda la stabilità del corpo discarica (problematiche geotecniche) sia per quanto riguarda gli aspetti di inquinamento. Uno sforzo importante è stato dedicato alla

limitazione e controllo di queste problematiche e si ritiene di avere raggiunto, con quanto proposto, una soluzione soddisfacente sia da un punto di vista tecnico che economico.

In definitiva il programma che si intende formulare è stato concepito nel tentativo di coniugare le due principali esigenze che sono state prospettate già in sede di bando di gara, ed in particolare:

- il desiderio di proporre una serie di lavori che fossero in grado di consentire - per quanto possibile - il **conseguimento contemporaneo della messa in sicurezza del versante e del recupero ambientale**, cercando di ottenere al contempo un sensibile contenimento della spesa, rispetto ad altre soluzioni progettuali.

Si è quindi ritenuto opportuno formulare un approccio di analisi al problema che fosse in grado di consentire il raggiungimento di un sufficiente grado di sicurezza del versante senza intervenire sullo stesso con opere troppo massicce e dispendiose. **La flessibilità e l'adattabilità delle opere di rinforzo e recupero ambientale all'attuale morfologia e topografia del pendio** sono state ritenute di fondamentale importanza nel concepire l'intervento: le tecniche descritte nel seguito sono state già usate con buon successo in alcuni importanti recuperi funzionali di grandi miniere a cielo aperto che dovevano essere chiuse in Nord e Sud America, con condizioni climatiche spesso molto difficili, in aree desertiche con scarsa disponibilità di tecnologia e materiali di intervento, etc., così come riportato in bibliografia (allegata alla relazione geotecnica).

La filosofia principale dell'intervento è quindi quella di garantire la sicurezza del pendio cercando di eliminare alla fonte le possibili cause di instabilità, agendo sulle stesse in misura del tutto radicale. L'ipotesi progettuale di questo documento ha l'obiettivo di limitare al massimo eventuali interventi massicci preferendo piuttosto procedere con un approccio di tipo *osservazionale*, basato sul controllo continuo del corpo di discarica sia nelle fasi di intervento sia nel corso dei primi anni successivi agli interventi (che saranno sicuramente i più critici per l'intero sistema), sia con strumentazione geotecnica sia con la facilitazione dell'attecchimento della vegetazione naturale che dovrà seguire alla stabilizzazione definitiva del corpo discarica (eventualmente anche con riprese degli interventi là dove inevitabilmente le condizioni pedologiche e gli eventi meteorici ne ritarderanno l'efficacia), sia predisponendo piste di accesso lungo tutto il versante indispensabili per ogni successivo intervento di ripristino e manutentivo.

Relativamente agli **interventi agroforestali** il criterio ispiratore seguito è stato quello di utilizzare **tecniche agronomiche che favorissero dapprima l'avvio di un processo di pedogenesi**, soprattutto per quanto riguarda la componente biologica del suolo (microflora e turnover della sostanza organica), **e in secondo luogo** che, dopo azioni di rinverdimento diffuso ma non intensivo su tutto il versante, **innescassero una rivegetazione naturale alimentata dalla presenza di vegetazione di impianto artificiale**. Si è quindi tenuto in debito conto l'aspetto progettuale connesso alla ricostituzione di un ecosistema stabile sulla discarica a partire dalla ricostituzione del turnover della sostanza organica e dalla ristabilizzazione di una flora microbica base indispensabile della catena trofica.

Proprio per favorire l'attecchimento e lo sviluppo degli alberi e arbusti messi a dimora, e per rendere più efficienti gli interventi a verde, sia da un punto di vista ambientale, sia economico, **gli apparati radicali delle piante verranno trattati con una sospensione contenente funghi micorrizici**, il cui scopo consiste nel favorire l'assorbimento di elementi minerali e nella stimolazione dello sviluppo dell'apparato radicale stesso. E' previsto l'utilizzo di terra agraria solo in corrispondenza di alberi e arbusti impiantati e non su tutta la superficie per evitare la movimentazione di materiale e l'appesantimento della massa, quando anche scarse siano le probabilità di trattenimento del terreno vegetale su un substrato così ricco in scheletro.

Lo scopo prefissato è quindi quello di inserire il versante nel paesaggio circostante al fine di "naturalizzarlo" sotto il profilo ecologico, comprendendo gli aspetti vegetazionali e quelli faunistici.

Cercando di sintetizzare quanto sopra, la soluzione proposta presenta al contempo i seguenti importanti vantaggi:

- è economicamente vantaggiosa;
- non richiede massicci interventi di cantierizzazione;
- non necessita la movimentazione di grandi volumi di materiale;
- è strutturata in modo da garantire anche in fase di cantiere la sicurezza ambientale dei paesi vicini e delle popolazioni locali in quanto prevede una movimentazione di materiale molto contenuta sia in termini quantitativi sia in termini spaziali;
- non richiede il ricorso a costose e sofisticate tecnologie chimiche per il controllo delle

emissioni di fibre di amianto nell'atmosfera in quanto prevede una movimentazione contenuta di materiale.

- Può essere realizzata per fasi successive temporalmente diluite.

In sede di approvazione del progetto da parte del CTOC, avvenuta in prima istanza in data 11/06/1999 ed in definitiva in data 28/06/1999, veniva prescritta la realizzazione di un rilevato al piede del settore est di discarica, al fine di salvaguardare ulteriormente la zona denominata "Case Berchera".

Gli scriventi hanno quindi recepito tale prescrizione nella stesura del progetto definitivo ed esecutivo.

3) CANTIERISTICA PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE

Come approfondito nelle precedenti fasi progettuali, il processo di movimentazione del materiale scavato rimane un punto cruciale di questo progetto a causa:

- delle notevoli distanze da percorrere tra la testa del versante ed il suo piede. La grande volumetria di terreno in gioco comporterebbe l'impiego di un notevole numero di mezzi meccanici e - di conseguenza - il sollevamento di grandi quantità di polveri durante la movimentazione ed il trasporto;
- delle forti pendenze e dislivelli da vincere;
- della scarsità di disponibilità di acqua sul versante per approvvigionare i dispositivi irroratori;
- della sicurezza degli operai addetti ai lavori;

La soluzione prospettata prevede l'utilizzo **un sistema di trasporto a fune**, con una capacità al gancio di circa 15.000 Kg, capace di trasportare un carico di terreno dalla testa del pendio fino al piede presso il rio Fandaglia in pochi minuti.

