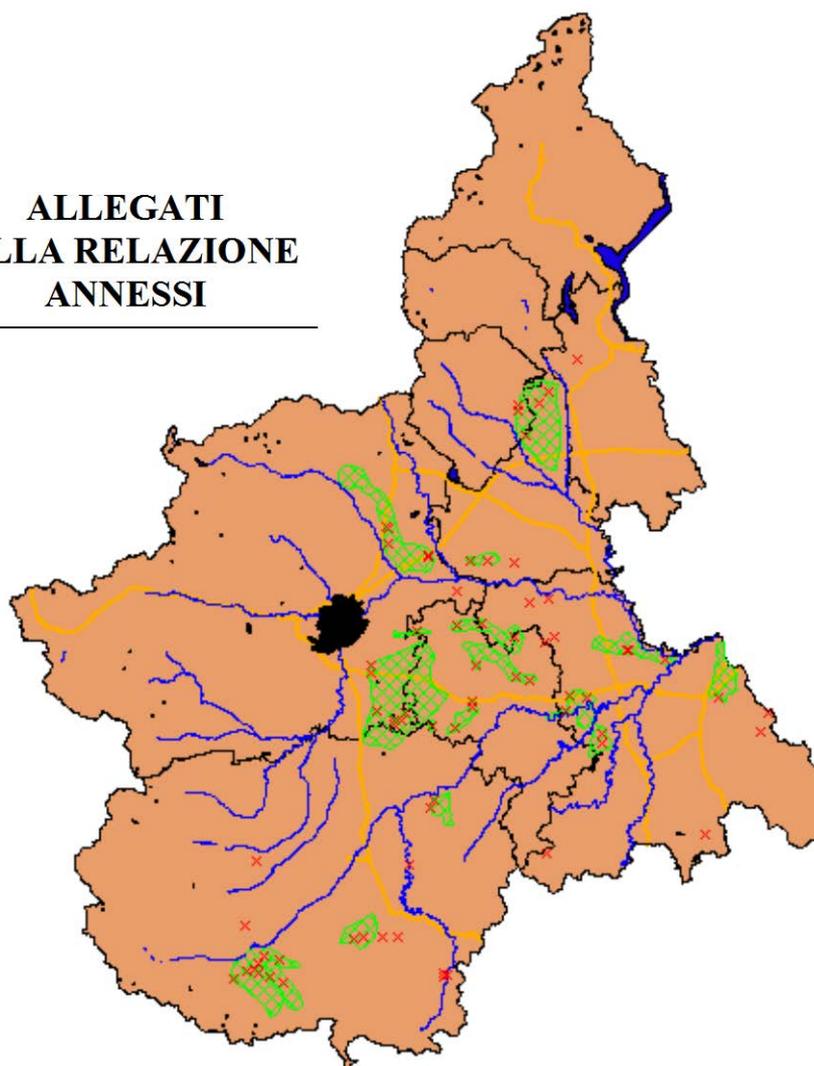


**DOCUMENTO DI PROGRAMMAZIONE DELLE
ATTIVITA' ESTRATTIVE - D.P.A.E.**

Volume 2

**ALLEGATI
ALLA RELAZIONE
ANNESSI**



TERZO STRALCIO

MATERIALI PER USO INDUSTRIALE



REGIONE PIEMONTE

DOCUMENTO DI PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE – D.P.A.E.

TERZO STRALCIO

MATERIALI PER USO INDUSTRIALE

ANNESI

SOMMARIO

SOMMARIO	2
ANNESSO 1	4
1. METODOLOGIE GEOTECNICHE E MONITORAGGI	4
1.1 ANALISI DI STABILITÀ, METODI DI PROGETTO E MONITORAGGI	4
1.1.1 DOCUMENTAZIONE GEOTECNICA DA ALLEGARE AL PROGETTO	9
ANNESSO 2	11
2. CARATTERIZZAZIONE TECNOLOGICA DEI MATERIALI	11
2.1 ARGILLE	11
2.1.1 CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE DEI PRODOTTI CERAMICI	11
2.1.2 CARATTERISTICHE DELLE MATERIE PRIME	12
2.1.3 PROPRIETÀ TECNOLOGICHE DELLE ARGILLE PIEMONTESI PER LATERIZI	13
2.1.4 PROPRIETÀ TECNOLOGICHE DELLE ARGILLE PER INERTI LEGGERI	17
2.1.5 PROPRIETÀ TECNOLOGICHE DELLE ARGILLE PER SOTTOFONDO DI DISCARICHE	19
2.2 CALCARI E DOLOMIE	27
2.2.1 CARATTERISTICHE E IMPIEGHI DELLA CALCE	29
2.2.2 CARATTERISTICHE DEI CEMENTI	32
2.2.3 CARATTERISTICHE DELLE MATERIE PRIME DA CEMENTO	33
2.2.4 CARATTERI PETROGRAFICI E CHIMICI DELLE MATERIE PRIME PIEMONTESI PER CEMENTO	35
2.3 GESSI	38
2.3.1 CARATTERISTICHE ED IMPIEGHI DEI GESSI	38
2.4 SABBIE SILICEE	41
2.4.1 REQUISITI PER LE SABBIE DA VETRO	41
2.4.2 REQUISITI DEI PRODOTTI PER CERAMICA	43
2.4.3 CARATTERISTICHE DELLE SABBIE SILICEE PIEMONTESI	43
ANNESSO 3	46

3. SCHEDE GIACIMENTOLOGICO-TECNICHE DEGLI AFFIORAMENTI DEI GESSI E DELLE SABBIE SILICEE	46
ANNESSO 4	71
4. RECUPERO AMBIENTALE DI CAVE DI CALCARE IN PROVINCIA DI CUNEO	71
4.1 INTRODUZIONE GENERALE	71
4.2 CAVE DI CALCARE	71
4.2.1 INTRODUZIONE	71
4.3 RECUPERO NATURALISTICO DELLE CAVE DI CALCARE	88
4.3.1 INTRODUZIONE	88
4.3.2 AREE DI INTERVENTO	88
ANNESSO 5	96
5. CARATTERISTICHE DELLE COPERTURE VEGETALI IN RAPPORTO ALLE TECNICHE DI RINATURALIZZAZIONE ADOTTATE IN CAVE DI VERSANTE PIEMONTESI PER L'ESTRAZIONE DI MATERIALI INDUSTRIALI	96
5.1 – INTRODUZIONE	96
5.2 ANALISI VEGETAZIONALE	96
5.2.1 CAVA IN LOCALITÀ TETTI FILIBERT	97
5.2.2 CAVA IN LOCALITÀ TETTI SNIVE	100
5.2.3 CAVA IN LOCALITÀ TERRE ROSSE	107
5.3 - RISULTATI	110
5.3.1 GRUPPI OMOGENEI DI VEGETAZIONE	110
5.3.2 EVOLUZIONE TEMPORALE	112
5.3.3 CONFRONTI ED EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI RECUPERO	113
5.4 – CONCLUSIONI	120

ANNESSE 1

1. METODOLOGIE GEOTECNICHE E MONITORAGGI

1.1 ANALISI DI STABILITÀ, METODI DI PROGETTO E MONITORAGGI

Per le cave a giorno, le analisi di stabilità riguardano sia la situazione dell'intero versante sia le condizioni locali o globali dei fronti di scavo. Una appropriata valutazione delle forze agenti, coniugata alla conoscenza dei parametri geomeccanici e della geometria del sito permette in linea generale l'adozione di metodi di calcolo analitici (metodo dell'equilibrio limite), grafici (proiezioni stereografiche) o misti (metodo dei blocchi) nel caso di situazioni ben delineate, quali ad esempio i casi di scivolamento planare. Nelle situazioni in cui è opportuna una analisi parametrica, ovvero quando le condizioni di rottura non sono riconducibili a casi schematici è possibile ricorrere a metodi di calcolo numerici.

Il metodo dell'equilibrio limite e le sue implementazioni in codici di calcolo, di agevole utilizzo e di elevata affidabilità, costituiscono lo strumento principale per la verifica di pendii in materiali teneri (metodi di Bishop, Janbu, Bell, Fellenius, US Corps of Engineers, Spencer, Morgenstern e Price, Sarma). Ognuno di tali metodi, pur partendo da una comune analisi delle forze in gioco, presenta proprie peculiarità ed approssimazioni; esse però si dimostrano coerenti entro margini di alcuni punti percentuali nell'espressione numerica del risultato.

Occorre naturalmente fornire adeguata giustificazione delle scelte dei parametri di progetto, nonché circostanziata motivazione sulle superfici di scivolamento adottate nel calcolo. E' pertanto necessario comprendere, anche sulla base di casi analoghi, quali siano le forme delle superfici potenziali di movimento (planari o curvilinee), anche in base all'evoluzione attesa dei movimenti del pendio. Nel caso di superfici di scorrimento ben definite (per la presenza di intercalari o livelletti di materiali scadenti) occorre precisarne l'estensione. Infine occorre chiarire se l'analisi bidimensionale correntemente adottata è adeguata al caso in esame e se sono possibili fenomeni di rottura progressiva del pendio.

Nel caso di pendii in roccia è possibile ricorrere all'analisi di stabilità dei singoli volumi rocciosi in condizioni di scivolamenti piani e tridimensionali, sempre con il metodo dell'equilibrio limite.

I metodi stereografici sono altresì di valido aiuto e di affidabile uso nello studio delle

scarpate gradonate di cave in roccia.

I metodi numerici agli elementi finiti oppure alle differenze finite sono particolarmente utili nello studio delle condizioni tensionali e deformative degli ammassi rocciosi continui, degli ammassi molto fratturati o degli scavi in sotterraneo poiché sono in grado di considerare la geometria complessa di tali scavi e le fasi che sono state seguite durante lo sviluppo delle coltivazioni. Entrambi questi aspetti condizionano in modo marcato le condizioni di stabilità della cava e, quindi, devono sempre essere prese in considerazione per lo studio ed il progetto di una cava in sotterraneo. Particolarmente interessante risulta lo studio tridimensionale del comportamento dei pilastri in roccia, che presentano generalmente uno stato tensionale disomogeneo al proprio interno, che non può essere rappresentato semplicemente dalla tensione media, parametro tipico di analisi tensionali con strumenti analitici più semplici (ad es. il metodo dell'area di influenza).

Tali metodi numerici, esplicitati in codici bi- o tri-dimensionali, permettono di valutare le possibili influenze della coltivazione sotterranea sulla superficie del suolo e sulle cave a giorno attive talora presenti in prossimità. Particolarmente interessante è lo studio degli effetti delle coltivazioni sotterranee sulla stabilità dei pendii, quando i vuoti siano realizzati a piccola distanza dalla superficie e quando vadano ad interessare una possibile superficie di scivolamento di ammassi rocciosi esposti.

Pur essendo il sotterraneo l'applicazione privilegiata per i citati metodi numerici, anche i problemi di scavi a giorno possono essere validamente affrontati. Un fronte di scavo in roccia, con una geometria a gradoni, un piazzale di base e una copertura oltre il ciglio di cava può essere agevolmente modellato, evidenziando soprattutto gli aspetti tensionali e deformativi di insieme. Infatti, tali modelli trattano il mezzo roccioso come un mezzo continuo equivalente, ovvero considerano la presenza degli elementi rocciosi e delle discontinuità in un mezzo "omogeneizzato", per il quale è possibile al più introdurre qualche discontinuità singolare. Tali circostanze si verificano in genere quando si abbia a che fare con formazioni sedimentarie o metamorfosate in cui la fratturazione assume un carattere abbastanza omogeneo e disperso oppure concentrato in pochi casi.

I limiti di tali metodi consistono essenzialmente in:

onerosità computazionale ed interpretativa, soprattutto nei modelli numerici tridimensionali; difficoltà, per i tempi ed i costi necessari, a realizzare una corretta back analysis delle eventuali misure disponibili in sito; scarsa possibilità a rappresentare correttamente le variabilità spaziali delle caratteristiche meccaniche della roccia e la presenza

ed il comportamento delle discontinuità naturali in ammassi rocciosi poco fratturati; impossibilità di valutare situazioni di rischio legate al distacco di piccoli blocchi instabili, isolati da discontinuità naturali od eventualmente prodotti dalla plasticizzazione localizzata della roccia.

Il metodo degli elementi distinti (DEM) fa parte dei metodi numerici che schematizzano invece l'ammasso roccioso come un mezzo discontinuo (discretizzazione), in cui ogni elemento di roccia viene individuato distintamente grazie alla creazione di una rete di discontinuità. Ogni blocco interagisce con quelli adiacenti al variare delle sue condizioni di equilibrio a seguito della variazione di condizioni al contorno, quali ad esempio, l'applicazione di forze concentrate, la realizzazione di scavi, la presenza di spinte addizionali dovute alla presenza dell'acqua. Il metodo, esplicitato in codici di calcolo bi- e tri-dimensionali, analizza sistemi di blocchi stabili e instabili fornendo essenzialmente i valori degli spostamenti, delle velocità di spostamento e delle sollecitazioni scambiate per ogni blocco. Le versioni aggiornate dei codici di calcolo permettono di simulare in modo particolareggiato sia la presenza di acqua sia i criteri di comportamento delle discontinuità.

Tale metodo è limitato come potenzialità di applicazione dal processo di discretizzazione dell'ammasso roccioso. Occorrono quindi elaboratori di calcolo dotati di grande memoria e di potenza di calcolo per poter gestire non solo regioni limitate ma anche strutture geologicamente più complesse. Nei casi della presente trattazione ha quindi limitata applicabilità.

Il metodo degli elementi di contorno BEM è meno utilizzato e impiega sostanzialmente le leggi della meccanica del continuo, per lo più in campo elastico, alla fascia di roccia prossima al fronte di scavo. In tale modo si alleggerisce l'onere computazionale, pervenendo a risultati di massima di un certo interesse qualora si preveda un comportamento di tipo elastico e l'influenza dello scavo risenta solo limitatamente oltre il contorno dello scavo stesso.

Un commento va infine rivolto alle procedure di scelta dei parametri e alla relativa validazione del modello, quest'ultima attuabile attraverso una procedura di analisi a ritroso (back-analysis). Nello studio dei cinematismi in scavi a giorno i livelli tensionali sono in genere abbastanza modesti, se confrontati con le intrinseche caratteristiche di resistenza dei materiali lapidei. Per tale ragione assumono importanza prioritaria le caratteristiche di resistenza, di deformabilità e di tipo idraulico delle discontinuità. I parametri che vengono indagati sono relativi quindi alla resistenza a taglio, compresi gli aspetti relativi alle

condizioni delle pareti delle discontinuità: alterazione, resistenza di parete, rugosità a piccola e grande scala, persistenza.

I parametri fisici e meccanici determinati attraverso procedure di rilievo presentano una certa dispersione, connessa all'intrinseca variabilità delle condizioni reali. Le analisi di stabilità, siano esse realizzate in forma chiusa oppure con algoritmi, si basano generalmente invece su valori che mediano i vari domini strutturali, e ciò comporta quindi una prima scelta a partire da una gamma assai più ampia di valori. Inoltre, i parametri devono essere attribuibili alla scala della vera grandezza dei problemi in esame, quando non sempre questi sono stati determinati nell'identico contesto; ciò comporta una seconda approssimazione del problema. Infine, i parametri che sono introdotti nei calcoli di stabilità non rispecchiano rigorosamente il fenomeno che essi vogliono descrivere, quantificare e modellare, poiché proprio l'assunzione di un modello interpretativo deve semplificare e inquadrare complessivamente un problema, comportando ancora una volta delle approssimazioni. Vi sono anche metodi di attribuzione di parametri alla roccia che utilizzano classificazioni tecniche e che forniscono direttamente o attraverso ulteriori correlazioni i parametri di calcolo (indici tipo RMR modificato, GSI, etc.), e non sempre il passaggio tra quanto viene fornito dalla procedura di classificazione empirica è immediatamente traducibile in parametri di resistenza a taglio.