La validità della scelta di questo tipo di installazione - di tipo provvisorio rimovibile completamente al termine dei lavori - è stata verificata ed approfondita in sede esecutiva, pur rimandando la progettazione esecutiva del sistema all'impresa appaltatrice. Nell'offerta economica si è pertanto considerato un **affitto** di detta installazione per una durata di tempo compatibile con i volumi da trasportare a valle.

I **vantaggi di questa soluzione sono evidenti**, ed in particolare si potranno:

- **sopprimere le percorrenze di lunghe distanze con normali mezzi di cantiere**, con aumento della sicurezza e diminuzione dell'impatto ambientale nel corso dei lavori;

- **eliminare le difficoltà dovute ai forti dislivelli** e permettere la rimozione dei volumi di terreno ad ogni livello del corpo discarica - con aumento della sicurezza - sia per i materiali di scavo che per il materiale necessario alla rivegetazione;
- **evitare fondazioni di corpi rigidi sul corpo discarica** (operazione questa che si presenta difficile, costosa, pericolosa e senza grandi certezze di funzionalità);
- semplificare il mantenimento dell'opera;
- controllare e **ridurre ulteriormente il quantitativo di polveri emesse nell'atmosfera** durante gli scavi.

In linea di massima i sistemi analizzati funzionano con una fune fissa, una fune di trazione/freno, un gruppo diesel idraulico ed un carrello trasportatore dotato di paranchi che permettono al sistema di salire e scendere lungo il versante, operando lo scarico in qualunque punto del versante lungo la linea.

Per quanto riguarda gli accessi e la realizzazione dell'area di cantiere si prevede l'ingresso di uomini e mezzi dal lato Balangero, in corrispondenza dell'area di decontaminazione già realizzata dall'RSA, che verrà potenziata dall'impresa appaltatrice secondo quanto previsto nel Piano di Sicurezza; eventuale insediamento temporaneo degli operai dovrà trovare collocazione in prossimità di tale area, in modo da garantire comunque, ad ogni turno, la decontaminazione del personale secondo le modalità indicate in sede di redazione del piano di sicurezza.

Per quanto riguarda la viabilità interna, si è preso atto che il progetto lato Balangero prevede la sistemazione delle strade relativamente al versante lato Balangero; nel progetto pertanto si è prevista la sistemazione della viabilità che consente la discesa al piede della discarica lato Fandaglia; poiché l'approvvigionamento e la movimentazione dei materiali sono prevalentemente eseguiti per mezzo dell'impianto a fune, la viabilità verrà comunque interessata da un limitato flusso di traffico veicolare e quindi relativamente sollecitata.

A questo proposito si precisa che il **trasporto del materiale dalla sommità al piede** della discarica **dovrà avvenire esclusivamente mediante sistema a fune**, ed è espressamente **vietata** qualsiasi movimentazione dello stesso dalla sommità al piede discarica mediante mezzi tradizionali su gomma.

E' infine previsto l'utilizzo dell'elicottero per l'effettuazione dell'idrosemina; a questo

proposito si è verificata con ditte specializzate e che hanno già operato per l'RSA, la possibilità di utilizzo di tale mezzo in relazione alle problematiche sanitarie connesse con il sollevamento delle polveri, definendo in tal senso procedure di volo (quota, aree di sosta, etc.) che dovranno essere recepite in sede esecutiva e nel già citato piano di sicurezza.

4) ASPETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Pur rimandando alle relazioni specifiche per maggiori dettagli, nel seguito sono sintetizzati gli aspetti geologici ed idrogeologici essenziali relativi al sito in esame.

Nell'area di intervento si distinguono 3 complessi geolitologici:

- 1) il substrato litoide, costituito da serpentiniti, gneiss minuti ed anfiboliti;
- 2) i terreni di copertura, rappresentati da depositi fluvioglaciali, depositi di frana, alluvioni recenti e copertura detritico-eluviale;
- 3) i materiali costituenti la discarica, suddivisibili in sterile di cava o di abbattimento e sterile di lavorazione.

Il substrato litoide affiora ai lati dell'accumulo ed è stato incontrato a profondità variabili nei vari sondaggi eseguiti. Mentre le serpentiniti, litotipo massiccio anche se fratturato, sono solo localmente ricoperte da placche di detrito o da una debole coltre eluviale, gli gneiss minuti e le anfiboliti sono mascherati da una copertura eluvio-colluviale potente anche alcuni metri.

I terreni di copertura sono ampiamente presenti nel fondovalle con depositi fluvioglaciali e alluvioni recenti. Al disotto del corpo della discarica, oltre alla coltre eluvio-colluviale e detritica sono stati rinvenuti anche, nel settore orientale, corpi di frana sia precedenti alla messa in posto dell'accumulo sia conseguenti al sovraccarico determinato del progressivo deposito dello sterile.

Il materiale costituente la discarica è suddivisibile in sterile di cava, costituito da materiale molto grossolano con blocchi di varia cubatura utilizzati per costruire il piede dei gradoni, ed in sterile di lavorazione a granulometria grossolana ma ben gradata con associata matrice fine, con cui è stato formato il corpo della discarica.

Gli sterili di abbattimento e di lavorazione appoggiano sia sul substrato litoide sia sui vari terreni di copertura in quanto solo localmente si è proceduto alla preparazione del piano di posa dell'accumulo.

Per quanto attiene alla caratterizzazione geotecnica dei vari complessi geolitologici, si rimanda allo specifico elaborato geologico.

Sotto il profilo idrogeologico, si possono riconoscere tre unità:

- terreni a permeabilità elevata (materiale di discarica e alluvioni recenti dell'alveo del Fandaglia)

- terreni a permeabilità media (depositi fluvioglaciali)
- terreni a permeabilità bassa (copertura eluvio-colluviale).

Al contatto tra corpo di discarica e piano di appoggio si è instaurata una falda freatica alimentata dalle acque di infiltrazione superficiale.

Un asse drenante sepolto molto marcato è costituito dall'incisione, ora ricoperta dall'accumulo, del Rio del Prato che convoglia le acque percolanti all'interno del deposito verso l'alveo del Fandaglia.

Ai piedi della discarica, nell'area di originaria confluenza dei due corsi d'acqua, la falda presenta marcati caratteri di artesianesimo livellandosi all'inclinometro I2 molto al disopra del piano del gradone.

Per evitare che col tempo possano instaurarsi sottopressioni anomale si dovrà procedere ad un drenaggio del corpo di frana attraverso la messa in opera di dreni suborizzontali, più numerosi in corrispondenza dell'incisione torrentizia sepolta, e di pozzi drenanti sul gradone al piede dell'accumulo.

5) DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La proposta formulata per la definitiva messa in sicurezza del fronte di discarica e per il suo contemporaneo recupero ambientale consiste in sintesi in:

- **messa in sicurezza della porzione sommitale del pendio** sul grande ripiano sommitale con la riduzione della potenzialità di formazione dei giunti di trazione i quali garantiscono un continuo rifornimento di materiale instabile – pur se per volumi relativamente modesti – al resto del pendio;
- **controllo dell'erosione** su tutta l'altezza del fronte;
- **risistemazione del piede del versante**, in parte abbandonato al momento del fallimento dell'amiantifera ed in parte rimodellato in misura alquanto caotica dal materiale franato nel corso dell'alluvione del 1993.
- Innesco di una rivegetazione naturale alimentata da una vegetazione di impianto artificiale.

Gli scopi prefissi verranno conseguiti con modeste riprofilature del versante su tutta la sua altezza, cercando di adattare il più possibile il profilo finale all'attuale topografia diminuendo in questo modo in maniera significativa le opere di movimentazione delle terre, con un massiccio ricorso a tecniche di ingegneria naturalistica per facilitare e rendere più veloce il rinverdimento.

Il ricorso alle opere di rinverdimento trae lo spunto dall'analisi di quelle parti di versante in cui il ruscellamento delle acque superficiali si presenta minore o del tutto assente: in queste aree infatti la vegetazione ha potuto affrancarsi e svilupparsi. Si ritiene pertanto che ricreando sul versante condizioni di controllo delle acque e limitazione del ruscellamento superficiale la vegetazione possa, in un periodo di tempo relativamente breve, fare il proprio corso garantendo il conseguimento contemporaneo degli scopi previsti: messa in sicurezza e recupero ambientale.

Anche da un punto di vista squisitamente teorico è stato fatto un notevole sforzo nel tentativo di giungere ad una giustificazione della filosofia progettuale proposta, utilizzando moderne tecniche di calcolo che tengono anche conto dell'effetto consolidante della vegetazione.

Sono inoltre previsti alcuni interventi complementari, comunque indispensabili per il raggiungimento degli obiettivi progettuali, consistenti in:

- realizzazione di sistema di captazione e controllo dei deflussi sotterranei mediante dreni sub-orizzontali e batterie di pozzi, al fine di eliminare la principale causa di instabilità di innesco di superfici di scivolamento dal versante;
- ripristino funzionale del bacino di sedimentazione e filtraggio esistente a monte del rilascio delle acque nel torrente Fandaglia.

Nel seguito sono descritte in dettaglio le opere in progetto, suddivise nel modo seguente:

- messa in sicurezza della porzione sommitale del pendio;
- sistemazione del versante;
- sistemazione del piede;
- opere complementari.

5.1) MESSA IN SICUREZZA DELLA PORZIONE SOMMITALE DEL PENDIO

Aspetti geotecnici

Da un punto di vista degli aspetti geotecnici la sistemazione in sicurezza della cresta sommitale del versante ha presentato le problematiche maggiori, legate alla presenza dei numerosi giunti di trazione presenti sul piazzale immediatamente a tergo

della cresta sommitale. Questi segni sono sintomatici della situazione più delicata dell'intero versante in quanto da quest'area prendono origine i fenomeni franosi, fino ad oggi di moderata intensità, che tendono ad interessare la cresta del versante a seguito del mancato controllo delle acque piovane che si infiltrano nel versante e danno vita a solchi di erosione che all'estremità orientale hanno assunto dimensioni ormai significative, con incisioni profonde anche alcuni metri.

L'arresto di questa particolare fenomenologia di instabilità appare di fondamentale importanza ed è decisivo ai fini della stabilità dell'intero versante in quanto da queste zone provengono i "rifornimenti" di materiale mobilizzato a scarsissima resistenza che tendono ad instabilizzarsi sul versante a seguito di importanti eventi meteorici. Le gradonature di testata verranno ovviamente estese fino a tergo dei giunti di trazione attualmente esistenti: l'intervento consentirà, unitamente alla regimazione delle acque, di impedire la formazione ed il ripetersi di questi particolari fenomeni.

L'intervento che si va a proporre tiene pertanto conto di queste due fenomenologie e consiste nella riprofilatura della parte sommitale del pendio con la formazione di gradoni in scavo che consentiranno di regolarizzare la parte finale del profilo: sui gradoni verrà attuata un'attenta regimazione delle acque superficiali unitamente ad un rinverdimento controllato che consentirà un graduale recupero ambientale della sommità della discarica.

Il materiale scavato in quest'area - che ammonta complessivamente a circa 260.000 m³, verrà movimentato lateralmente con mezzi d'opera tradizionali e verso valle esclusivamente utilizzando un sistema a fune e scaricandolo in corrispondenza del costolone di contrasto realizzato tra le quote 580 e 760.

Regimazioni idrauliche

La regimazione delle acque nella porzione sommitale del pendio avviene mediante un sistema di canalette in legno a sezione crescente, disposte sul ciglio del piazzale sommitale riconfigurato ed in corrispondenza dei tre gradoni di nuova realizzazione; le acque così captate verranno convogliate verso il sistema di canali di discesa a gradoni e di qui al piede della discarica, evitando l'infiltrazione delle acque nell'area di testata del pendio ed eliminando quindi l'attuale principale causa di innesco dei fenomeni erosivi; in questa zona si è previsto l'utilizzo di canalette con caratteristiche tali da consentire un successivo recupero dell'area, anche a scopi ricreativi curando anche gli aspetti estetici della soluzione adottata oltre naturalmente a quelli tecnico-realizzativi.

Interventi a verde

La porzione sommitale del pendio presenta un'area già parzialmente rivegetata in seguito ad interventi di riporto di terra agraria e di messa a dimora di alberi e arbusti. Quest'area viene salvaguardata in quanto rientra nella fascia di rispetto dell'elettrodotto e verrà ampliata mediante l'impianto di alberi e arbusti sulle aree pianeggianti in testa al rilevato. Verrà anche realizzato l'inerbimento delle gradonature sommitali e della porzione di piazzale sommitale interessata dal cantiere utilizzando il metodo dell'idrosemina da terra e/o con elicottero.

L'intero versante sarà sottoposto a tale intervento che presenta numerosi vantaggi rispetto all'idrosemina con mezzo gommato:

- non si ha il passaggio di mezzi e attrezzature, limitando la produzione di polveri e riducendo il contatto degli operai con il sito. L'elicottero, infatti, vola ad un'altezza tale da non determinare il sollevamento di polveri;
- permette di diminuire il tempo necessario per la semina, garantendo così un'uniformità di germinazione;
- a parità di miscela da idrosemina adottata (molto importante risulta la composizione per l'ammendamento del substrato) l'idrosemina da elicottero si presenta competitiva anche al punto di vista economico (in quanto ad incidenza al metro quadrato).