Attraverso l'utilizzo del metodo dell'equilibrio limite, si perviene ad un risultato in termini di fattore di sicurezza del volume roccioso considerato, espresso in termini di forze al contorno o al più in termini di sollecitazioni. Non vi sono naturalmente possibilità di misurare direttamente un fattore di sicurezza nel sito, tranne, in alcune circostanze, le situazioni in cui si riconosce un'incipiente instabilità ($F_s = 1.0$). In situazioni di instabilità, naturali o procurate, è possibile ricorrere ad un'eventuale procedura di back analysis, la quale deve essere imperniata su una serie di valori misurati di grandezze ben riconoscibili, soprattutto spostamenti, sollecitazioni e carichi. Attraverso il confronto con quanto ottenibile in fase previsionale e quanto riscontrabile dalle misurazioni si può pervenire alla migliore scelta dei parametri da assumere nei calcoli di progetto nella fase successiva. Poiché alcuni parametri hanno un forte condizionamento sui risultati in uscita dalle analisi (il caso più emblematico riguarda la coesione, sia di massa sia delle discontinuità) è opportuno procedere metodologicamente nella back-analysis e non solo per attribuzioni arbitrarie dei valori dei parametri.

Le scelte dei parametri di progetto (picco, residuo) e del tipo di analisi (drenata, non drenata) devono essere infine operate in modo da individuare le circostanze che mediamente

possono interessare i diversi domini strutturali della cava, evidenziando al contempo le condizioni più gravose nei riguardi di ciascuna delle operazioni di coltivazione, a breve o a lungo termine. Tale procedura non può ovviamente essere richiesta preventivamente al progettista, ma deve essere oggetto di successivi aggiornamenti in fase di coltivazione.

Le misurazioni in sito offrono il complemento alle determinazioni di laboratorio per individuare gli aspetti geomeccanici su scala ampliata, prioritariamente l'assetto geostrutturale della roccia. La giacitura, la persistenza e le caratteristiche di parete delle discontinuità sono fondamentali, sia per una appropriata caratterizzazione geomeccanica, sia per l'individuazione delle singole problematiche relative alla stabilità.

Le misurazioni trovano inoltre applicazione nel controllo delle strutture durante le fasi di coltivazione. Nel caso di cave a giorno sono ricorrenti le misurazioni di spostamenti, effettuate su singoli elementi rocciosi isolati, oppure attraverso importanti discontinuità con carattere singolare per finire alle coperture.

Trasduttori di spostamento elettrico-resistivi o a corda vibrante sono utilizzabili allo scopo, secondo diverse configurazioni di installazione.

Sempre più spesso si abbinano misure topografiche e fotogrammetriche di precisione, molto utili per la possibilità di disporre di informazioni aggiornate sull'intera area di cava in tempi rapidi e costi accettabili. Le strumentazioni più recenti contemplano sia stazioni totali sia distanziometri ad onde (senza l'uso di prisma) montati su teodolite per ciò che riguarda la topografia, e apparecchiature di presa e restituzione digitali per ciò che riguarda la fotogrammetria. La possibilità di riprodurre a tavolino la situazione di un fronte di cava agevola sia l'interpretazione delle misure sia il controllo di aspetti particolari, quali il distacco e la caduta di blocchi.

Si può avere impiego di inclinometri nelle coperture sciolte di una certa importanza.

Ulteriori misurazioni in sito possono poi riguardare gli interventi di sostegno posti in opera per situazioni di particolare gravità, quali ad esempio tirature e bullonature di pareti rocciose. In tali situazioni misure di carico sugli elementi di sostegno offrono valide indicazioni sulle prestazioni e sulla efficacia degli stessi.

Nel caso delle cave in sotterraneo le misurazioni in sito acquistano una straordinaria importanza. In queste situazioni infatti le tipologie di misura vanno dalla determinazione dello stato tensionale, naturale o indotto, alle misure di carico sui sostegni, di spostamento dei lembi delle discontinuità, di convergenza e di distensione delle pareti delle camere sotterranee.

In tutti i casi è comunque opportuno: a) individuare bene il problema che si vuole studiare; b) individuare le grandezze da misurare; c) scegliere l'ubicazione, la tipologia e il numero di strumentazioni da installare; d) correlare la frequenza di acquisizione dei dati, e quindi il modo di acquisizione dei dati, con il problema in esame.

Nelle cave di gesso le misure fondamentali riguardano la convergenza e, eventualmente la distensione al tetto degli scavi. Sono da considerare anche misure topografiche di superficie per lo studio di eventuali cedimenti a giorno.

Importante altresì è il monitoraggio in concomitanza con l'adozione eventuale di sostegni o rinforzi di pilastri in posto nelle cave sotterranee.

Da un punto di vista geomeccanico la scelta del sotterraneo pone alcuni aspetti particolari. In primo luogo si deve prevedere la realizzazione di vuoti multipli di dimensioni ridotte (camere). Le strutture rocciose lasciate in posto non devono generalmente presentare esigenze di importanti opere di sostegno artificiali, poiché questo fatto incide in modo significativo sulle voci di costo degli scavi. Le strutture in posto, pilastri, diaframmi (eventualmente solettoni) devono quindi presentare caratteristiche di stabilità a lungo termine. L'uso di mezzi di sostegno artificiale deve essere limitato essenzialmente alla garanzia di stabilità locali; tenuto conto del fatto che sul lungo termine (oltre i 30 anni) la durabilità delle opere di sostegno non può essere garantita. Costituisce eccezione la possibilità di ripienare i vuoti in sotterraneo, sia perché non si dispone di sufficiente materiale di scarto, sia perché è comunque necessario valutare il contributo al miglioramento della stabilità dovuto alla messa in posto della ripiena.

La disposizione geometrica delle coltivazioni può anche determinare situazioni gravose a causa della formazione di volumi rocciosi rimovibili. Ciò va ovviamente previsto, se possibile, e comunque occorre porvi rimedio con bullonature o tirantature.

Le condizioni di sollecitazione indotte dagli scavi possono talora indurre plasticizzazioni nella roccia ed innescare fenomeni di scorrimento viscoso. Inoltre la percolazione d'acqua entro le formazioni gessose diviene possibile, e di questo aspetto va tenuta considerazione sia per la finale destinazione sia dei vuoti in sotterraneo sia per eventuali ripercussioni a lungo termine.

1.1.1 DOCUMENTAZIONE GEOTECNICA DA ALLEGARE AL PROGETTO

La documentazione tecnica per la caratterizzazione e le analisi di stabilità delle formazioni deve prevedere le seguenti voci (ove pertinenti):

- carta e sezioni geologiche dell'area con brevi richiami geologici e morfologici;
- schemi di coltivazione;
- schematizzazione e individuazione dei litotipi dal punto di vista geotecnico, nonché degli eventuali livelli acquiferi;
- localizzazione dei rilievi geostutturali;
- dati e restituzione dei risultati dei rilievi;
- dati del campionamento e di eventuali sondaggi;
- prove di laboratorio e prove o correlazioni da dati in sito;
- scelta del modello di comportamento, del metodo di calcolo e giustificata attribuzione dei parametri, eventualmente con espressi richiami a studi già effettuati nell'area;
- calcolo dei fattori di sicurezza nelle diverse configurazioni, tenuto conto anche delle azioni esterne (acqua etc);
- descrizione degli eventuali monitoraggi;
- descrizione degli eventuali interventi di consolidamento o protezione (tiranti, reti paramassi, drenaggi etc).

ANNESSO 2

2. CARATTERIZZAZIONE TECNOLOGICA DEI MATERIALI

2.1 ARGILLE

2.1.1 CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE DEI PRODOTTI CERAMICI

Classificazione dei prodotti

In base alle loro caratteristiche tecnologiche ed al loro utilizzo i prodotti ceramici possono essere suddivisi in:

- laterizio per murature;
- laterizio per strutture orizzontali;
- laterizio per coperture;
- laterizio per pavimentazione;
- laterizio per blocchi termoisolanti;
- piastrelle in maiolica e cottoforte per pavimenti, grès per pavimenti e rivestimenti;
- apparecchi igienico-sanitari;
- vasellame, stoviglieria ed oggettistica;
- argilla espansa.

In particolare i materiali per murature sono classificabili in vari sottogruppi a seconda della loro funzione (strutturale, tamponamento, divisorio), il formato (mattoni, blocchi), la percentuale di foratura (pieni, semipieni, forati) e la natura della materia prima che può essere argilla tal quale o additivata con particolari prodotti che modificano la consistenza del prodotto dopo cottura (laterizi normali, laterizi alleggeriti in pasta).

I materiali per strutture orizzontali sono impiegati o come elementi di solai che costituiscono i piani degli edifici ovvero come supporto per le coperture; possono essere suddivisi in elementi per solai da gettare in opera con cassetatura, per solai realizzati con travetti e per solai prefabbricati a pannelli.

I materiali per coperture possono essere distinti in tegole curve (coppi) e tegole piane; la differenza sostanziale fra queste due categorie, oltre che nella forma, sta nel tipo di giunzione tra i diversi elementi, in quanto per i primi la tenuta agli agenti atmosferici è affidata alla semplice sovrapposizione degli elementi, mentre nelle seconde è affidata ad una

serie di incastri e risalti su tre lati.

Fra i materiali per pavimentazione il laterizio trova attualmente impiego particolarmente in opere di ristrutturazione con prodotti molto vari per forma, spessore e rifinitura della faccia esterna; la produzione si incentra soprattutto su piastrelle realizzate con prodotti ceramici compatti (cottoforte e vari tipi di grès) in cui il materiale presenta una struttura a grana fine che conferisce al prodotto buone caratteristiche meccaniche e buona resistenza ad attacchi chimici ed al gelo.

L'elevata qualità richiesta per i prodotti sanitari e per il vasellame può essere raggiunta solo con l'impiego di materie prime altamente selezionate, non rinvenibili a livello industriale fra i materiali nazionali; l'approvvigionamento viene quindi quasi esclusivamente da giacimenti esteri.

L'argilla espansa è un inerte leggero, ottenuto attraverso un procedimento di cottura ad alta temperatura (clinkerizzazione) di speciali argille. Questo prodotto viene utilizzato per la confezione di calcestruzzi leggeri, aventi una massa volumica compresa fra 700 e 1200 Kg/m³, per i quali siano richiesti requisiti di leggerezza ed isolamento, nonché per il confezionamento di strati isolanti nelle intercapedini.

2.1.2 CARATTERISTICHE DELLE MATERIE PRIME

Per la produzione del supporto dei materiali ceramici sono utilizzati i seguenti materiali:

- *le argille*, che hanno la funzione di plastificante;
- *gli smagranti*, costituiti da quarzo o materiali inerti (chamotte), aventi la funzione di ridurre il ritiro e costituire lo scheletro portante del prodotto cotto;
- *i fondenti*, costituiti principalmente da carbonati, feldspati e fosfati, che hanno la funzione di abbassare la temperatura di vetrificazione dell'impasto, rendendo il prodotto compatto ed impermeabile dopo la cottura.

Le materie prime utilizzate per la produzione di laterizi e terrecotte consistono essenzialmente in argille marnose e silts, in cui la frazione argillosa ha funzione plastificante, la frazione limosa e sabbiosa ha funzione smagrante e strutturale e la frazione carbonatica ha funzione fondente.

La composizione mineralogica è normalmente costituita da minerali fillosilicatici tra cui illite e caolinite, più comuni, mentre clorite e smectite, meno rappresentate; in particolare una eccessiva presenza di smectite può indurre nella miscela valori di ritiro in essiccamento

ed in cottura eccessivi, con conseguente crepatura o deformazione del manufatto. Associati ai minerali argillosi sono anche il quarzo e frequentemente feldspato, calcite ed ossidi di ferro. Minerali sfavorevoli in fase di lavorazione per il prodotto sono essenzialmente quelli che producono efflorescenze (soprattutto i solfati) o quelli solubili; un eccessivo contenuto in carbonati, infine, tende a ridurre l'intervallo di greificazione portando a prodotti eccessivamente porosi. Percentualmente la composizione media fra i vari tipi di minerali, per le diverse tipologie di laterizi, prevede circa il 40-45% di minerali delle argille, il 15-20% di carbonati ed il 40-45% di quarzo e feldspati.

Relativamente alle caratteristiche tecnologiche dei materiali dopo cottura a diverse temperature, si può osservare che al crescere della temperatura di cottura si verifica un incremento del ritiro che può oscillare mediamente fra 3% e 7% (in taluni casi questo valore può diminuire fino a 1,5%), per temperature di cottura di 1100°C. Parallelamente, al crescere della temperatura di cottura da 800°C a 1100°C decresce l'assorbimento d'acqua, passando da valori medi compresi fra il 15% ed il 25% a valori di 10- 15%. Queste variazioni sono più sensibili in prodotti confezionati con argille plastiche rispetto a quelli derivanti da impasti in cui prevalgono le argille magre, nonché in materiali privi di carbonati rispetto alle argille marnose. La resistenza meccanica è compresa fra 5 e 30 Mpa per cottura a 900-1000°C e può oltrepassare i 40 Mpa nei cotti a 1100°C; naturalmente anche questo parametro è fortemente influenzato dalla porosità, in quanto tanto minore è questo fattore tanto più elevata sarà la resistenza meccanica. La presenza di moderati tenori in carbonati, determinando una microporosità, tende a far aumentare la resistenza a flessione, a parità di assorbimento d'acqua. (Dondi M. et alii - *Comportamento in cottura delle argille italiane per laterizi*-CNR-IRTEC, Faenza).

2.1.3 PROPRIETÀ TECNOLOGICHE DELLE ARGILLE PIEMONTESI PER LATERIZI

Caratteristiche mineralogiche

Pur essendo piuttosto variabile nelle varie aree di affioramento e nelle diverse formazioni, mediamente, le argille che costituiscono i sedimenti miocenici presentano, fra i fillosilicati, un'associazione di illite e caolinite prevalenti e spesso in percentuali quasi uguali fra loro, mentre la clorite è generalmente presente in percentuali subordinate; fra gli altri minerali il quarzo è sempre abbondante, mentre la calcite ed i feldspati sono generalmente presenti in proporzioni variabili.

Composizione simile hanno anche i sedimenti marini pliocenici che si caratterizzano

per una notevole costanza mineralogica per quanto riguarda i minerali del gruppo delle argille, mentre si può riscontrare spesso una variabilità nel contenuto in carbonati, con passaggio da termini prevalentemente argillosi ad argille marnose.

Nei depositi di transizione in facies villafranchiana ed in quelli quaternari continentali fluviali si può riscontrare una marcata variabilità mineralogica, per quanto riguarda la frazione argillosa, mentre per i minerali detritici costante è la presenza del quarzo e molto frequente l'assenza di carbonati; in particolare fra i fillosilicati tende a prevalere l'illite, mentre la variabile presenza di caolinite e quella saltuaria degli interstratificati può essere giustificata alla luce di particolari condizioni di alterazione e della diversificazione degli apporti che condizionano notevolmente la sedimentazione in ambienti continentali.

Caratteristiche granulometriche

I sedimenti argillosi marini miocenici e pliocenici si contraddistinguono per una relativa costanza di caratteristiche granulometriche; in esse le classi 2-20 μ m e 20-40 μ m sono le più rappresentate, con medie di circa il 50% la prima e 25% la seconda; la frazione <2 μ m è altresì mediamente presente con circa il 20%, mentre relativamente scarse sono le classi >40 μ m con percentuali di circa il 5%.

Notevolmente più variabile è invece la granulometria dei sedimenti villafranchiani e quaternari fluviali e di copertura eluviale, dove la distribuzione granulometrica è condizionata dalle caratteristiche dell'ambiente in cui si sono svolti i fenomeni di sedimentazione e di alterazione pedogenetica; fra questi materiali si possono infatti ritrovare sia depositi in cui la frazione <2 μ m è decisamente prevalente (anche superiore all'80%), sia materiali in cui la frazione argillosa, limosa e sabbiosa sono rappresentate con percentuali pressoché uguali fra loro. In linea di massima, fra i depositi fluviali si possono ritrovare materiali particolarmente ricchi in frazione argillosa nei sedimenti in facies villafranchiana (Altopiano di Poirino, Astigiano, Alessandrino), mentre i depositi legati a sedimentazione fluviale in ambiente francamente continentale sono piuttosto caratterizzati da maggiore eterogeneità granulometrica, con frazione limosa e sabbiosa particolarmente abbondante. I prodotti di alterazione superficiale di alluvioni ghiaiose e sabbiose sono infine piuttosto eterogenei, anche in funzione del grado di alterazione subito, potendosi ritrovare in essi, oltre che ciottoli completamente argillificati, anche frazioni lapidee quarzose grossolane che non hanno subito trasformazione ad opera degli agenti meteorici.

Caratteristiche tecnologiche

Il *ritiro all'essiccamento* evidenzia il comportamento degli impasti nelle fasi di lavorazione precedenti la cottura, dal quale può derivare, in caso di marcati ritiri, la perdita delle caratteristiche di forma e l'insorgere di crepe nel manufatto; rispetto a questo parametro le argille a maggiore plasticità, quaternarie e villafranchiane, si contraddistinguono per valori piuttosto marcati ($\Delta L/L\% > 3$), mentre le plioceniche hanno tendenzialmente comportamento intermedio ($\Delta L/L\% = 1-2$) e le mioceniche hanno valori inferiori all'1%.

Fra gli effetti prodotti dalla temperatura in fase di cottura delle argille sono particolarmente significativi il ritiro che il materiale subisce e la conseguente variazione di porosità; collegata con quest'ultima sono anche la resistenza meccanica e la gelività del prodotto. Normalmente eccessivi ritiri in fase di cottura possono danneggiare il manufatto, mentre bassi ritiri possono significare alti assorbimenti d'acqua e scarsa resistenza meccanica; importante è inoltre la gradualità con cui nell'intervallo di temperatura compreso fra i 1000°C ed i 1100°C avvengono queste modificazioni, in quanto se esse si verificano troppo bruscamente può risultare difficile il controllo della temperatura ottimale di cottura.

Le argille villafranchiane ad elevata plasticità mostrano generalmente, nell'intervallo di temperatura 900°C - 1150°C, un graduale ritiro lineare fino a circa il 12%, accompagnato da un'elevata riduzione degli assorbimenti d'acqua, fino al 5%.

Le argille mioceniche o plioceniche con modesto contenuto in carbonati presentano un comportamento alla cottura caratterizzato da bassi ritiri (talora espansione fino a 1100°C e poi ritiro) e assorbimenti d'acqua piuttosto elevati che decrescono in un arco molto breve di temperatura (fra i 1100°C ed i 1150°C).

Le argille plioceniche o mioceniche ad elevato contenuto in carbonati presentano scarsi ritiri oltre i 1000°C ed assorbimenti molto elevati (oltre il 30%) d'acqua, fino alla completa fusione che avviene in un arco molto breve di temperatura.

Le argille quaternarie infine, data la loro eterogeneità, hanno comportamenti difficilmente caratterizzabili a priori, ma generalmente intermedi fra quelli sopra schematizzati.

Relativamente all'idoneità per l'utilizzo nel campo dei laterizi si può osservare che le argille plastiche villafranchiane presentano un comportamento in cottura "ottimale" per quanto riguarda l'assorbimento d'acqua (valori a 1000°C circa 24%) ed "accettabile" per il ritiro lineare (valori a 1000°C circa 3%). Gli altri tipi di argille viceversa presentano comportamenti "ottimali" per il ritiro lineare, mentre non giungono neanche ad "accettabile"

per quanto riguarda l'assorbimento d'acqua (generalmente superiore al 30% a 1000°C).

Queste considerazioni trovano una conferma nel fatto che a livello industriale si vada generalizzando l'impiego di miscelazione fra diversi tipi di materia prima, per giungere a prodotti cotti con buoni requisiti tecnologici. In effetti nel territorio piemontese non sono normalmente presenti litotipi argillosi che si caratterizzano per requisiti ottimali sotto tutti i diversi aspetti tecnologici; ciò impone di procedere a miscelazione ed a modalità di cottura per rendere sempre più competitivi i prodotti.

A titolo di esempio infine sono stati selezionati alcuni tipi di prodotti provenienti da diverse aree geografiche e che impiegano diversi litotipi, di essi vengono presentate in Tab.2.1.1 le caratteristiche di porosità e resistenza meccanica; in essa sono evidenti le diversificazioni di valori fra i vari prodotti, in generale tuttavia si può osservare che la maggior parte di questi valori rientra in quelli medi della produzione nazionale (Fabbri-Dondi, *La produzione del laterizio in Italia*, CNR-IRTEC).

Tab. 2.1.1 Caratteristiche tecnologiche di alcuni prodotti dell'industria piemontese dei laterizi (i campioni con * sono stati analizzati presso il DIGET del Politecnico di Torino, gli altri sono stati dedotti dai certificati eseguiti a cura delle imprese)

Area di provenienza	Numero campione	Geologia	Assorbim. Acqua %	Resist. flessione [Mpa]
Pianura torinese	1	Quaternario	14.5	-
	2	Quaternario	13.3	17.5
	3*	Villafr./Plioc.	15.9	17.6
	4*	Villafranchiano	20.1	8.1
Alta pianura cuneese	5	Quatern./Mioc.	-	21.6
Astigiano	6	Pliocene	14.5	9.5
	7	Pliocene	14.5	10.8
	8	Pliocene	13.3	-
	9	Pliocene	15.7	15.0
	10*	Plioc./Villafr.	28.8	12.2
	11*	Plioc./Villafr.	13.2	15.8
	12*	Villafr./Mioc.	26.7	4.9
Alta pianura novarese	13	Quaternario	9.5	9.5
	14	Quaternario	15.6	-
Alessandrino	15	Quaternario	-	22.6
	16	Quater./Plioc.	13	10.5
	17	Quatern./Mioc.	-	8.6

2.1.4 PROPRIETA' TECNOLOGICHE DELLE ARGILLE PER INERTI LEGGERI

La capacità espansiva delle argille può essere vista come la risultante di diversi fattori, i più importanti dei quali sono:

- *Composizione mineralogica*, illite, smectite, in alcuni casi la clorite (nei termini ricchi di Fe) e gli interstratificati, possiedono generalmente un buon potere espandente, intorno ai 1200°C; la caolinite ed in parte la clorite sono perlopiù prive di tale potere. La presenza di caolinite, però, grazie al suo alto punto di fusione, contribuisce ad ampliare il campo piroplastico dell'argilla, fatto questo molto importante per il processo industriale. Fra i minerali accessori, i feldspati agiscono come fondenti, abbassando la temperatura di vetrificazione, riducendo altresì il campo piroplastico, i carbonati, in non grande percentuale e finemente dispersi nella massa argillosa, facilitano l'espansione liberando CO₂.
- *Composizione granulometrica*, ai fini dell'espansione è influente soprattutto la frazione <2µm, in quanto la presenza di classi granulometriche molto fini impedisce la fuga verso l'esterno dei gas che si producono alle alte temperature, contribuendo così alla formazione di prodotti scoriacei a bassa porosità efficace.
- *Composizione chimica*, i composti che giocano un ruolo importante

nell'espansione sono essenzialmente gli ossidi di Fe, i carbonati e la sostanza organica, controversa è invece la funzione svolta dagli alcali. In particolare gli ossidi di Fe svolgono funzione di fondente e liberano CO₂ tramite reazioni di riduzione; i carbonati e la sostanza organica liberano anidride carbonica, determinante per l'espansione, in modo variabile anche in funzione del processo produttivo, in quanto a bruschi innalzamenti di temperatura corrisponde unicamente, all'interno dell'aggregato, la dissociazione della sostanza organica, mentre per innalzamenti più gradualmente si raggiunge una maggiore temperatura interna, capace di determinare anche la reazione dei carbonati.

Sulla base di queste caratteristiche, tenuto altresì conto delle complesse reazioni che condizionano il comportamento espansivo delle argille, a livello del tutto generale si può affermare che nel territorio piemontese i materiali che presentano una migliore idoneità a questo particolare tipo di utilizzo sono quelli provenienti dal Complesso Argilloso Indifferenziato (Argille Scagliose e Argille Varicolori auct.), affiorante nell'area collinare del Tortonese-Pavese ed in quella di Lauriano-Verrua Savoia; nella prima è attiva una cava che coltiva questo materiale, mentre nella seconda non esiste alcuna attività estrattiva in atto. Le argille provenienti da questa formazione si caratterizzano sia per una prevalenza della componente mineralogica illite e sia per la presenza di carbonati ed ossidi di Fe, nonché per una notevole abbondanza della frazione <2µm.

Fra gli altri depositi argillosi presenti nella regione, un'altra attività estrattiva coltiva argille quaternarie fluviali nella bassa pianura vercellese. In questo caso i materiali sono poveri di illite, mentre contengono prevalentemente caolinite e smectite, i carbonati sono poco rappresentati; pur presentando una minore idoneità all'espansione, essi sono ugualmente impiegabili, in quanto il processo espansivo, pur se moderato, avviene in un arco di temperatura più esteso.

Più in generale si può ritenere che le argille quaternarie e villafranchiane, che hanno bassi o nulli tenori in carbonati, non risultano idonee a questa applicazione, in quanto, pur avendo un'elevata percentuale di frazione fine, presentano scarsi valori di espansione; le argille marnose mioceniche e plioceniche, al contrario, a causa dell'elevato tenore in carbonati, presentano moderati effetti di espansione a temperature di riscaldamento intorno ai 1300°C, risultando pertanto non molto idonee per questo tipo di impiego, salvo non modificarne il comportamento con idonea miscelazione.

2.1.5 PROPRIETÀ TECNOLOGICHE DELLE ARGILLE PER SOTTOFONDO DI DISCARICHE

Aspetti normativi

In fase di progetto e realizzazione di una discarica notevole importanza assume la scelta della tipologia di rivestimento, naturale o costruito, da porre in opera a seconda che esista o meno un idoneo livello argilloso alla base della stessa discarica. La scelta più frequente è oggi quella dei rivestimenti costruiti in cui i materiali naturali sono accoppiati a quelli artificiali. A proposito delle caratteristiche fisiche e chimiche che i materiali naturali impiegati in tali rivestimenti debbano avere, la normativa italiana non entra nel merito, se non per specificare i requisiti minimi relativi allo spessore ed al coefficiente di permeabilità.

La legge italiana norma, per quanto riguarda il rivestimento argilloso di fondo, sia lo spessore, da 1 a 1,5 m, che il coefficiente di permeabilità, minore o uguale a 10^{-6} - 10^{-7} cm/s, in funzione della categoria della discarica, senza dare altre indicazioni circa gli altri parametri fisici, geotecnici, mineralogici e chimici.

Esistono a livello internazionale una serie di suggerimenti, sempre in genere non ufficiali, sui valori più opportuni delle caratteristiche fisico-geotecniche del rivestimento argilloso; alcune normative americane (stato del Wisconsin 1990) prevedono per quanto riguarda il materiale argilloso:

- strati di argilla che possano trattenere il percolato e proteggere la falda per almeno quindici anni;
- frazione fine (passante al vaglio 200 ASTM) che sia >50%
- limite liquido >30%
- limite plastico > 15%
- percentuale minerali argillosi > 25%

D.E. Daniel della University of Texas suggerisce i requisiti orientativi del materiale da usare per il rivestimento:

- quantità di fine (passante al vaglio 200 ASTM) > 30%;
- indice di plasticità >10%;
- quantità di ghiaia (trattenuto al vaglio 4 ASTM) < 10-20% con granuli non superiori a 25-50 mm.

L'eventuale percentuale di ghiaia può influenzare in modo negativo il coefficiente di permeabilità; a tal proposito sempre Daniel indica i requisiti minimi per raggiungere una conducibilità idraulica di 10^{-7} cm/s da parte di un materiale tipicamente argilloso:

- percentuale di fine >25%
- indice di plasticità >10%
- eventuale presenza di ghiaia < 50%
- dimensioni massime delle particelle 25-50 mm.

All'atto della compattazione il terreno non deve essere troppo secco, altrimenti si ottengono valori di conducibilità idraulica troppo elevati, né deve essere troppo umido, perché si avrebbero difficoltà nella compattazione e possibilità di successive fessurazioni per essiccamento; ci vuole quindi un idoneo contenuto d'acqua che dovrà oscillare attorno al valore naturale di non più del 2-4%.

Alcune normative tedesche (German Technical Guideline Waste) fanno riferimento ad un doppio strato di materiale argilloso da posarsi sul fondo della discarica, denominato in terminologia anglosassone, DMBL. I due distinti strati argillosi cui si fa riferimento vengono posati per assolvere a diverse funzioni; precisamente il primo con il compito di fungere da "filtro chimico" per il percolato, il secondo con la funzione di garantire l'impermeabilità a lungo termine. Il primo strato, chiamato anche "attivo", deve essere composto da materiali con alto valore della superficie specifica e della capacità di scambio cationico, quindi risultano adatti materiali tipicamente argillosi con contenuto di minerali smectitici, al limite questo primo strato potrebbe essere costituito da bentonite (Wagner, 1991).

Il secondo strato, chiamato anche "inattivo", deve garantire l'impermeabilità quindi di primaria importanza risulta essere il coefficiente K che, in tali normative tedesche, si ritiene debba essere 10^{-10} m/s. Lo spessore di quest'ultimo strato varierà comunque in funzione delle caratteristiche idrauliche del materiale ma, dai dati raccolti dagli autori, sarà sempre intorno ai 100-150 cm, mentre lo strato superiore "attivo", avrà uno spessore che risulta funzione principale del volume di inquinanti che si prevede possano percolare dall'entrata in esercizio dell'impianto di smaltimento; tale spessore può comunque essere stimato variabile da qualche decimetro a massimo un metro.

Idoneità delle argille piemontesi

Per fornire un quadro sintetico delle principali caratteristiche fisico-geotecniche e chimico-mineralogiche delle argille piemontesi ai fini del loro utilizzo per i rivestimenti delle discariche, sono state campionate le più rappresentative formazioni presenti sul territorio, potenzialmente interessate a questo particolare impiego dei materiali (Barisone, Bottino, Crivellari 1994, Proc. 7th Int. IAEG Congr.).