Fondamentali per un buon risultato dell'inerbimento risultano essere sia la scelta del miscuglio di specie da idroseminare (capacità di sviluppo delle specie su substrati serpentinitici e su substrati praticamente privi di sostanza organica, rusticità, capacità consolidante degli apparati radicali), sia, come già accennato, la composizione della miscela dell'idrosemina che deve essere specificamente preparata, dovendo contenere un adeguato quantitativo di sostanza organica (in particolare sostanze umiche e un prodotto che sviluppa biomassa algale e miceliare), collanti (sia molecole naturali, sia di sintesi), e di cellulosa.

5.2) SISTEMAZIONE DEL VERSANTE

Aspetti geotecnici

Il progetto si basa sulla convinzione - peraltro supportata dall'evolversi dei fenomeni sul versante nel corso di questi ultimi 6 \ 8 anni in cui tra l'altro si sono registrati

nella zona due eventi pluviometrici eccezionali (settembre 1993 e novembre 1994) - che non sono probabili od imminenti fenomeni franosi di grandi dimensioni con superfici di taglio profonde in grado di coinvolgere significative masse di terreno all'interno del corpo principale del pendio: queste argomentazioni sono discusse con maggior dettaglio all'interno della Relazione Geotecnica cui si rimanda.

Per questi motivi gli interventi che si vanno a proporre sono relativamente leggeri e consistono nella formazione di una serie di gradoni di dimensioni contenute (definiti nel progetto "passaggi d'uomo") che hanno lo scopo principale di consentire una corretta raccolta delle acque all'interno del versante e di consentirne lo scarico a valle interessando superfici arealmente contenute con ognuno degli scarichi.

I gradoni intermedi verranno realizzati a partire da una serie di accessi preferenziali e facilitati da realizzarsi partendo dall'estremità del versante, in particolare da quella occidentale che è già servita da strade interne della miniera, pur se oggi abbandonate, che dovranno essere ripristinate.

La realizzazione dei gradoni intermedi di versante avverrà "in avanzamento", avendo in questo modo la possibilità di realizzare le opere di sostegno con strutture in legno ed opere a verde durante i lavori stessi.

I passaggi così realizzati consentiranno anche di procedere sul versante con i mezzi necessari alla realizzazione dei dreni suborizzontali (2 file sul corpo principale) e degli inclinometri (4 in totale sul passaggio d'uomo n° P3) che verranno posti in opera per consentire il monitoraggio della parte centrale del versante per un certo numero di anni a venire.

Verso l'estremità est, ad una quota compresa tra gli 830 m ed i 760 m, è stata individuata un'area che presenta una discreta anomalia geometrica rispetto al resto del versante, in quanto vi si riscontra una pendenza media, circa 50°, di molto superiore a tutto il resto della discarica di sterile.

Si è ritenuto pertanto di intervenire in misura più decisa su questa zona fortemente a rischio: l'intervento consisterà nella realizzazione di un rilevato in terra - da realizzarsi con le usuali tecniche di controllo delle strutture in terra - che avrà il compito di fungere da sperone stabilizzante alla massa instabile di cui sopra: le verifiche di stabilità eseguite

hanno mostrato la grande efficacia di una simile struttura, che può essere realizzata in condizioni di assoluto controllo e quindi avere un'efficacia garantita.

Il materiale scavato sul versante rimarrà in massima parte nell'ambito del passaggio d'uomo, grazie a spostamenti locali che serviranno a profilare il tracciato e a riempire a tergo delle opere di contenimento in legname.

I passaggi d'uomo garantiscono inoltre i seguenti fondamentali vantaggi:

- realizzazione di un intervento relativamente "leggero", che si adegua localmente al versante, consentendo, nel contempo, la regimazione delle acque, l'innescamento di una ripresa vegetativa lungo il versante e l'accessibilità lungo lo stesso per l'esecuzione dei lavori;
- possibilità di accesso per manutenzione nel futuro fino al momento in cui il versante non sarà completamente rivegetato;
- possibilità di intervento sul versante con mezzi d'opera per la realizzazione di drenaggi suborizzontali e perforazioni di carotaggio per l'installazione di tubi inclinometrici.

In corrispondenza dei passi d'uomo n° P3 e P7 è prevista la realizzazione di circa 50 dreni suborizzontali, aventi lo scopo di eliminare l'acqua di infiltrazione dall'ammasso di discarica; in particolare, tali dreni verranno infittiti, secondo le risultanze in fase esecutiva, in corrispondenza dell'incisione del rio del Prato presente originariamente sul versante e che risulta essere un percorso preferenziale per i deflussi sotterranei; la profondità dei dreni, variabile tra 30 e 50 m, consente di raggiungere la zona di contatto tra substrato originario e materiale di discarica. Infine, tali dreni intercettando le acque lungo il versante, evitano che eventuali superfici a minor permeabilità venutesi a creare nel contempo per la compattazione progressiva e non omogenea del materiale depositato, possano innescare fenomeni di franamento.

Regimazioni idrauliche

La regimazione longitudinale delle acque superficiali avviene mediante canali a fondo rivestito (realizzati con geomembrana impermeabile) ubicati in corrispondenza dei "passi d'uomo", a sezione variabile, convoglianti le acque nei 5 canali di discesa a gradoni; tale sistema intercetta le acque ogni 20/30 m, non consentendo alle stesse di raggiungere concentrazioni e velocità tali da provocare l'innescamento dei fenomeni erosivi superficiali, attuali principali cause di dissesto; successivamente il convogliamento al

piede della discarica delle acque raccolte in corrispondenza del piazzale sommitale e lungo il versante in corrispondenza dei "passi d'uomo" avviene mediante la realizzazione di 5 canali di discesa a gradoni, aventi la contemporanea funzione di consolidare gli attuali solchi di erosione principali e di svolgere la funzione di convogliamento delle acque; i gradoni verranno realizzati a partire dal piede della discarica procedendo verso l'alto, in modo da prevedere un limitato e localizzato movimento di materiale e un consolidamento progressivo del solco di erosione, tale da garantire la sicurezza dell'esecuzione; i gradoni sono dimensionati in altezza e lunghezza in modo tale da garantire il contenimento della lama liquida proveniente da monte; l'acqua di imbibimento, che si ridurrà nel tempo con il progressivo intasamento degli spazi interstiziali da parte del materiale fine trasportato a valle dall'acqua, verrà comunque intercettata da una membrana impermeabile posta all'interno dei gradoni stessi.