In particolare sono stati prelevati campioni rappresentativi provenienti dalle seguenti quattro aree geologiche:

- *Altopiano di Poirino*, cave nei Comuni di Cambiano, e Pralormo.
- *Bassa Langa*, cave nei Comuni di Dogliani e Monforte d'Alba
- *Astigiano*, cave nei Comuni di Castagnole M.to, Calliano, Castell'Alfero, Montechiaro.
- *Alta pianura biellese, vercellese novarese*, cave in Comune di Masserano, Lozzolo, Maggiore.

Sulle argille delle diverse formazioni sono state effettuate le seguenti determinazioni:

- variazioni dei limiti di Atterberg al variare del pH (Tab.2.1.2);
- analisi granulometrica (Tab.2.1.3);
- resistenza al taglio (Tab.2.1.4);
- permeabilità (Tab.2.1.5);
- mineralogia (Tab.2.1.6);
- capacità di scambio cationico (Tab.2.1.7).

La maggiore idoneità dei campioni può essere rapportata alle seguenti caratteristiche generali:

- minor variazione possibile dei limiti di Atterberg, in presenza di condizioni di pH diverso da 7;
- maggior contenuto di frazione argillosa;
- maggiore resistenza al taglio;
- permeabilità minore, soprattutto in campioni rimaneggiati per costipamento;
- presenza di minerali argillosi del gruppo delle smectiti;
- elevata capacità di scambio cationico.

Particolare attenzione è stata posta ai processi di scambio cationico, in quanto essi possono far variare il coefficiente di permeabilità e la resistenza al taglio; in modo particolare merita attenzione il fatto che i valori di permeabilità imposti dalla legge siano dati rispetto all'acqua, mentre un percolato presenta valori di pH sicuramente diversi dal neutro. In quest'ottica assume quindi notevole importanza la previsione del comportamento del materiale argilloso in seguito al contatto con composti simulanti un percolato.

Tra i campioni analizzati le *argille dell'Altopiano di Poirino* (Pleistocene inf.) presentano un aumento medio di W_L e W_P rispettivamente del 21% e del 32% se trattati a pH 11, mentre, anche se presente, non è altrettanto uniforme la diminuzione di tali limiti a pH 3.

Questi campioni hanno un contenuto di argilla medio alto variando infatti dal 50 all' 88%; questa elevata presenza di fine, conferisce una buona impermeabilità, presentano infatti valori di K_i variabili con ordine di grandezza che va da 10^{-10} a 10^{-8} m/s e valori di K_r da 10^{-10} a 10^{-9} m/s. Per quanto riguarda la mineralogia, queste argille sono caratterizzate da una netta presenza di illite e caolinite e, in circa metà dei campioni, da smectite, mentre sporadicamente si rileva la presenza di clorite; tra i minerali detritici è abbondante il quarzo, i feldspati sono presenti in piccola quantità e praticamente assenti i carbonati. I valori della CSC sono risultati medio alti ed in funzione dell'elevato contenuto di argilla, essendo mediamente di 20 meq/100 g (minimo 12, massimo 35 meq/100g). Dal confronto di tutti questi risultati con la normativa italiana e con alcune normative e raccomandazioni tecniche straniere si conclude che le formazioni argillose dell'*Altopiano di Poirino* potrebbero essere impiegate come rivestimento per discariche da RSU di 1^a cat.. Mentre si esprime un giudizio con riserva sul loro impiego in discariche per rifiuti tossici e nocivi essendo il valore di K al limite dell'accettabilità; a tal proposito si ritiene che maggiori informazioni, per poter esprimere un giudizio univoco su quest'ultimo punto, possano essere acquisite da prove di tipo edometrico e da prove eseguite a scala maggiore su campioni costipati secondo procedure standardizzate.

Le argille marnose della *Formazione di S.Agata Fossili* (Miocene sup.) presentano variazioni dei limiti di consistenza molto meno marcati e più casuali delle precedenti; esse hanno un contenuto di argilla variabile dal 69 all'83%, anche se al loro interno risultano piuttosto uniformi con C_u variabile da 2 a 2,5. Mineralogicamente sono tutte composte da illite, caolinite, clorite e smectite (questi ultimi due minerali sono presenti in percentuali minori dei precedenti), notevole è la percentuale di quarzo e carbonati; più precisamente dalle analisi calcimetriche si rileva una percentuale di CaCO_3 media del 28%. Rilevando che i valori della CSC, sempre in funzione del contenuto di argilla, sono medio-bassi, non si ritiene del tutto idoneo il loro impiego come barriera chimica, mentre come impermeabilizzante si renderebbe necessaria una maggiore serie di prove di permeabilità e di costipamento.

I campioni provenienti dalle *Argille di Lugagnano* (Pliocene) fanno rilevare una diminuzione media del 10 e del 9%, a pH 3, rispettivamente di W_L e W_P , mentre sono meno costanti le variazioni a pH 11; esse presentano un contenuto di argilla variabile dal 35 al 75% e, mineralogicamente, sono tutti composti da illite, caolinite e, marginalmente, da clorite, il quarzo è sempre abbondantemente presente mentre lo sono meno i carbonati e i feldspati.

Questi ultimi due fattori contribuiscono a rendere bassi i valori della CSC, compromettendone l'impiego come barriera chimica per il percolato mentre, analizzando i risultati delle altre prove (dove si nota, per esempio, che i valori del coefficiente di permeabilità, sia K_i che K_r sono sempre $< 10^{-8}$ m/s) si ritiene accettabile il loro impiego come strato impermeabilizzante per le discariche da RSU di 1^a cat.

Le *argille dell'alta pianura biellese, vercellese e novarese* (Pleistocene) presentano valori dei limiti di consistenza sia a pH neutro che a pH 3 e 11, che rientrano negli intervalli consigliati per il progetto e le loro variazioni non sono così marcate come avviene per i precedenti campioni. Esse sono esclusivamente composte da illite e caolinite con notevole presenza di quarzo, mentre marginale è la percentuale di feldspati e carbonati. Questi campioni presentano però valori medio bassi del contenuto di argilla ($< 56\%$) che compromette seriamente il coefficiente K. I valori K_r e K_i sono quasi tutti uguali a 10^{-8} m/s pertanto, essendo il requisito minimo imposto dalla normativa italiana di 10^{-8} m/s, il loro impiego come rivestimento per il sottofondo delle discariche dovrebbe essere escluso salvo che, con adeguato costipamento non si riesca a far rientrare la permeabilità nei valori stabiliti dalla legge.

Tab.2.1.2 Limiti di consistenza (plasticità e liquidità) in presenza di liquidi a diverso chimismo

Area di provenienza	Numero campione	W _L			W _P			I _p		
		PH7	PH3	pH11	pH7	pH3	pH11	pH7	pH3	pH11
Altopiano di Poirino Pleistocene inf.	1	82	77	95	36	37	38	46	40	57
	2	54	53	66	27	33	38	27	20	28
	3	40	41	49	21	20	28	19	21	21
	4	38	38	41	20	24	28	18	14	13
	5	45	42	49	22	21	32	23	21	17
	6	55	54	65	28	26	36	27	28	29
	7	31	33	38	22	20	30	9	13	8
	8	41	46	63	24	23	30	17	23	33
Bassa Langa Miocene sup.	9	41	40	40	24	21	22	17	19	18
	10	47	34	50	24	27	29	23	7	21
	11	42	38	52	20	20	24	22	18	28
Astigiano Pliocene	12	49	42	51	27	24	27	22	18	24
	13	38	35	36	26	25	26	12	10	10
	14	60	52	60	31	28	36	29	24	24
	15	62	57	69	29	25	36	33	32	33
Alta pianura biellese, vercellese, novarese Pleistocene	16	65	65	68	35	29	40	30	36	28
	17	70	68	70	29	29	34	41	39	36
	18	44	43	48	28	26	31	16	17	17

Tab.2.1.3- Composizione granulometrica e coefficiente di uniformità

Area di provenienza	Numero campione	% Argilla	% Limo	% Sabbia	Coeff. Uniformità C _u
Altopiano di Poirino Pleistocene inf.	1	88	12	-	3.3
	2	80	18	2	4
	3	50	38	12	5
	4	48	46	6	10
	5	59	31	10	2.5
	6	73	24	3	2
	7	56	33	11	5
	8	50	42	8	5
Bassa Langa Miocene sup.	9	69	17	14	2.5
	10	83	13	4	2.5
	11	69	23	8	2
Astigiano Pliocene	12	60	36	4	2
	13	35	42	23	33
	14	51	43	6	15
	15	75	23	2	1.2
Alta pianura biellese, vercellese, novarese Pleistocene	16	31	21	48	150
	17	56	28	16	6.6
	18	43	20	37	50

Tab.2.1.4- Caratteristiche geotecniche di coesione e resistenza al taglio

Area di provenienza	Numero campione	C' [kPa]	ϕ_{picco} [°]	ϕ_{residuo} [°]
Altopiano di Poirino Pleistocene inf.	1	98	34	20
	2	25	20	17
	5	93	28	20
	7	55	28	24
Bassa Langa Miocene sup.	9	45	20	17
	11	60	24	18
Astigiano Pliocene	12	65	26	18
	13	53	28	22
	14	35	23	16
Alta pianura biellese, vercellese, novarese Pleistocene	16	40	27	19
	17	30	24	16
	18	35	30	26

Tab. 2.1.5- Permeabilità misurata su campioni indisturbati e rimaneggiati per costipamento

Area di provenienza	Numero campione	$K_{\text{indisturbato}}$ [m/s]	$K_{\text{rimaneggiato}}$ [m/s]	K_r/K_i [m/s]
Altopiano di Poirino Pleistocene inf.	1	$7.5 \cdot 10^{-8}$	$6.1 \cdot 10^{-9}$	0.08
	2	-	$1.42 \cdot 10^{-10}$	-
	4	-	$1.96 \cdot 10^{-9}$	-
	5	$4.8 \cdot 10^{-8}$	$2.9 \cdot 10^{-10}$	0.006
	6	-	$1.46 \cdot 10^{-10}$	-
	7	$2.57 \cdot 10^{-10}$	$8.64 \cdot 10^{-9}$	33.6
Bassa Langa Miocene sup.	11	-	$1.57 \cdot 10^{-9}$	-
Astigiano Pliocene	12	$2.3 \cdot 10^{-8}$	-	-
	13	$1.92 \cdot 10^{-8}$	$3.23 \cdot 10^{-8}$	1.68
	14	$2.4 \cdot 10^{-8}$	-	-
	15	$2.73 \cdot 10^{-10}$	$2.44 \cdot 10^{-9}$	8.94
Alta pianura biellese, vercellese, novarese Pleistocene	16	$2.5 \cdot 10^{-8}$	$1.72 \cdot 10^{-8}$	0.69
	17	$3.33 \cdot 10^{-8}$	$3.16 \cdot 10^{-9}$	0.095
	18	$7.3 \cdot 10^{-7}$	$3.4 \cdot 10^{-8}$	0.047

Tab. 2.1.6- Composizione mineralogica; le percentuali si riferiscono alla frazione argillosa (< 2 μ m), + indica una stima dell'abbondanza dei minerali detritici

Area di provenienza	Numero campione	Mineralogia						
		Illite	Caolinite	Clorite	Smectite	Quarzo	Feldspato	Calcite
Altopiano di Poirino Pleistocene inf.	1	25	55	-	20	+++	++	(+)
	2	25	50	-	25	+++	+	+
	3	45	25	-	30	++++	+	(+)
	4	50	-	-	50	+++++	(+)	-
	5	45	55	-	-	++++	+	-
	6	40	15	-	45	+++++	(+)	-
	7	35	45	20	-	++++	+	-
	8	-	60	-	40	+++++	(+)	-
Bassa Langa Miocene sup.	9	40	35	15	10	+++	(+)	++
	10	45	40	10	5	+++	(+)	++
	11	30	40	20	10	++	(+)	+++
Astigiano Pliocene	12	60	40	-	-	++	+	++
	13	100	-	-	-	+++	+	+
	14	40	40	20	-	++	+	++
	15	40	45	15	-	++	+	++
Alta pianura biellese, vercellese, novarese Pleistocene	16	30	70	-	-	++++	+	-
	17	50	50	-	-	+++++	-	-
	18	40	60	-	-	++++	+	-

Tab.2.1.7- Capacità di scambio cationico

Area di provenienza	Numero campione	CSC [meq/100g]
Altopiano di Poirino Pleistocene inf.	1	35.0
	2	25.46
	3	16.92
	4	16.8
	5	16.22
	6	24.78
	7	12.21
	8	23.34
Bassa Langa Miocene sup.	9	11.89
	10	10.56
	11	8.67
Astigiano Pliocene	12	7.23
	13	7.9
	14	6.17
	15	5.2
Alta pianura biellese, vercellese, novarese Pleistocene	16	7.48
	17	17.87
	18	17.55

2.2 CALCARI E DOLOMIE

I calcari e le dolomie vengono impiegati nell'industria dei leganti per la produzione di calce e cemento, ma, oltre a questo, possono avere altri svariati impieghi, sia come materiali da carica, sia come materie prime per prodotti intermedi di un gran numero di applicazioni: nelle industrie della carta, delle materie plastiche, della gomma, delle vernici, nell'industria chimica, in quella vetraria, in quella metallurgica, in campo agro-alimentare e in campo ambientale (v. tab 2.2.1).

Si tratta di impieghi che, storicamente, sono diventati via via più numerosi, assorbendo quantità crescenti di materiali: è significativo, a questo proposito, il caso della calce, che presenta produzioni e consumi crescenti e dove l'impiego che per secoli è stato il principale (come legante nelle costruzioni) è diventato ora del tutto marginale.

Tab.2.2.1 Utilizzi del calcare secondo i settori industriali di maggior importanza

Calcare	Calce	Calce come legante Metallurgia (ferro e acciaio) Metallurgia non ferrosa Trattamento delle acque Abbattimento dell'inquinamento Dolcificazione delle acque Produzione della carta Materiali da costruzione Stabilizzazione dei terreni Agricoltura Raffinazione del petrolio Vernici e pigmenti Conciatura della pelle
	Leganti Idraulici	Cemento Portland Cemento pozzolanico Cemento d'alto forno Cemento alluminoso Calce idraulica
	Vetro e ceramiche	
	Inerti	
	Industria chimica	Raffinazione dello zucchero Desolforazione dei fumi Produzione della soda Carburo di calcio
	Additivi e cariche	Additivi per materiali bituminosi Additivi per plastiche Additivi per gomma Additivi per carta Rivestimenti protettivi e di decorazione Fertilizzanti Mangimi

Verranno separatamente considerate le caratteristiche dei calcari e delle dolomie per calce ed altri usi industriali e le caratteristiche delle materie prime per cemento.

Innanzitutto però occorre ricordare che il carbonato di calcio (essenzialmente calcite), caratterizzante i calcari, e il carbonato di calcio e magnesio (dolomite), caratterizzante le dolomie, in natura si possono trovare come costituenti delle rocce in tutte le possibili combinazioni. Quindi si rende necessaria una sufficientemente dettagliata classificazione dei termini intermedi.

Raramente si trovano calcari puri, essendo classificati come tali quelli che contengono più del 95% di carbonato di calcio. Più spesso i calcari contengono quantità variabili di altre sostanze, e precisamente:

- carbonato di calcio e magnesio (nei calcari dolomitici);
- minerali delle argille (nei calcari marnosi);
- quarzo (nei calcari arenacei);
- silice, materie organiche, ossidi e idrossidi, solfuri.

In funzione della percentuale crescente di materiali argillosi, i calcari si classificano in calcari marnosi p.d. (a partire dal 5% di argilla), marne calcaree (20-40%), marne (40-60%) e marne argillose (60-80%). Analogamente si classificano i calcari che contengono quantità variabili di quarzo, che passano, al crescere della percentuale di SiO_2 , a tipi sempre più arenacei.

Lo stesso vale per le dolomie (costituite da calcite e dolomite), che, al diminuire del rapporto fra le quantità di carbonato di calcio e magnesio e carbonato di calcio, passano a dolomie calcaree e a calcari dolomitici. Il tenore di MgO nel minerale dolomite è del 21,75%.

Tab. 2.2.2 : Tenori richiesti per gli utilizzi dei calcari

IMPIEGO \ %	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	S	P	Na-Zn-Cu-Pb
Siderurgia	> 51	< 2	< 1	< 1	< 6	< 0,05	ϵ	ϵ
Chimica	> 50	< 1	< 0,2	< 0,3	ϵ	< 0,1	< 0,01	ϵ
Carica	> 55		< 0,2	< 0,2	ϵ			ϵ
Vetreria	> 55		< 0,7	< 0,1	< 0,3			
Agricoltura	> 35		< 1	< 1	-			Pb < 0,005 per alimentazione
Trattamento di acque e fumi	> 51	< 1,5			ϵ	< 0,1		

Tab.2.2.3 : Tenori richiesti per gli utilizzi delle dolomie

IMPIEGO \ %	MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na-Zn-Cu-Pb
Siderurgia	> 18	> 28	6	4		ε
	> 19	> 29	< 1,5	< 0,8	< 0,8	ε
Refrattari	> 19	> 29	< 1	2		ε
Carica	> 20	> 29	ε	< 0,1	< 0,1	ε
Vetreria	> 19,5	> 29	< 0,3	< 0,7	< 0,1	ε
Agricoltura	> 17	> 23	-	-	-	-
Magnesio	> 19	> 29		ε	ε	ε
Magnesio acqua di mare	> 19	> 29	< 0,5	< 0,2	< 1	ε

2.2.1 CARATTERISTICHE E IMPIEGHI DELLA CALCE

Un primo prodotto di fondamentale importanza ottenibile a partire da rocce calcaree o dolomitiche è la *calce*.

Com'è noto, questa si ottiene per calcinazione della roccia, frantumata e vagliata, a temperatura superiore a 900°C secondo la reazione:



La calce così ottenuta è detta calce viva. Essa si trasforma in calce spenta a seguito di miscelazione con acqua e conseguente idratazione.

E' consuetudine suddividere le calci in *calci aeree* e *calci idrauliche*, suddivisione che fa riferimento al loro più antico e tradizionale impiego come leganti nell'industria delle costruzioni. Per questo impiego, a seconda dell'uso al quale sono destinate, le rocce di partenza devono presentare caratteristiche tecniche tali da ottenere prodotti rispondenti a requisiti specificati da leggi o da norme tecniche.

In linea generale, per la produzione di *calci aeree* vengono impiegati calcari contenenti meno del 3,5% di materiali argillosi; se inoltre il tenore in ossido di magnesio è inferiore all'unità, la pietra da calce è particolarmente pregiata perché se ne ottengono ottime calci grasse; col crescere della percentuale di magnesia le calci prodotte si smagriscono e sono più lente a spegnersi; vere calci magre magnesiache si ottengono tuttavia solo da calcari con più del 5,5 % di MgO, i quali (e segnatamente i calcari dolomitici e le dolomie con tenori in MgO variabili dal 12 al 16%) già in passato venivano di preferenza utilizzati in industrie come quelle dello zucchero o della soda, o per la produzione di anidride carbonica, dove il tenore in magnesio non ha importanza, anzi, al suo crescere, aumenta il rendimento in anidride carbonica.

Vengono qui di seguito riportate le specifiche per le calci in relazione alle destinazioni d'uso.

Industria chimica

Ogni qual volta è possibile, la calce è impiegata come modificatore di pH delle soluzioni, essendo in assoluto la base meno costosa, oppure per depurare soluzioni tramite precipitazione di componenti insolubili. Inoltre interviene nella produzione di molti composti di largo impiego industriale, i principali dei quali sono:

Carbonato di sodio: è un prodotto impiegato nell'industria vetraria, in quella siderurgica e nella produzione di detersivi. Le specifiche richieste sono: $\text{CaO} > 92\%$; $\text{MgO} < 1,75\%$; $\text{SiO}_2 < 2\%$; granulometria pari a quella del coke.

Ipoclorito di calcio: è utilizzato come fonte di cloro per la sbiancatura delle fibre tessili e della pasta da carta, oltrechè per la depurazione delle acque. Specifiche: $\text{CaO} > 90\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,3\%$; MgO , $\text{SiO}_2 < 0,5\%$; è richiesta inoltre macinazione fine e grande reattività.

Carbonato di calcio precipitato: questo prodotto è usato nell'industria della carta, della plastica, della gomma e in quella farmaceutica. Specifiche: $\text{CaO} > 97\%$; SiO_2 e Ossidi metallici in quantità trascurabili.

Ossido di propilene: la calce serve per trasformare il cloruro di propilene (ottenuto a partire dal propilene) in ossido di propilene, materia prima di base per la chimica organica, congiuntamente all'azione di neutralizzazione dell'acido cloridrico. Specifiche: $\text{CaO} > 97\%$; $\text{SiO}_2 < 0,3\%$.

Industria vetraria

L'apporto di CaO nella produzione di vetro sodico-calcico usato per la maggior parte dei contenitori industriali è di norma assicurato da carbonato di calcio o da dolomite, in quanto le quantità richieste sono molto elevate e la calce è più costosa: l'uso di questa però consente di ottenere vetri più brillanti e di colore migliore, oltre a una fusione più rapida con minor consumo di combustibile. Le specifiche sono quelle dell'industria chimica.

Industria cartaria

Nell'industria cartaria la calce è impiegata per rigenerare la soda necessaria per la separazione della cellulosa e come agente sbiancante della carta o per la chiarificazione delle acque residuali. Le specifiche richieste sono: $\text{CaO} (+\text{MgO}) > 95\%$; $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 < 3\%$.

Industria delle costruzioni, strade e lavori pubblici

La calce è utilizzata per la preparazione di malte nell'industria delle costruzioni: in particolare, la calce aerea grassa ha la capacità di essere impermeabile e di non fessurarsi.

Calcari con tenori in ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) compresi tra il 5,3 % e 21,8 % forniscono, per cottura, *calci prima forti*, poi *idrauliche*, cioè in grado di fare presa anche in acqua, mentre, se la percentuale di carbonato di calcio sta tra il 75 ed il 78 %, sono particolarmente adatti per la produzione dei cementi; sempre che, anche in questi casi, il tenore in magnesio sia basso.

La calce idraulica è stata alla base delle costruzioni a partire dall'epoca romana sino al secolo scorso, quando prese avvio l'uso del cemento.

Attualmente costituisce una base fondamentale per gli intonaci.

La differenza tecnologica dai cementi sta nel fatto che le calci idrauliche sono cotte a temperatura maggiore di quella delle calci aeree (calcinazione $\sim 900^\circ$) ma minore di quella dei cementi (scarificazione $\sim 1.500^\circ$) soprattutto a lenta presa.

Tab.2.2.4 Materie prime per leganti idraulici

		ARGILLA	INDICE IDRAULICITA'	PRESA IN GIORNI
CALCARI PER CALCI IDRAULICHE	Debolmente idrauliche	5 – 8 %	0,10 – 0,16	15 – 30
	Mediamente idrauliche	8 – 15 %	0,16 – 0,31	12 – 20
	Idrauliche pr. d.	15 – 19 %	0,32 – 0,42	5 – 10
	Eminentemente idrauliche	19 – 22 %	0,42 – 0,52	2 – 5
MARNE PER CEMENTI	A lenta presa ("portland naturali")	22 – 27 %	0,50 – 0,65	< 2
	A presa rapida	27 – 40 %	0,65	poche ore

La calce interviene anche nella fabbricazione dei mattoni silico-calcici e dei cementi porosi isolanti e leggeri. Le corrispondenti specifiche sono: $\text{CaO} = 85 - 97\%$ per le calci grasse, $\text{CaO} < 85\%$ per le calci magre; polvere omogenea, priva di elementi sovrappresi o infusi.

Un'applicazione interessante della calce si ha nella stabilizzazione dei terreni per sottofondi stradali, operazione che può essere fatta con due diversi metodi:

- Si stende la calce viva, che assorbe l'acqua dei terreni umidi e, nel giro di qualche ora, reagisce con le argille del terreno, facendole flocculare e raggruppare; la calce forma in seguito dei silicati e alluminati che consentono l'agglomerazione dei componenti del suolo;

- Mescolando la calce con materiali pozzolanici naturali o artificiali (scorie d'alto forno, ceneri volanti) in presenza di acqua si ottiene un idoneo legante.

Le specifiche riguardano essenzialmente la granulometria, che deve essere particolarmente fine.

Tecnologie ambientali

La calce svolge un ruolo molto importante nel trattamento delle acque acide, nella dolcificazione delle acque potabili, nella depurazione dei liquami e dei fanghi urbani, tramite un'azione di coagulazione e flocculazione dei materiali organici, dei fosfati e dei metalli pesanti e distruzione della maggior parte dei virus e dei batteri. Inoltre serve per la desolforazione dei gas emessi dalle centrali termiche. Le specifiche relative sono: $\text{CaO} > 90\%$, oppure $\text{CaO} + \text{MgO} > 93\%$.

Agricoltura e industria agro-alimentare

La calce è ampiamente utilizzata in questo campo anzitutto come ammendante e correttore dell'acidità dei terreni. Interviene inoltre nei processi di produzione dello zucchero e nell'alimentazione sia umana che animale. Le specifiche sono molto variabili, a seconda delle applicazioni. In particolare nel settore dell'alimentazione deve –ovviamente– essere priva di elementi tossici (Pb, Cu, Co, Sr, Cd,...).

2.2.2 CARATTERISTICHE DEI CEMENTI

Il cemento è utilizzato sia per la confezione di calcestruzzi, sia di malte di largo impiego nell'industria delle costruzioni e deve perciò sempre rispettare precise normative tecniche riguardanti resistenza, fisica e chimica, dei prodotti, lavorabilità degli impasti, durevolezza ecc. in relazione ai settori di utilizzo (es. gettate in opera, proiezioni con aggregati, prefabbricazioni di elementi strutturali ecc.)

In tabella 2.2.5 è riportata, a titolo esemplificativo, la composizione del cemento "portland" artificiale:

Tab.2.2.5 Composizione chimica del cemento portland artificiale

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O + Na ₂ O
	%	%	%	%	%	%	%
MAX	25	9	5 (6)	67	3 (5)	3 (4)	1,3
MIN	19	2	1	62 (60)	0	1	0,2

Al fine di rispettare i “moduli caratteristici” richiesti (idraulico, silicico, dei fondenti)¹.

In ogni caso in tabella 2.2.6 è riportata la composizione mineralogica del clinker (tenori estremi e valori medi % dei prodotti formati) da cui dipenderanno le proprietà applicative più importanti (resistenza iniziale ed a lungo termine, soprattutto).

Tab.2.2.6 *Composizione mineralogica del clinker*

	TENORE MASSIMO	MEDIA	OSSERVAZIONI
	%	%	
silicato tricalcico	50-75	5	resistenza iniziale del cemento elevata
silicato bicalcico	7-30	20	resistenza a lungo termine del cemento
alluminato tricalcico	0-16	12	resistenza del cemento a brevissimo termine; forte calore; scarsa tenuta alle acque aggressive
Allumino ferrite tetracalcica	0-20	8	nessun effetto sulla resistenza del cemento

2.2.3 CARATTERISTICHE DELLE MATERIE PRIME DA CEMENTO

Dalle tabelle precedenti conseguono le seguenti condizioni per le materie prime per i cementi:

$$\text{CaCO}_3 \geq 76\%$$

$$\text{MgO} \leq 5\%$$

$$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 1,2 \div 1,5 \%$$

$$\text{SiO}_3 < 2 \%$$

oltre ad alcune particolari limitazioni sulla presenza di silice libera grossolana (> 80 µm) di cloro e di fosfati.

L'esaurimento, o la diseconomicità intervenuta nella coltivazione, dei giacimenti di marna avente la composizione richiesta per costituire la materia prima per l'alimentazione delle cementerie, rende oggi necessaria la produzione “artificiale” della materia prima, attraverso l'estrazione separata del calcare e di un'altra roccia (generalmente uno scisto), tali che, miscelati, consentano di ottenere la composizione richiesta. Questa deve risultare il più

¹ Precise norme (ASTM C 15078) danno la possibilità di calcolo preventivo di “composizione mineralogica potenziale” di un clinker, a partire dalla sua composizione chimica

possibile omogenea e costante, rispettando determinate proporzioni tra carbonato di calcio e ossidi di Al, Fe e Si, mentre particolarmente limitato deve essere il contenuto in ossido di Mg (<3%), di alcali e di solfati.

La “marna da cemento”, considerata minerale di prima categoria in quanto potenzialmente utilizzabile tal quale per la fabbricazione del cemento “naturale”, deve avere un indice di idraulicità² pari a 0,3-0,7 (“Parere” del Consiglio Superiore delle Miniere del 26/7/91).

I calcari da cemento non dovrebbero contenere silice libera (es. clasti di quarzo) data la scarsa combinabilità con l’ossido di calcio in cottura. Non è questo il problema della silice organogena (es. da fossili) che può sostituire in parte l’argilla (apportatrice di silice combinata).

Per le marne del Casalese ancora oggi coltivate, se il tenore in CaCO₃ supera il 75% possono essere miscelate con marne a tenore inferiore; se, viceversa, esso non raggiunge il 75% si può intervenire con aggiunte di materiali ad alto tenore in CaCO₃, quali i calcari del Cuneese o del Bergamasco.

La prospezione di nuovi giacimenti di materie prime da cemento –calcari ed argilloscisti- è perciò una fase molto difficile e delicata, prima dell’apertura delle cave, soprattutto se queste costituiscono la premessa fondamentale per l’avvio di una cementeria.

Le numerose e restrittive caratteristiche richieste fanno perciò sì che la risorsa costituita da un buon calcare da cemento risulti scarsa, nonostante l’appartenenza ad una classe di rocce, come si è detto, abbastanza comuni.

Questo fatto offre un primo elemento di valutazione del significato economico della relativa attività estrattiva piemontese, giustificando il fatto che la presenza di giacimenti, coltivati a cava, di calcare da cemento in regione è limitata a due sole e ristrette aree, una nel Cuneese e una nel Casalese.

Per la valutazione dell’idoneità delle materie prime le analisi sui campioni prelevati nel giacimento debbono essere molto accurate in avvio delle cave. La campionatura stessa dei materiali, nelle diverse zone oggetto di escavazione, deve essere condotta scientificamente, e solitamente è fatta, con applicazione di criteri geostatistici.

² Reciproco del Modulo Idraulico:

$$M = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

Ciò permette in sede di programmazione dei lavori, previsti in progetto, di tener conto, anche operativamente, di variazioni locali della natura e qualità della roccia presente.

La prospezione di un giacimento importante, oltre a sondaggi (almeno 1 ogni ettaro eseguito con carotaggio a distruzione), canalette ecc, prevede solitamente l'effettuazione di rilievi geofisici (stendimenti elettrici e misure di resistività con eventuali profili sismici a rifrazione).

Nel caso di materiali scistosi ed argillosi possono essere sufficienti incisioni più o meno profonde sul terreno mediante escavatore idraulico, oltre a sondaggi meccanici e geofisici.