Interventi a verde

Gli interventi di rinverdimento del versante si differenziano in base alla sistemazione finale delle aree. Si individuano le seguenti situazioni per le quali vengono descritti gli interventi proposti:

- gradonature sommitali: verranno messi a dimora alberi ed arbusti secondo le modalità adottate per la porzione sommitale. Si otterrà così l'intera sistemazione a verde della sommità del pendio;
- accessi: lungo tutti i passi d'uomo verranno impiantati alberi e arbusti con apparato radicale consolidante secondo un sesto lineare che segue lo sviluppo degli accessi. Tutte queste superfici sono inerbite con il metodo di idrosemina già descritto.
- aree più declivi: per queste superfici viene adottato un rinverdimento più intensivo che prevede la realizzazione di palizzate di sostegno con materiale vegetale vivo e l'inerbimento mediante idrosemina da elicottero, in modo da sopperire alla situazione di maggiore pendenza e massimizzare l'effetto stabilizzante superficiale dell'inerbimento.

5.3) SISTEMAZIONE DEL PIEDE

Aspetti geotecnici

Il piede del versante, come mostrano le letture inclinometriche, dimostra una sostanziale stabilità e pertanto non si è ritenuto di prevedere alcun particolare intervento a carattere geotecnico, fatta salva la regimazione e raccolta delle acque di cui si parla più

diffusamente in altro paragrafo.

Le caratteristiche dei gradoni, che non mostrano alcun segno di instabilità e che sono protetti naturalmente sulle loro scarpate di valle da grandi massi di scarto delle lavorazioni, hanno anzi suggerito un loro parziale riutilizzo per l'accumulo di parte del materiale scavato sulla sommità, che viene così messo a dimora in aree staticamente sicure. La vicinanza dei gradoni rispetto alla sommità dal versante, zona da cui provengono i maggiori volumi di scavo, consente inoltre un notevole risparmio di tempi sul tragitto che la funivia compie dalla zona di scavo fino alla zona di scarico, consentendo un contenimento dei costi di affitto della funivia stessa.

In corrispondenza dei gradoni alle quote 620 e 630 si prevede, infine, la realizzazione di una batteria di 6 pozzi drenanti, necessari per eliminare eventuali sotto pressioni dovute alla presenza di acqua di infiltrazione, di cui si è riscontrata la presenza anche in sede di sopralluogo (piezometro in pressione). La loro ubicazione è motivata dalla necessità di intercettare l'originaria incisione del già citato rio del Prato.

Infine, in seguito alle citate prescrizioni del CTOC si prevede la realizzazione di un'opera di contenimento costituita da un rilevato realizzato con materiale prelevato dalla zona est della parte sommitale del versante, realizzando in tal modo un ulteriore alleggerimento della parte sommitale, ampliandone la gradonatura peraltro già prevista nel progetto.

Il rilevato si sviluppa per una lunghezza di circa 240 ml, è impostato a quota di coronamento 643,00 m.s.m. e risulta il naturale proseguimento del gradone di quota 630; ne è prevista l'esecuzione a partire dal "costolone" in progetto fino all'impluvio naturale esistente.

Dalle verifiche effettuate l'opera risulta atta a contenere o limitare il percorso di eventuali masse provenienti dalla zona sommitale, eliminando definitivamente il rischio di un coinvolgimento della Loc. Case Berchera da parte di tali fenomeni.

La posizione planimetrica del rilevato è stata individuata tenendo conto della necessità di garantire lo scolo delle acque a tergo dello stesso; le dimensioni dello stesso consentono la manovrabilità dei mezzi per interventi di manutenzione; il corpo del rilevato verrà trattato mediante idrosemina, così come peraltro l'area di scarica circostante.

Il volume complessivo dell'opera è di circa 64.000 m³.

Regimazioni idrauliche

La regimazione e il convogliamento delle acque al piede della scarica avviene

mediante canali collettori in legname e pietrame di maggiori dimensioni e canalette di raccolta secondaria scavate in roccia o nel terreno esistente; questi intercettano e raccolgono le acque superficiali provenienti da monte e le convogliano verso un canale collettore terminale in materassi a tasche (tipo Reno) che convoglia a sua volta le acque raccolte da tutto il sistema, fino al bacino di sedimentazione e di qui nell'alveo naturale del Torrente Fandaglia.

5.4) OPERE COMPLEMENTARI

Regimazioni idrauliche

Per quanto riguarda la regimazione idraulica è previsto il ripristino della funzionalità del bacino di sedimentazione esistente a monte della confluenza nel T. Fandaglia; a tale scopo è previsto lo svuotamento parziale del bacino, con rimozione di circa 15.000 mc di materiale e loro stoccaggio in area idonea individuata in corrispondenza della zona di accumulo al piede del versante, e il consolidamento della briglia esistente, che evidenzia segni di ammaloramento in particolare sul lato di valle dei gradoni; si prevede il consolidamento del corpo briglia mediante iniezione di cls e il rifacimento della copertina, mediante getto di cls armato con rete elettrosaldata e rivestimento della gaveta e del gradone inferiore con bolognini in pietra di Luserna.

Ad opere terminate il bacino di sedimentazione verrà ad avere un volume utile di circa 20.000/25.000 mc.

Infine è previsto il consolidamento delle due limitate aree in frana in sinistra orografica a monte della briglia, mediante consolidamento al piede con massi di grandi dimensioni (vol. min. 0,3 mc) accostati e riempimento a tergo con materiale proveniente dallo svuotamento del bacino.

Non si prevedono interventi sull'attuale alveo risistemato del Torrente Fandaglia.

Per tutti gli interventi a verde e per quelli di ingegneria naturalistica sono state previste operazioni di ripristino delle fallanze in misura variabile a seconda della tipologia e dell'area di intervento. La loro valutazione economica è già inclusa nella stima economica del progetto.