Possono essere prese in considerazione anche prove tecniche, in impianto pilota, di comminazione ed eventualmente di cottura.

Errori di valutazione, circa la composizione delle rocce presenti, ovvero riguardo alle cubature effettivamente coltivabili, possono, date le grandi quantità richieste, in modo costante e continuativo, da parte delle cementerie, portare a notevoli difficoltà di gestione degli impianti, di coltivazione delle cave, con conseguenti ritardi nei recuperi ambientali dei siti se non alla stessa chiusura anticipata delle attività estrattive.

2.2.4 CARATTERI PETROGRAFICI E CHIMICI DELLE MATERIE PRIME PIEMONTESI PER CEMENTO

2.2.4.1 *Calcarei Subbrianzonesi e Brianzonesi utilizzati nell'Industria Cementiera Cuneese*

All'esame macroscopico i calcari subbrianzonesi e brianzonesi si presentano compatti, di colore grigio, con tonalità variabili da chiaro a scuro, a grana da fine a finissima, con struttura da isotropa a più o meno orientata e frattura concoide.

All'esame microscopico i calcari subbrianzonesi mostrano evidenti ricristallizzazioni metamorfiche, che spesso si manifestano con l'isorientamento dei blasti appiattiti di calcite o, molto più raramente, con strutture poligonali.

Frequenti sono le testimonianze di deformazioni plastiche e clastiche, rispettivamente evidenziate da livelli ripiegati di calcite a grana minuta e da calcite spatica \pm quarzo, che ricementa fratture. Anche dove l'orientazione dei blasti calcitici è meno marcata, cristalli di dimensioni maggiori e fortemente deformati, con caratteristico aspetto di porfiroclasti, testimoniano la ricristallizzazione metamorfica. Scarsissimi sono i resti di fossili e sporadiche le stiloliti. La frazione terrigena è di norma trascurabile, limitata in ogni sezione sottile a

pochi clasti di quarzo \pm feldspati. La grana dei costituenti mineralogici è sempre minuta e raggiunge al massimo qualche millimetro nei porfiroclasti calcitici. Talora si osservano idioblasti torbidi di dolomite.

I calcari brianzonesi mostrano caratteri abbastanza simili a quelli subbrianzonesi, con prevalenza di strutture da foliate a francamente milonitiche e frazione terrigena di norma un po' più abbondante.

Le calcimetrie, eseguite su oltre 30 campioni prelevati nella dorsale Stura-Gesso, hanno evidenziato tenori in carbonati di norma superiori al 95% e abbastanza frequentemente al 99%; il contenuto di $MgCO_3$ è risultato piuttosto modesto (valore più frequente intorno al 2%) e compreso tra 0 e 8%.

2.2.4.2 Facies calcarea della Pietra da Cantoni

Lo studio petrografico della *facies* calcarea della Pietra da Cantoni ha permesso di suddividere i litotipi campionati in tre categorie: calcari biosparitici, calcari biomicritici e calcari micritici.

Calcari biosparitici

All'esame macroscopico i calcari biosparitici si presentano alquanto vacuolari e con colore d'insieme nocciola chiaro, su cui spiccano i granuli plurimillimetrici biancastri dei bioclasti.

All'esame microscopico la roccia risulta costituita da una frazione organica, in cui sono presenti gusci e/o frammenti di lamellibranchi, gasteropodi, foraminiferi, briozoi e litotamni, in matrice di calcite spatica. Il materiale extrabacinale è prevalentemente rappresentato da clasti di quarzo e feldspato e glauconite.

Calcari biomicritici

All'esame macroscopico i calcari biomicritici si presentano compatti, a grana fine e colore nocciola chiaro.

All'esame microscopico la roccia risulta costituita da una frazione organica, in cui sono presenti generalmente scarsi bioclasti (gusci e/o frammenti di lamellibranchi, foraminiferi), in matrice di calcite micritica. Talora compaiono anche intraclasti micritici. Il materiale extrabacinale è prevalentemente rappresentato da clasti di quarzo e feldspato, \pm anfibolo, \pm mica, \pm clorite, \pm zircone, \pm glauconite.

Calcari micritici

All'esame macroscopico i calcari micritici si presentano compatti, a grana fine e

colore nocciola chiaro.

All'esame microscopico la roccia risulta costituita da una massa di fondo micritica, nella quale la frazione organica è molto scarsa o assente. Il materiale extrabacinale è prevalentemente rappresentato da clasti di quarzo e feldspato, \pm anfibolo, \pm mica bianca, \pm biotite, \pm clorite, \pm zircone, \pm glauconite.

Le calcimetrie, eseguite su 10 campioni, hanno evidenziato tenori in CaCO_3 compresi tra il 77% e il 99% e tenori in MgCO_3 generalmente al di sotto dell'1%.

2.3 GESSI

Il minerale gesso (solfato di calcio biidrato), ed in subordine l'anidrite (solfato di calcio), sono la base per la produzione del gesso commerciale, sia comune (miscela di solfato di calcio emiidrato e della forma α del solfato di calcio anidro), sia a presa rapida (solo solfato emiidrato).

Il gesso è un minerale tenero (durezza Mohs 1,5-2, a seconda della fase cristallina), solubile in acqua, di colore variabile in funzione delle impurità contenute (bianco, se puro, altrimenti grigio, beige, giallo, rosso). L'anidrite ha durezza 3,5 e massa volumica 2900 kg/m³. Entrambi sono chimicamente inerti, se puri.

Entrambe queste forme, le sole comunemente utilizzate in commercio, si ottengono per riscaldamento del minerale di cava a temperature attorno ai 130 °C.

Il loro impiego è dovuto in primo luogo alle proprietà del "gesso da presa", e cioè il solfato di calcio emi-idrato che, mescolato con acqua, si ritrasforma, indurendo, nel solfato bi-idrato. Variando la temperatura, la cottura del gesso conduce a prodotti di vario tipo (gesso a presa rapida, per stuccatori, gesso d'opera...), e, in particolare, se la temperatura supera i 900°C, una parte del solfato di calcio si trasforma in calce, formando il gesso idraulico, che può indurire, lentamente, anche in acqua.

2.3.1 CARATTERISTICHE ED IMPIEGHI DEI GESSI

Le caratteristiche dei gessi variano in funzione delle destinazioni d'uso che vengono nel seguito brevemente passate in rassegna:

Edilizia

La principale applicazione del gesso si ha tuttora nel campo dei materiali da costruzione, dove è alla base di un gran numero di prodotti ottenuti miscelando in varie proporzioni il gesso semi-idrato, l'anidrite insolubile e l'anidrite solubile, con l'aggiunta di eventuali additivi e utilizzando diverse modalità di macinazione e di cottura.

Tali prodotti corrispondono a diversi tipi di intonaci (tradizionali, speciali alleggeriti, per finiture, spianature, etc.) e malte sottofondi per pavimenti, pareti non portanti, e controsoffitti (cartongesso).

Tra le qualità dei materiali a base di gesso impiegati in edilizia si devono ricordare quelle relative all'isolamento termico e acustico, la resistenza al fuoco, la funzione di

regolazione dell'umidità negli ambienti chiusi, la lavorabilità e la facilità di messa in opera.

Per la maggior parte delle applicazioni non sussistono in genere eccessive limitazioni per quanto riguarda la presenza d'inquinanti nel tout-venant di cava, grazie anche alla facile reperibilità di giacimenti con buone caratteristiche di purezza. E' comunque in genere ben tollerata la presenza di svariate unità percentuali in anidrite e carbonato di calcio; anche modeste percentuali di minerali argillosi o di materia organica non comportano eccessivi problemi anche se una bassa percentuale di marna consente una maggiore lavorabilità; mentre la presenza di clorati, magnesio e sali di sodio e potassio possono comportare problemi per efflorescenze nelle murature e difficoltà di presa. Per gli usi più pregiati (intonaci a vista) sono invece da considerare penalizzanti gli ossidi ed idrossidi di ferro, che conferiscono al prodotto finito una tonalità giallastra.

Industria cementiera

I solfati di calcio mescolati crudi al clinker hanno un'azione ritardante sulla presa del cemento mentre aumentano la sua resistenza, quando la loro presenza percentuale sia compresa entro determinati limiti. Gli attuali cementi Portland sono costituiti da clinker finemente macinato addizionato con gesso in percentuale compresa tra il 3 e il 6%. Certi cementi usati per lavori speciali (sottomarini, oppure gallerie in terreni gessosi) possono contenere fino al 15-18% di gesso.

Le specifiche in proposito non sono troppo stringenti: per il gesso la purezza chimica può essere anche solo del 75%, per l'anidrite del 60%; non crea problemi la presenza di argille o di marne, come pure il colore: la granulometria va compresa fra 8 e 50 mm con 20% <8mm.

La destinazione a questo uso rispetto agli altri impieghi varia molto da Paese a Paese, ma complessivamente si può stimare che all'industria del cemento vada circa la metà della produzione mondiale di gesso.

Tale percentuale cresce nei Paesi in via di sviluppo: ad es. in India raggiunge il 75%, mentre negli Stati Uniti scende al 25% essendo la frazione complementare destinata all'industria dei premiscelati, dei prefabbricati o degli ammendanti agricoli ecc. ecc.

Ciò significa che ampio spazio rimane tuttora al gesso per contribuire allo sviluppo, almeno nel settore dell'edilizia, di molti Paesi Emergenti.

Industria chimica

I solfati di calcio sono, in linea di principio, utilizzabili come materie prime per la produzione di solfuro di calcio e zolfo, di acido solforico, di solfato d'ammonio. Le caratteristiche richieste riguardano essenzialmente la purezza chimica (>90%). Per tale motivo le vie industriali adottate nelle produzioni di cui sopra, sono solitamente altre.

Cariche minerali

Le caratteristiche di neutralità ed inerzia chimica del gesso, la sua debole abrasività, la facilità di fine macinazione, oltre che il suo colore bianco ne fanno un materiale da carica per vari prodotti: materie plastiche, vernici e colle, plastilina, carta, tessuti, vetrerie, insetticidi in polvere, prodotti farmaceutici. L'anidrite macinata presenta un numero minore di impieghi, essendo usata essenzialmente per vernici, carta, bitumi e cartoni bitumati.

Le caratteristiche richieste sono: purezza >90%; finezza di macinazione sotto 100 micron, fino a 1,4 micron; indice di bianco elevato (96-97%); indice di rifrazione 1,52-1,58; indice di assorbimento: 25-26 cc/100 g.

Agricoltura e fertilizzanti

Il gesso apporta una correzione ai suoli salini o alcalini (tipici di zone aride o semi-aride o che si trovano in riva al mare). Come ammendante ha un'azione benefica su certe colture, come le leguminose, la vite e il tabacco, dove contrasta la carenza di zolfo. Il gesso entra nella composizione di certi fertilizzanti. Viene pure impiegato per la produzione di insetticidi e fungicidi in polvere.

Le specifiche sono poco impegnative: per la purezza è sufficiente un tenore del 50%, la macinazione sotto i 2 mm.

Industrie alimentari

Il gesso è utilizzato per la purificazione dell'acqua nella produzione della birra. Viene pure impiegato per ridurre il tenore in tartaro e nella filtrazione del vino.

Nell'alimentazione degli animali il gesso interviene nei mangimi come integratore di zolfo.

Per questi impieghi le specifiche sono le più restrittive: purezza > 96,75%; tenore in As < 3ppm; Se < 30ppm; F < 30 ppm; Fe < 100 ppm; Pbe altri metalli pesanti < 10 ppm.

Industria vetraria

Tra gli altri numerosi settori in cui il gesso macinato è impiegato, si deve segnalare quello del vetro, dove svolge la funzione di facilitare la fuoruscita dei gas dalla massa fusa e anche sostituire il solfato di sodio per schiarire il vetro fuso.

Per questo tipo di impiego, il gesso e l'anidrite devono presentare buone caratteristiche di purezza e granulometria sotto i 2 mm con meno del 3% di scarto a 2 mm.

2.4 SABBIE SILICEE

Le principali destinazioni per le sabbie silicee sono le seguenti:

- industria vetraria (sabbie per vetro piano e vetro cavo);
- industria ceramica (granelle per la produzione di quarzo ventilato e prodotti fini <0,1 mm);
- produzione di collanti;
- industria chimica (produzione di silicati);
- sabbie per formatura e per sabbiatura;
- industria metallurgica (produzione di ferroleghe);
- letti filtranti.

Vi sono poi altri usi meno qualificati, quali aggregati per calcestruzzo, materia prima per la produzione di cemento, riempimenti di cave a fossa per il recupero ambientale.

Ad ogni destinazione corrispondono precise specificazioni di prodotto che, nel caso delle sabbie piemontesi e degli usi più qualificati, possono venire raggiunte soltanto mediante opportuni schemi di trattamento della materia prima.

2.4.1 REQUISITI PER LE SABBIE DA VETRO

A seconda del tipo di prodotto il vetro si classifica in vetro cavo e vetro piano; a seconda del colore si parla di vetro colorato (verde, ambra), mezzo bianco e bianco. Le principali caratteristiche soggette a specificazione per le sabbie da vetro sono riportate in Tabella 2.4.1.

Tab. 2.4.1 Principali caratteristiche delle sabbie per vetro soggette a specifiche e controlli

Caratteristiche	Limitazioni abituali	Motivazioni
Granulometria	D_{max} 0,5 mm d_{min} 0,1 mm	Facilitare la fusione Evitare trascinamenti di polvere
Composizione chimica	Fe, Ti, Cr : i limiti variano secondo il tipo di vetro Al₂O₃ : i limiti variano secondo il tipo di vetro	Evitare colori indesiderati Evitare eccessiva viscosità nel bagno fuso
Mineralogia: minerali infusibili	cromite, corindone, zircono, ecc.: i limiti variano secondo il tipo di vetro	Evitare inclusi che danno pezzi di scarto

Circa gli elementi cromofori, ossia che danno colorazione al vetro, si deve ricordare che il principale è il ferro; esso dà al vetro un colore verde o bruno, a seconda del grado di ossidazione.

Il tenore limite di ferro (convenzionalmente espresso come ossido Fe₂O₃) è:

- meno di 0,02% nelle sabbie per vetro bianco della miglior qualità;
- 0,1% o poco più nelle sabbie per vetro mezzobianco;
- circa 0,25% nelle sabbie per vetro ambra;
- circa 0,5% nelle sabbie per vetro verde

Nel caso del vetro colorato le prescrizioni non sono molto rigorose in quanto, con correttivi coloranti o decoloranti si possono usare anche sabbie con tenore di ferro dello 0,8%.

L'allumina è tollerata, se contenuta come feldspato ed in percentuale ben costante, in quelle sabbie che si impiegano per miscele in cui il feldspato dovrebbe comunque essere aggiunto. Miscele naturali quarzo-feldspato sono perciò utilizzabili per la produzione del vetro, e vendute come "sabbie feldspatiche". Si accettano, purché il tenore sia noto e costante, anche sabbie con 4% di allumina (nel vetro raramente si tollera più di 3% di allumina, perché diverrebbe troppo viscoso). Le vetrerie però preferiscono più spesso avere sabbie senza allumina ed aggiungere la quantità voluta come feldspato puro; per i vetri più pregiati si richiede sovente che la sabbia abbia solo 0,1% di allumina.