6) GIUSTIFICAZIONI TECNICHE DELLE SCELTE PROGETTUALI

In definitiva appare utile ed opportuno, anche ai fini di riassumere i criteri ispiratori del progetto descritti in precedenza, ricordare brevemente le motivazioni principali che hanno portato a queste scelte progettuali:

1. L'utilizzo del sistema a fune garantisce una movimentazione di materiali terrosi estremamente contenuta, in quanto i mezzi tradizionali su gomma per il trasporto si muoveranno solo sul piazzale sommitale ed al piede per tragitti di poche centinaia di metri. Inoltre si evitano i percorsi di alcuni chilometri tra la cima del versante ed il piede nel corso della sistemazione del materiale scavato: si ricorda che tali percorsi avverrebbero su strade bianche, polverose con clima asciutto, con pendenze notevoli che obbligherebbero i mezzi ad un super lavoro con conseguente forte inquinamento atmosferico e non trascurabile ricaduta in termini di sicurezza degli stessi operatori. Le strade dovrebbero poi essere continuamente mantenute con forti aggravii di spese durante i lavori (importi questi non trascurabili in quanto relativi ad un periodo di almeno due anni). La movimentazione interna del materiale del piazzale sommitale alle aree di deposito poste al piede versante ha comunque una ricaduta anche economica assolutamente non trascurabile, valutabile in prima approssimazione in almeno 2.500/3.500 £/mc ($3+3=6$ km di movimentazione media x 500 £/km), se effettuata con tecniche tradizionali.
2. Il sistema a fune presenta inoltre l'indubbio vantaggio di poter caricare e scaricare in qualsiasi punto del versante, consentendo quindi di annullare completamente gli spostamenti di mezzi in direzione verticale.
3. L'intervento è stato studiato – con la sua filosofia di procedere per fasi successive – in modo da non richiedere necessariamente lo stanziamento dell'intero ammontare di denaro all'inizio dei lavori, consentendo in questo senso un notevole risparmio ed ottimizzazione della disponibilità dei fondi necessari alla completa messa in sicurezza del versante senza che questi debbano essere resi immediatamente utilizzabili: una tale prospettiva appare particolarmente rilevante in un momento in cui l'accesso ai finanziamenti pubblici non è sempre di immediato recepimento.
4. Il costolone stabilizzato che verrà realizzato verso l'estremità est del versante per garantire il consolidamento della zona molto ripida a quota 710 - non presente nel nostro progetto preliminare - trae lo spunto dal fatto che quest'area non era allora stata individuata in quanto non era disponibile un rilievo di dettaglio. L'efficacia del costolone stabilizzato è dimostrata dalle analisi di stabilità del versante che mostrano

un significativo incremento del coefficiente di sicurezza: grazie alla presenza del sistema funiviario il costolone verrà costruito in tempi relativamente brevi, utilizzando il materiale scavato in testa al pendio e scaricandolo sul costolone stabilizzato alle differenti altezze mano a mano che questo sale in corso di costruzione. Una tale soluzione appare ottimale in termini di cantierizzazione e di contenimento del materiale movimentato.

La realizzazione dello sperone stabilizzato in terra a partire dal gradone a quota 670 m crea notevoli vantaggi dal punto di vista della stabilità del versante, così come dimostrato dalle analisi numeriche. Lo sperone è facilmente realizzabile utilizzando la notevole elasticità operativa della funivia che può scaricare a qualunque quota sul pendio

5. Le opere a verde e le semplici riprofilature annullano del tutto la necessità di intervenire con opere speciali sul versante: queste, oltre che di dubbia efficacia, avrebbero richiesto un notevole dispendio economico, vista la loro difficile cantierabilità su di un versante che si presenta quasi inaccessibile; anche in questo caso il sistema a fune consente l'approvvigionamento del materiale in qualunque punto del versante (in verticale); materiale, tra l'altro, di limitato peso ed elevata maneggevolezza.
6. I gradoni esistenti al piede, che si trovano in ottime condizioni di stabilità, non vengono modificati verso il confine est del versante Fandaglia in quanto la loro prosecuzione avrebbe richiesto la movimentazione di un enorme quantitativo di materiale, difficilmente stoccabile e comunque dannoso in fase di scavo per il grande quantitativo di polveri in atmosfera che una simile operazione avrebbe richiesto
7. Il progetto prevede la realizzazione per fasi di un sistema di drenaggio piuttosto importante all'interno del corpo di discarica attraverso la realizzazione di dreni suborizzontali e di pozzi di rilascio di eventuali sovrappressioni interstiziali da realizzarsi al piede del versante in corrispondenza della vecchia incisione valliva del Rio del Prato: anche in questo caso verranno realizzate delle opere per fasi, garantendo un monitoraggio automatico della situazione degli acquiferi nel versante. Il sistema garantirà infatti la messa in sicurezza del versante per quanto riguarda il suo drenaggio ed il piede indipendentemente dai quantitativi di acqua che sono presenti al suo interno e sui quali attualmente non si sa molto: nel caso in cui le opere dovessero dimostrarsi insufficienti sarà possibile nel corso delle fasi finali infittirle per garantire che il versante possa rimanere asciutto. Va da se che tutte le perforazioni per i dreni suborizzontali potranno fornire numerose ed utili informazioni perlomeno qualitative

sulle caratteristiche dei materiali attraversati.

8. Lo stoccaggio del materiale scavato all'intero del lago è apparso improponibile per la notevole distanza dello stesso dal cantiere (molti camion = molte polveri = molto tempo = molto costo) e per i danni ambientali che questa operazione avrebbe potuto comportare.
9. Gli accessi al versante vengono minimizzati anche per le fasi finali di rinverdimento, quando l'idrosemina viene fatta da elicottero (senza quindi alzare polveri) e il rinverdimento dei passi d'uomo avviene in corso d'opera su ognuno di loro preso singolarmente: la movimentazione di terreno in questo caso è locale e non comporta emissione di grandi quantitativi di polveri verso le zone abitate limitrofe alla miniera
10. Ogni lavorazione può facilmente essere interrotta in caso di condizioni meteorologiche avverse (ad esempio giornate di forte vento)
11. Le opere progettate non richiedono l'uso di particolari dispositivi chimici per il controllo delle acque, che avviene naturalmente nel bacino di sedimentazione.
12. L'evacuazione delle acque - sotterranee e di superficie - avviene attraverso normali canalette di raccolta, facilmente manutenibili. Le incertezze legate alle condizioni delle acque sotterranee e ad eventuali sovrappressioni vengono eliminate completamente dai pozzi di rilascio costruiti al piede del versante nella zona che coincideva una volta con il Rio del Prato, all'interno della quale si presume possano esserci i maggiori quantitativi di acqua
13. Le opere progettate non richiedono una particolare manutenzione, se non con normale manovalanza non specializzata. I costi di manutenzione sono destinati a diminuire fortemente negli anni immediatamente successivi all'intervento. Non sono previsti particolari impianti di monitoraggio che richiedano costosi interventi: una volta rivegetato il versante ed il pianoro sommitale le acque scaricate a valle saranno praticamente pulite
14. Le lavorazioni proposte non richiedono l'utilizzo di energia elettrica che non sia ottenibile con semplici generatori di normale utilizzo in cantiere. Il sistema a fune previsto in progetto è dotato di un proprio sistema di autogenerazione a gasolio e non necessita di allacciamenti; tuttavia sono state realizzate indagini preliminari con L'Ente Gestore di zona che consentono di prevedere quale possibile anche un eventuale servizio temporaneo, qualora necessario.
15. Le lavorazioni comportano limitati rischi per il personale che andrà ad operare; rischi connessi con la situazione attuale del sito; non sono previsti scavi di grandi dimensioni, non sono previste scarpate di altezza importante od inclinazione troppo

elevata, non sono previste lavorazioni speciali con macchinari pericolosi, non sono previsti interventi continuativi sul versante, se non procedendo lentamente dagli accessi laterali, sono contenute le lavorazioni che comportano il sollevamento di polvere, etc.