Per i minerali infusibili, che si identificano con l'esame microscopico della frazione pesante della sabbia, le prescrizioni sono molto severe, essendo espresse in numero di grani per chilogrammo di sabbia. L'analisi chimica non riesce a rivelare questi inquinanti (un grano di sabbia pesa tipicamente meno di 0,1 mg, ed un grano su un kg, cioè 0,1 ppm, è già inaccettabile per molte produzioni); inoltre l'analisi chimica non può dire se un certo

elemento è contenuto in forma di minerale fusibile o infusibile. La cromite è il minerale infusibile più comune e più nocivo nelle sabbie da vetro. Oltre che per i controlli di produzione, l'esame mineralogico è importantissimo per decidere i metodi da adottare se si vuole depurare una sabbia che non sia naturalmente pura, per usarla in vetreria.

2.4.2 REQUISITI DEI PRODOTTI PER CERAMICA

Per quanto riguarda l'uso in ceramica le sabbie quarzose costituiscono ovviamente lo "scheletro" delle miscele crude per ceramica. Si deve inoltre fare una distinzione tra prodotti che cuociono rosso (per la presenza di sensibili proporzioni di ossidi di ferro) e prodotti che cuociono bianco (perché già in natura molto poveri di ferro o perché hanno subito opportuni trattamenti).

Per quanto riguarda la distribuzione granulometrica, al quarzo per ceramica si richiede una granulometria fine (di regola $< 0,1$ mm).

2.4.3 CARATTERISTICHE DELLE SABBIE SILICEE PIEMONTESI

Nel caso del Piemonte solo due delle quattro unità operative (che sfruttano entrambe giacimenti di quarziti metamorfiche) producono sabbie da vetro sia piano che cavo. Le specificazioni granulometriche e composizionali vengono raggiunte in uno dei due impianti attraverso cicli di trattamento ad umido, comprendenti frantumazione in più stadi, macinazione ad umido, idroclassificazione, filtrazione ed eventuale essiccazione. Nell'altro impianto il trattamento è a secco e comprende frantumazioni in più stadi, essiccazione, macinazione e classificazione del prodotto di macinazione per vagliatura (tagli granulometrici ≥ 1 mm) e per classificazione pneumatica (dimensione di taglio $\sim 0,1$ mm).

Le non eccelse caratteristiche composizionali del grezzo (tenore di Fe_2O_3 pari a $0,12 \div 0,25\%$, di Al_2O_3 pari a $2 \div 3\%$) possono essere migliorate tanto da raggiungere le specifiche del vetro piano solo con cicli di trattamento ad umido. Con cicli di trattamento a secco si possono ottenere soltanto materie prime per la produzione del vetro cavo verde.

Le caratteristiche di due sabbie piemontesi ottenute con trattamenti ad umido sono riportate nelle tabelle 2.4.2 e 2.4.3.

Tab. 2.4.2 Caratteristiche di una sabbia piemontese per vetro cavo (mezzobianco)

Composizione chimica		Distribuzione granulometrica	
Costituente	Tenore (% in massa)	Classe granulometrica (mm)	Frequenza elementare (%)
SiO ₂	96,2	>1,5	0,01
Al ₂ O ₃	1,949	1,5-1,4	0,05
Fe ₂ O ₃	0,110	1,4-1,2	0,33
K ₂ O	0,985	1,2-1,0	3,92
CaO	0,011	1,0-0,8	13,06
MgO	0,055	0,8-0,6	24,35
Na ₂ O	0,021	0,6-0,4	26,45
TiO ₂	0,042	0,4-0,2	16,42
Cr ₂ O ₃	0,0005	0,2-0,1	9,40
		0,1-0,06	4,80
		<0,06	1,20

Tab. 2.4.3 Caratteristiche di una sabbia piemontese per vetro piano (mezzobianco)

Composizione chimica		Distribuzione granulometrica	
Costituente	Tenore (% in massa)	Classe granulometrica (mm)	Frequenza elementare (%)
SiO ₂	96,0	>1,0	0,00
Al ₂ O ₃	2,045	1,0-0,75	0,06
Fe ₂ O ₃	0,108	0,75-0,6	0,34
K ₂ O	1,061	0,6-0,5	3,36
CaO	0,015	0,5-0,4	14,00
MgO	0,059	0,4-0,3	21,94
Na ₂ O	0,025	0,3-0,2	31,21
TiO ₂	0,043	0,2-0,15	20,76
Cr ₂ O ₃	0,0004	0,15-0,1	6,81
		0,1-0,075	1,19
		<0,075	0,30

Le classi granulometriche più grossolane delle sabbie di macinazione delle quarziti piemontesi vengono perciò rimacinate per la produzione di “ventilati” di quarzo per uso ceramico. La tabella 2.4.4 fornisce la composizione chimica di un quarzo ventilato per ceramica ottenuto dalla rimacinazione di una granella.

Tabella 2.4.4 Composizione chimica di un quarzo ventilato per ceramiche a pasta bianca (prodotto di macinazione di una granella di quarzo piemontese)

Composizione chimica	
Costituente	Tenore (% in massa)
SiO ₂	96,20
Al ₂ O ₃	1,96
Fe ₂ O ₃	0,11
K ₂ O	0,95
CaO	0,01
MgO	0,06
Na ₂ O	0,02
TiO ₂	0,04
Cr ₂ O ₃	0,0005

Nel solo caso di ceramiche a pasta rossa, in alternativa al quarzo ventilato si possono utilizzare i prodotti fini della classificazione delle sabbie da vetro, i quali sia per la granulometria che per la composizione chimica, non sono di interesse per l'industria vetraria (v. tabella 2.4.5).

Tabella 2.4.5 Caratteristiche di un prodotto di macinazione per l'industria ceramica (sottoprodotto della preparazione di sabbie da vetro)

Composizione chimica		Distribuzione granulometrica	
Costituente	Tenore (% in massa)	Classe granulometrica (µm)	Frequenza elementare(%)
SiO ₂	91,9	>192	0,0
Al ₂ O ₃	4,80	192-128	0,1
Fe ₂ O ₃	0,37	128-96	2,4
K ₂ O	1,98	96-64	1,4
CaO	0,09	64-48	8,4
MgO	0,25	48-32	9,1
Na ₂ O	0,13	32-24	22,3
TiO ₂	0,095	24-16	17,1
Cr ₂ O ₃	0,004	16-12	14,9
		12-8	6,4
		8-6	5,7
		6-4	3,0
		<4	8,4

ANNESSO 3

3. SCHEDE GIACIMENTOLOGICO-TECNICHE DEGLI AFFIORAMENTI DEI GESSI E DELLE SABBIE SILICEE

Al fine di giungere ad una più ampia visione d'insieme delle potenzialità dei giacimenti piemontesi di gessi e sabbie silicee, è stato condotto un rilevamento diretto dei principali affioramenti, con particolare riferimento a quelli che fossero (o fossero stati in epoche più o meno recenti) oggetto di coltivazione.

Sono pertanto stati eseguiti oltre venti sopralluoghi, incentrati su cave attive o inattive e affioramenti naturali; per ciascuna delle cave (o gruppi di cave) ispezionate è stata compilata una sintetica scheda giacimento-logico-tecnica, appositamente elaborata, in grado di fornire schematiche informazioni di carattere generale su alcuni aspetti giacimento-logici ed ambientali del giacimento coltivato.

I dati così raccolti sono stati poi sintetizzati, con una simbologia opportuna, nella carta tematica 3 (Carta giacimento-logico-tecnica: gessi e sabbie silicee); il simbolo prescelto ha la forma di una stella a quattro punte, con la sigla alfanumerica della scheda riportata al centro del simbolo, e le quattro punte corrispondenti a: litotipo coltivato, tipologia della formazione coltivata, riserve potenziali del giacimento (formazione utile presente nell'ambito locale), eventuali problematiche idrogeologiche del giacimento.

Le schede compilate nel corso dei sopralluoghi sono integralmente riportate nel seguito.

Scheda giacimentologico-tecnica – 1 -Denominazione: *Melezet*Comune: *Bardonecchia*Località: *Melezet*Litotipo: *Gesso*Età formazione: *Triassico*Sigla interna: *BRDI*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *Vecchie coltivazioni con accessibilità scarsa; a suo tempo trasporto materiale con teleferica.*Data: *30/8/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 2 -Denominazione: *Richettera*Comune: *Bussoleno*Località: *Richettera*Litotipo: *Quarzo*Età formazione: *Pretriassico*Sigla interna: *BSSI*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (prat. illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *La copertura aumenta rapidamente, con il banco che immerge verso monte. Intercalazioni sottili di gneiss micacei tra le bancate quarzitiche.*Data: *15/11/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 3 -Denominazione: *Gessi (BPB)*Comune: *Cocconato*Località: *Gessi*Litotipo: *Gesso*Età formazione: *Miocene (Messiniano)*Sigla interna: *CCCI*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *Poco carsismo, limitato alla parte alta del giacimento.*Data: *8/5/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 4 -

Denominazione: *N.N.*

Comune: *Castello di Annone*

Località: *Crocetta*

Litotipo: *Sabbia silicea*

Età formazione: *Pliocene (Villafranchiano)*

Sigla interna: *CSA1*

1) Numero cave attive in zona:

0 1 2-5 > 5

2) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme

3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m

4) Riserve potenziali del giacimento:

scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)

5) Problematiche idrogeologiche del giacimento:

trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)

6) Osservazioni: *Lenti irregolari di sabbie quarzose bianche, molto fini, entro sabbie limose carbonatiche giallastre. Potenza osservata 2-3 m, riferite massime di 10-15 m. Distribuzione delle lenti assai irregolare.*

Data: *14/9/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 5 -

Denominazione: *Rocce Bianche*

Comune: *Castelnuovo Nigra*

Località: *Rocce Bianche*

Litotipo: *Quarzo*

Età formazione: *Pretriassico*

Sigla interna: *CSNI*

1) Numero cave attive in zona:

0 1 2-5 > 5

2) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme

3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m

4) Riserve potenziali del giacimento:

scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)

5) Problematiche idrogeologiche del giacimento:

trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)

6) Osservazioni: *Coltivata sino ai primi anni '80 del XX secolo; i banchi di quarzo proseguono, con potenza media di 2-3 m, sotto una copertura gneissica via via crescente.*

Data: *15/11/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 6 -

Denominazione: *Bricco Toni*

Comune: *Cisterna d'Asti*

Località: *Ferrere*

Litotipo: *Sabbia silicea*

Età formazione: *Pliocene (Villafranchiano)*

Sigla interna: *CST1*

1) Numero cave attive in zona:

0 1 2-5 > 5

2) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme

3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m

4) Riserve potenziali del giacimento:

scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)

5) Problematiche idrogeologiche del giacimento:

trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)

6) Osservazioni: *Presenza ruscello a margine cava, con quota alveo circa uguale alla quota del piazzale impianto. Problemi viabilità per trasporto prodotto, risolvibili con apertura nuova strada collegamento in ambito concessione.*

Data: *11/10/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 7 -Denominazione: *TAS*Comune: *Castellania*Località: *Perleto*Litotipo: *Gesso*Età formazione: *Miocene (Messiniano)*Sigla interna: *CTLI*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *Vecchia coltivazione in sotterraneo. Galleria in traversobanco (N-S) lunga circa 1 km, passante (imbocchi Perleto e Castellania).*Data: *11/9/00*

Scheda giacimentologica-tecnica – 9 -

Denominazione: *Madonna d'Enrouvel*

Comune: *Demonte*

Località: *Madonna d'Enrouvel*

Litotipo: *Gesso*

Età formazione: *Triassico*

Sigla interna: *DMNI*

1) Numero cave attive in zona:

0 1 2-5 > 5

2) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme

3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m

4) Riserve potenziali del giacimento:

scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)

5) Problematiche idrogeologiche del giacimento:

trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)

6) Osservazioni: *Banco strizzato di anidrite parzialmente gessificata.*

Data: *25/7/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 10 -Denominazione: *N.N.*Comune: *Demonte*Località: *Madonna d'Enrouvel*Litotipo: *Quarzite*Età formazione: *Triassico*Sigla interna: *DMN2*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *Classica quarzite del Permo-Trias, poco micacea e molto fratturata. Accessibilità non buona e quota elevata.*Data: *15/11/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 12 -Denominazione: *Fontanamara (Italgessi)*Comune: *Moncucco*Località: *Nosei*Litotipo: *Gesso*Età formazione: *Miocene (Messiniano)*Sigla interna: *MNCI*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *Numerose cavità carsiche con riempimento argilloso. Il banco immerge di una ventina di gradi verso W.*Data: *27/5/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 14 -Denominazione: *Lavone 2*Comune: *Montiglio*Località: *Lavone*Litotipo: *Gesso*Età formazione: *Miocene (Messiniano)*Sigla interna: *MNT2*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *In sotterraneo.*Data: *8/5/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 16 -

Denominazione: *Solfati*

Comune: *Oulx*

Località: *Ourettas*

Litotipo: *Gesso*

Età formazione: *Triassico*

Sigla interna: *OLXI*

1) Numero cave attive in zona:

0 1 2-5 > 5

2) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme

3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m

4) Riserve potenziali del giacimento:

scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)

5) Problematiche idrogeologiche del giacimento:

trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)

6) Osservazioni: *Serie di zone gessificate in carnirole ed anidriti, estese complessivamente in lunghezza su diverse centinaia di metri. Chiusura anni '60, produzione oltre 20 t/d, 20-30 operai. Facile accesso con nuovo sterrato, adatto camion e fuoristrada, sino a poche centinaia di metri dalle cave.*

Data: *11/9/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 17 -Denominazione: *N.N.*Comune: *Oulx*Località: *Mulino*Litotipo: *Quarzite*Età formazione: *Triassico*Sigla interna: *OLX2*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)

6) Osservazioni: *Quarziti massicce bianche, un tempo (inizi XX secolo) oggetto di limitatissime estrazioni per usi locali, delle quali restano tracce assai dubbie.*

Data: *14/9/00*

Scheda giacimentologico-tecnica - 18 -Denominazione: *Carretta*Comune: *Piobesi d'Alba*Località: *Carretta*Litotipo: *Gesso*Età formazione: *Miocene (Messiniano)*Sigla interna: *PBSI*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *Coltivazioni in sotterraneo, da tempo abbandonate ed attualmente inaccessibili, con gravi problemi di stabilità legati alla scarsa copertura.*Data: *18/7/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 19 -Denominazione: *Vignei*Comune: *Piobesi d'Alba*Località: *Vigneti*Litotipo: *Gesso*Età formazione: *Miocene (Messiniano)*Sigla interna: *PBS2*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *Vecchie coltivazioni in sotterraneo, con grossi problemi di stabilità legati alla scarsa copertura.*Data: *18/7/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 20 -Denominazione: *S. Margherita*Comune: *S. Vittoria d'Alba*Località: *S. Margherita*Litotipo: *Gesso*Età formazione: *Miocene (Messiniano)*Sigla interna: *SVTI*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)7) Osservazioni: *Vecchie coltivazioni in sotterraneo, con gravi problemi stabilità connessi alla scarsa copertura.*Data: *18/7/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 21 -Denominazione: *Predere*Comune: *Vicoforte*Località: *Val Predere*Litotipo: *Arenaria*Età formazione: *Miocene*Sigla interna: *VCF1*1) Numero cave attive in zona: 0 1 2-5 > 52) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m4) Riserve potenziali del giacimento: scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)5) Problematiche idrogeologiche del giacimento: trascurabili limitate gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)6) Osservazioni: *Bancate di arenarie quarzose fini, poco cementate, con sporadiche zone a maggior cementazione.*Data: *24/11/00*