16. Le opere progettate potranno essere eseguite in lotti successivi e realizzate con mezzi d'opera e manovalanza del tutto usuale, senza fare ricorso a tecnologie speciali (salvo per i dreni suborizzontali ed i pozzi). Gli interventi per fasi successivi consentiranno di ridurre il costo dell'intervento (ciò che non sarà reputato necessario non verrà realizzato) e di modificare eventualmente "in corsa" quei parametri che si rivelassero non particolarmente corretti (si pensi ad esempio alla possibilità di modificare le miscele di idrosemina o le micorrizzazioni nel corso della seconda fase) oppure al previsto infittimento dei dreni sul versante nelle fasi successive alla prima, da realizzarsi solo nei punti in cui verrà riscontrata la reale necessità.
17. Il recupero ambientale del versante - terminate le fasi di intervento da noi previste - garantisce una certa piacevolezza d'insieme, con specie vegetali variate e di diverse dimensioni
18. La parte del pianoro sommitale, che potrebbe in qualche modo essere più facilmente recuperata all'usufruità da parte delle popolazioni locali, verrà interamente rivegetata e resa accessibile (possibilità di creare sentieri pedonali, piazzole di sosta, etc.) una volta terminato l'intervento.

7) CONSIDERAZIONI GENERALI SULLE PROBLEMATICHE RELATIVE AGLI ASPETTI SANITARI E AMBIENTALI

Pur rimandando nel dettaglio al Piano di Sicurezza, si ritiene nel seguito, in estrema sintesi, di effettuare alcune considerazioni in merito alle problematiche relative agli aspetti sanitari e ambientali connessi con la realizzazione del progetto.

La proposta progettuale formulata nelle pagine precedenti è stata concepita in misura tale da **limitare al massimo possibile le complesse problematiche legate allo spargimento di eventuali residui di minerale di amianto nell'ambiente** circostante, in particolare per quanto riguarda lo spandimento delle fibre nell'aria (fenomeno particolarmente significativo nel caso della movimentazione del materiale) e l'eventuale smaltimento delle stesse ai corpi d'acqua naturali, sia per via superficiale che per via sotterranea per infiltrazione negli acquiferi dell'area interessata.

L'intera filosofia progettuale è stata pertanto maturata avendo come ben preciso scopo quello di cercare di contenere questi disperdimenti, anche per il fatto che le tecniche di controllo delle polveri ed il loro trattenimento al suolo comportano un dispendio economico assolutamente rilevante che avrebbe inciso in misura troppo importante sul quadro economico finale e che si è pertanto cercato di evitare.

Per come è stato concepito il **progetto** e in base alle esperienze acquisite negli ultimi anni in loco, **la possibilità di disperdimento di fibre nell'aria risulta molto piccola** in quanto:

- il materiale scavato in testa al pendio viene movimentato dopo essere stato trattato con dispositivi irrigatori lungo tutto il percorso;
- le piste di lavoro del cantiere, peraltro sollecitate solo nelle fasi di apporto del materiale vegetale per il pianoro sommitale, verranno opportunamente monitorate e, in funzione delle condizioni ambientali di lavoro, si procederà anche al loro irroramento con dispositivi spruzzatori;
- nella formazione delle piste di accesso e contenimento dell'erosione sul corpo discarica si movimenterà pochissimo materiale, limitatamente alla zona di intervento (pochissimi metri intorno al mezzo di lavoro) e senza doverlo spostare su grandi distanze;
- la movimentazione del materiale con automezzi su ruote sarà limitata a tragitti di poche

centinaia di metri, e comunque con materiale umido.

Anche l'acqua raccolta sul pendio andrà progressivamente diminuendo con il crescere della vegetazione e sarà sempre meno inquinata da fibre e meno bisognosa di essere trattata. Con quanto sopra si ritiene che il costo dell'impianto di filtraggio e depurazione delle acque vada progressivamente calando nel corso degli anni.

Tutte le acque rilasciate potranno essere continuamente analizzate per verificare il rispetto dei vigenti limiti normativi, anche in accordo con quanto predisposto dal Piano di Sicurezza; a tal proposito il sistema di captazione e convogliamento delle acque nel bacino di sedimentazione è predisposto in modo da consentire la messa in opera a basso costo di dispositivi di controllo ed eventuale trattamento delle acque prima del rilascio in Fandaglia.

Per quanto riguarda il controllo delle emissioni di fibre nell'aria è prevista da parte dell'Amministrazione in questo caso l'installazione di un sistema di monitoraggio, esteso anche agli abitati vicini all'area di lavoro, che consenta di verificare il mantenimento entro i limiti di legge dei quantitativi di fibre.

8) CONTROLLI E MONITORAGGI SUCCESSIVI ALL'INTERVENTO

Nelle pagine precedenti sono state ampiamente descritte le caratteristiche salienti di questo progetto, ponendo in particolare modo l'accento sulla possibilità di portare in sicurezza statica l'intero versante solamente con opere di tipo leggero e con rinverdimenti intensivi da attuarsi con le più avanzate miscele e procedure tecniche.

E' peraltro evidente che per quanto rapido ed efficace possa essere l'accrescimento delle condizioni di sicurezza nel corso dei primi anni di vita delle opere sarà necessario procedere con un opportuno monitoraggio dello stato del versante.

Per queste ragioni si prevede di operare in accordo al seguente schema:

- mantenimento in funzione della strumentazione esistente e continuazione delle letture fino ad oggi eseguite;
- inserimento, circa a mezz'altezza sul versante principale di 4 nuovi tubi inclinometrici spinti ad una profondità di 60 m che consentano di monitorare lo stato di salute del fronte principale, in particolare nell'area mediana che risulta ad oggi scoperta e priva di strumentazione di monitoraggio;
- realizzazione di un sistema di controllo topografico da realizzarsi con la costruzione di 10 caposaldi sul versante. Questi verranno attrezzati con una particolare strumentazione di fabbricazione e brevetto svizzero (sistema DI-CAS) utilizzato dal Politecnico Federale di Losanna per il monitoraggio topografico delle frane di grandi dimensioni su tutto il territorio svizzero.

Il sistema di controllo topografico è attivo interamente in automatico e consente di eseguire le letture ad intervalli prestabiliti - anche molto ristretti - utilizzando l'operatore solamente per scaricare i dati raccolti dalla centralina su di un normale personal computer. In questo modo si ha funzionante in permanenza un sistema in grado di eseguire un controllo ad alta precisione senza che vi sia la necessità di fare ricorso a costosi interventi di tecnici qualificati con strumentazione sofisticata.

9) QUADRO ECONOMICO E PROGRAMMA TEMPORALE DEGLI INTERVENTI

In sede di progettazione definitiva, sulla base degli elaborati progettuali è stata redatta una accurata stima delle opere da realizzare; per quanto riguarda le voci di elenco prezzi sono desunte dal “Prezziario ufficiale di riferimento per indagini e progetti relativi ad opere pubbliche da realizzare in conseguenza di danni alluvionali” – redatto dalla Regione Piemonte, aggiornato al luglio 1995 e del prezziario “Dei materiali ed opere per il recupero ambientale delle aree degradate e per la sistemazione e rinaturalizzazione di sponde e alvei fluviali e lacustri”, redatto dalla Regione Piemonte ed aggiornato al luglio 1997. Per le voci non previste in tali prezziari sono state redatte apposite analisi.

In sede di progetto esecutivo, a seguito della pubblicazione dell’ Elenco Prezzi della Regione Piemonte – aggiornamento dicembre 2001, è stato aggiornato il computo metrico estimativo, tenendo inoltre conto delle variazioni connesse con l’approfondimento progettuale esecutivo.

Tenuto conto di questi fattori si è redatta la successiva tabella di raffronto tra progetto definitivo e progetto esecutivo; l’importo complessivo dei lavori del progetto esecutivo risulta di Euro 5.327.359,85, con un aumento del 6,3% rispetto al progetto definitivo (pari ad un aumento annuo dell’1,3%), addebitabile fondamentalmente all’aggiornamento dei prezzi.

Non sono stati previsti oneri per espropri poiché l’intervento interessa unicamente le aree di proprietà della miniera; anche le eventuali piazzole esterne necessarie per la realizzazione dell’idrosemina da elicottero verranno previste su terreni di proprietà.

Il successivo quadro economico è relativo alle sole opere in appalto, suddivise secondo le principali categorie:

Si prevede che l'intervento duri complessivamente 36 mesi, con una sequenza temporale prevista nel cronoprogramma allegato.

La sequenza logico-temporale degli interventi è comunque sintetizzata nel successivo schema di flusso.

TEMPO

AMIANTIFERA DI BALANGERO

DISCARICA LATO FANDAGLIA

PROGETTO DI RISISTEMAZIONE

MESSA IN SICUREZZA

RECUPERO AMBIENTALE

FASE 1

RIPROFILATURA DELLA TESTA DEL PENDIO

CREAZIONE DI GRADONATURA CONTROLLO DELLE ACQUE RIVEGETAZIONE

FORMAZIONE DI PISTE DI ACCESSO E BERME DI CONTROLLO EROSIONE

CONTROLLO DELLE ACQUE RINVERDIMENTO CONTROLLATO E CREAZIONE CAMPI SPERIMENTALI

RIPRISTINO FUNZIONALE BACINO DI DECANTAZIONE

CONSOLIDAMENTO BRIGLIA IN C.A. SVUOTAMENTO E AMPLIAMENTO ATTUALE BACINO DI SEDIMENTAZIONE

CONTROLLO STRUMENTALE

INCLINOMETRIE PIEZOMETRIE

mesi

24 mesi FASE 2

REVISIONE COMPLETA DELLE CONDIZIONI DI STABILITA' DEL PENDIO A GRANDE E PICCOLA SCALA

OK

STOP

RIPRISTINI PARZIALI DEGLI INTERVENTI GIA' ESEGUITI

DRENI SUB-ORIZZONTALI SI/NO

ANALISI DI STABILITA' DEL PENDIO CON METODI PROBABILISTICI

REVISIONE DEI DATI DEL PIANO DI MONTAGGIO STRUMENTALE

FASE 3

mesi

mesi

DRENI SUB-ORIZZONTALI SI/NO

SISTEMAZIONE DEFINITIVA DEGLI IMPIANTI VEGETALI TRATTAMENTO DI RINVERDIMENTO ARTIFICIALE TRA UNA PISTA DI ACCESSO E QUELLA ADIACENTE SI/NO

REVISIONE DEI DATI DEL PIANO DI MONITORAGGIO STRUMENTALE

FASE 4

REVISIONE GLOBALE DEL PROGETTO

OK

STOP

RIPRESA DI EVENTUALI INTERVENTI INEFFICACI

mesi

EVETUALE PROSECUZIONE
DEI CONTROLLI STRUMENTALI

ELENCO ELABORATI

- 1) Relazione generale e quadro economico
- 2) Elenco Prezzi
- 3) Capitolato speciale d'appalto
- 4) Computo metrico estimativo
- 5) Analisi prezzi
- 6) Planimetria generale di inquadramento complessivo e individuazione
viabilità interna sc. 1:5.000
- 7) Planimetria generale individuazione interventi sc. 1:2.000
- 8) Planimetria di progetto
 - 8.1) Planimetria di progetto sc. 1:1.000
 - 8.2) Planimetria di progetto sc. 1:1.000
- 9) Planimetria di progetto interventi agro-forestali sc. 1:1.000
- 10) Intervento n. 1: piazzale sommitale
 - 10.1) Sezioni di progetto
 - 10.2) Particolari costruttivi e sestini di impianto
- 11) Intervento n. 2: corpo discarica
 - 11.1) Particolari costruttivi sc. 1:50 – 1:25
 - 11.2) Profili longitudinali sc. 1:1.000
- 12) Intervento n. 3: costolone d'appoggio
- 13) Intervento n. 4: rilevamento contenimento al piede sc. 1:500
- 14) Intervento n. 5: regimazione acque al piede –
discarica e bacino di sedimentazione sc. 1:500
- 15) Sezioni trasversali complessive
- 16) Impianto di trasporto a fune
- 17) Relazione tecnica
- 18) Carta geologica
- 19) Schema di contratto
- 20) Piano di sicurezza
- 21) Cronoprogramma