Scheda giacimento-logico-tecnica – 22 -

Denominazione: *Casse*

Comune: *Villarfocchiardo*

Località: *Casse*

Litotipo: *Quarzo*

Età formazione: *Pretriassico*

Sigla interna: *VLF1*

1) Numero cave attive in zona:

0 1 2-5 > 5

2) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme

3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m

4) Riserve potenziali del giacimento:

scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)

5) Problematiche idrogeologiche del giacimento:

trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)

6) Osservazioni: *Coltivata nella prima metà del XX secolo, in sotterraneo (camere e pilastri). Stabilità sotterraneo buona; imbocco soggetto a frane crollo (parete aggettante). Giacimento praticamente esaurito.*

Data: *15/11/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 23 -

Denominazione: *Biancone*

Comune: *Villarfocchiardo*

Località: *Gerbola*

Litotipo: *Quarzo*

Età formazione: *Pretriassico*

Sigla interna: *VLF2*

1) Numero cave attive in zona:

0 1 2-5 > 5

2) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme

3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m

4) Riserve potenziali del giacimento:

scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)

5) Problematiche idrogeologiche del giacimento:

trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)

6) Osservazioni: *Coltivata nella prima metà del XX secolo, in sotterraneo (camere e pilastri). Sotterraneo attualmente instabile, con distacchi delle bancate di gneiss a tetto; possibile, a lungo termine, la propagazione dei crolli in superficie, stante la ridotta copertura. Giacimento praticamente esaurito.*

Data: *15/11/00*

Scheda giacimentologico-tecnica – 24 -

Denominazione: *Prese Restelli*

Comune: *Valgioie*

Località: *Restelli*

Litotipo: *Quarzo*

Età formazione: *Pretriassico*

Sigla interna: *VLGI*

1) Numero cave attive in zona:

0 1 2-5 > 5

2) Formazione utile: Massiva Stratoide Lentiforme

3) Potenza stimata giacimento: < 10m 10-30m > 30m

4) Riserve potenziali del giacimento:

scarse (anni) medie (decine d'anni) elevate (praticamente illimitate)

5) Problematiche idrogeologiche del giacimento:

trascurabili limitate
 gravi (stabilità dei versanti) gravi (interferenza con corsi d'acqua)

6) Osservazioni: *Progetto di ripresa delle coltivazioni elaborato negli anni attorno al 1980, poi abbandonato. Materiale costituito da quarzo macrocristallino assai puro. Zona di cerniera di piega anticlinale.*

Data: *24/11/00*

ANNESSE 4

4. RECUPERO AMBIENTALE DI CAVE DI CALCARE IN PROVINCIA DI CUNEO

4.1 INTRODUZIONE GENERALE

Negli anni '80-'90 sono stati effettuati studi sulla vegetazione e sugli indirizzi di recupero circa le cave di calcare in Piemonte.

Come per i precedenti analoghi lavori circa il recupero delle cave di pietra ornamentale anche qui lo studio climatico e fitosociologico delle zone interessate serve a stabilire (tenendo inoltre nel dovuto conto i microclimi locali condizionati dalle diverse quote ed esposizioni) le specie e i tipi di vegetazione da reintrodurre mediante idonee tecniche colturali di ingegneria naturalistica. In effetti la vegetazione presente è ancora una volta di buon ausilio circa la definizione climatica di ogni ambiente ed è utile, sulla base di rilievi fitosociologici effettuati sul posto, per osservare, se possibile, le tappe della naturale evoluzione della vegetazione, base per individuare le norme e le specie da utilizzare nel recupero.

4.2 CAVE DI CALCARE

4.2.1 INTRODUZIONE

Per quanto riguarda le cave di calcare della provincia di Cuneo sono stati studiati nel 1989 le seguenti località con cave nel Monregalese e Val Tanaro (zona orientale):

Priero (Valle Cevetta)	S. Michele Mondovì (Val Corsaglia)
Ceva (Langhe)	Vicoforte
Castelnuovo di Ceva (Valle Cevetta)	Torre Mondovì (Val Corsaglia)
Bagnasco (Val Tanaro)	Villanova Mondovì (Val Ellero)
Mondovì	Roccaforte Mondovì (Val Ellero)

Nel resto del Cuneese (zona occidentale) sono state prese in considerazione nel 1991 le seguenti località in cui operano cave di calcare:

Piasco (Val Varaita)	Borgo San Dalmazzo (Valle Stura di Demonte)
Rossana (Val Varaita)	Roccavione (Val Gesso)
Dronero (Val Maira)	Roaschia (Val Gesso)
Caraglio (Val Grana)	S. Anna di Valdieri (Val Gesso)

I due studi, per la precisione, vengono congegnati per quanto riguarda lo studio climatico ma separati per quello vegetazionale mentre sono state unificate le norme e le specie da utilizzare per il recupero degli insediamenti di cava, puntiformi; questi sono legati, in primo luogo dal tipo di substrato ma differenziati dalle quote che sono comprese in un intervallo che va da circa 400 a 1000 m circa il che ha naturalmente un'influenza sui dati climatici (almeno per le temperature) e quindi sui tipi di vegetazione.

Le aree studiate si trovano ubicate a N, a W e a S di Cuneo, all'imboccatura o nei tratti inferiori delle Valli Varaita, Maira, Grana, Gesso e Vermenagna oltre che in zone collinari e pedemontane nel Monregalese e all'imboccatura della Valle Tanaro. I tipi di vegetazione sono affini anche se le aree dalla Val Gesso e Val Vermenagna andando verso est si differenziano dalle altre prima citate per la presenza di due specie forestali a distribuzione orientale (carpino nero e orniello) che trovano qui il limite occidentale del loro areale italiano.

Gli ambienti vegetali interessati dalle cave sono stati spesso fortemente antropizzati (in varie aree i boschi sono assenti o è presente il castagno, introdotto anticamente). Quasi ovunque sono ormai assenti in forma consistente gli affioramenti rocciosi (con la loro flora casmofitica del tutto peculiare) che hanno fatto oggetto dell'attività di cava; in effetti, solo frammentariamente, un certo numero di specie legate ai substrati rupestri o comunque superficiali sussiste qua e là a costituire i tipi di vegetazione originaria di tipo stabile (vegetazione rupicola) o di degradazione del bosco (vegetazione di bordo o di radura) che possono fornire indicazioni sulle specie idonee al recupero. Occorre notare che nelle cave di calcare risultano assenti, per il tipo di roccia esistente, fasi di ricostituzione della vegetazione secondaria spontanea su discariche in quanto tutto il materiale estratto viene utilizzato.

I rilevamenti sono stati quindi effettuati in zone marginali alle cave, in boschi, xerobrometi o vegetazione dei detriti a seconda dei casi.

Dati climatici

Per avere una panoramica unitaria delle cave di calcare del Monregalese e della Val Tanaro da un lato e quelle del resto del Cuneese dall'altro i dati climatici relativi sono stati riuniti in una sola tabella.

Le zone studiate possiedono sei stazioni pluviometriche, funzionanti da un periodo sufficiente per essere rappresentative, contro due stazioni termometriche. A complemento di questi dati rilevati esistono però, per ogni comune interessato dalle cave, delle elaborazioni numeriche (dati calcolati) per gli anni compresi fra il 1921 e il 1970, sia per le temperature medie che per quelle annue e per quanto riguarda le medie mensili e annue delle precipitazioni, per il periodo compreso fra il 1926 e il 1970 (v. rispettivamente le Tabb. 4.2.1 e 4.2.2) (Regione Piemonte, 1980).

Prendendo dapprima in considerazione le precipitazioni (che risultano, per ragioni di quota, prevalentemente sotto forma liquida), si può osservare in primo luogo che i totali annui della zona interessata vanno da minimi di poco più di 800 mm nel settore prealpino occidentale (salvo Caraglio) ad un massimo di oltre 1300 mm, con massimi nel Monregalese e Val Gesso, però con prevalenza, su un totale di 18 località, di valori intorno a 900-1100 millimetri.

Per interpretare meglio i dati rendendoli inoltre più leggibili e confrontabili fra loro, le precipitazioni mensili sono state raggruppate per stagioni e cioè: inverno (dicembre, gennaio, febbraio), primavera (marzo, aprile, maggio), estate (giugno, luglio, agosto), autunno (settembre, ottobre, novembre).

Come si vede dalla Tab. 4.2.1 i totali annui non sembrano risultare legati al fattore quota (cosicché questa non può essere presa come base per stabilire un gradiente nei riguardi delle precipitazioni) quanto alla localizzazione geografica. Le stazioni sono state ordinate secondo quantitativi crescenti di precipitazioni estive in quanto queste ultime potrebbero eventualmente costituire un fattore critico per la vegetazione.

I quantitativi di questo periodo non risultano comunque un fattore limitante nella zona di studio (anche se condizionano tipi di vegetazione naturale un po' diversi) benchè i valori più bassi, che si aggirano intorno a 150 mm nel trimestre giugno-luglio-agosto nella zona delle Langhe meridionali e la Val Tanaro, lasciano un margine alla possibilità di ricorrenti fenomeni siccitosi da tenere presenti a proposito dei lavori di inverdimento. I minimi mensili più bassi riferibili al primo gruppo di quattro stazioni (v. Tab. 4.2.1) possono essere rilevati

solo nelle serie storiche di Ceva; qui, durante un trentennio, si sono avuti meno di 10 mm d'acqua per 10 volte nel mese di luglio (in un caso con assenza completa di precipitazioni), per 9 volte in giugno (un solo caso di assenza di piogge) e per 5 volte in agosto (con due casi di assenza di piogge). Considerando i dati stagionali delle altre stazioni, nella zona con minori precipitazioni estive, insieme a Ceva risultano comprese Priero, Castelnuovo di Ceva e Bagnasco. Nella zona di transizione (con i quantitativi estivi di 170-180 mm) i rispettivi valori sono stati per Dronero: 5, 7 e 0 mentre a Torre Mondovì i suddetti valori inferiori a 10 mm si presentano, rispettivamente, 6, 5 e 2 volte (con un unico caso di mancanza totale di piogge).

L'ordine della Tab. 4.2.1 distribuisce le stazioni pluviometriche secondo zone geografiche disposte come segue.

Nel settore compreso fra la parte meridionale delle Langhe e la Val Tanaro si hanno le minori precipitazioni estive (140-160 mm); quelle con precipitazioni medie già un po' più elevate (170-180 mm) sono distribuite fra le imboccature delle Valli Varaita, Maira e Grana da un lato e i margini pedemontani del Monregalese (in entrambi i casi le precipitazioni medie annue presentano una certa oscillazione, compresa fra 800 e 1000 mm circa); le stazioni decisamente più piovose in estate sono quelle della parte interna del Monregalese (Villanova M. e Roccaforte M.) e quelle situate all'imboccatura delle Valli Stura, Vermenagna e in Val Gesso che presentano precipitazioni estive sempre leggermente superiori a 200 mm contro totali annui compresi fra 1100 e oltre 1300 millimetri.

Passando alle condizioni termiche della zona studiata anche qui si dispone dei dati calcolati per i diversi Comuni interessati, a parte quelli rilevati di Dronero e Mondovì. Occorre sottolineare ancora che i dati si riferiscono - salvo per queste stazioni appena citate - alle sole medie mensili e annue che sono - come noto - poco indicative nei riguardi della vegetazione; le temperature medie dell'anno sono racchiuse in un campo abbastanza ristretto (da 8.4° a 11.4°), con una modesta variabilità poco legata alla quota.

Interessanti e probabilmente differenziali sarebbero i dati riguardanti i minimi e i massimi assoluti delle varie stazioni dei quali si dispone invece solo per Mondovì (periodo 1926-1955) (Servizio Idrografico, 1966): -14° e +37°. Tra tutte è comunque probabile che questa sia la stazione relativamente più continentale; soprattutto nel settore posto più ad E della zona i minimi invernali sono certo assai più contenuti.

Le temperature medie del mese più freddo sono leggermente inferiori sul versante padano (0.9°-1.5°) nelle stazioni poste ai limiti della pianura, mentre sono di 2°C e più nelle

altre stazioni monregalesi e della Val Tanaro; esse ridiscendono infine intorno ad 1°C a Valdieri e a Roaschia (zona montana).

Per quanto riguarda le medie del mese più caldo, che è sempre il luglio, queste variano quasi ovunque fra 19° e 20° mentre oltre gli 800 m scendono intorno a 17°C.

Benchè il procedimento non sia usuale, per motivi di confronto, anche i dati termici sono stati raggruppati per stagioni: si osservano qui delle differenze abbastanza significative fra le varie stazioni in merito alle medie invernali che sono più basse in quelle di tipo padano (0.9-2.1) e montano (1.0 - 1.1) rispetto a quelle a carattere tendenzialmente submediterraneo (2.2-2.4) poste nel settore orientale della zona.

L'andamento generale delle temperature fa rientrare la zona studiata in un'area a carattere moderatamente continentale con influssi suboceanici, com'è confermato dalle temperature invernali non troppo basse e da quelle estive contenute, ma più continentale nel settore posto più a nord-ovest e con qualche influenza mediterranea a Ceva, Priero, Bagnasco.

Tab. 4.2.1 - Precipitazioni stagionali e annue medie in mm ⁽¹⁾

Località	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	ANNO
Zona con minori precipitazioni estive					
• PRIERO (m 475)	182.6	266.6	142.5	310.0	901.7
* CEVA (m 388)	187.8	273.1	147.5	294.9	903.3
• CASTELNUOVO DI CEVA (m 743)	184.9	273.9	144.2	339.3	942.3
• BAGNASCO (m 483)	210.7	293.7	162.6	355.6	1022.6
Zona di transizione					
• PIASCO (m 475)	117.3	268.6	176.5	257.5	819.9
• ROSSANA (m 535)	114.5	267.8	171.5	259.0	812.8
* DRONERO * (m 619)	135.1	266.7	167.7	256.7	826.2
* CARAGLIO (m 575)	161.6	303.0	173.7	272.2	910.5
*MONDOVI' (m 555)	181.4	299.5	168.3	293.0	942.2
• S. MICHELE MONDOVI' (m 444)	197.3	294.7	171.5	314.9	978.4
• VICOFORTE (m 598)	192.9	301.0	173.5	308.6	976.0
* TORRE MONDOVI' (m 470)	207.5	306.7	181.3	329.5	1025.0
Zona con maggiori precipitazioni estive ed annue					
• VILLANOVA MONDOVI' (m 526)	206.7	357.6	226.6	342.2	1133.1
• ROCCAFORTE MONDOVI' (m 574)	219.7	382.0	254.6	365.5	1221.8
* BORGO SAN DALMAZZO (m 641)	191.2	364.3	211.9	334.8	1102.2
• ROCCAVIONE (m 646)	202.9	371.3	212.4	345.7	1132.3
• ROASCHIA (m 820)	241.7	393.0	217.3	386.9	1238.9
• S.ANNA DI VALDIERI (m 990)	267.0	416.0	214.0	414.0	1311.0

⁽¹⁾ I segni * e • si riferiscono rispettivamente a dati rilevati e dati calcolati

Tab. 4.2.2 - Temperature medie stagionali in °C ⁽¹⁾

Località	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	ANNO
MONDOVI' (m 555)	1.9	11.0	20.9	11.9	11.4
VICOFORTE (m 598)	2.0	11.1	20.8	11.9	11.4
ROCCAFORTE M. (m 574)	2.1	10.6	20.1	11.7	11.1
VILLANOVA MONDOVI'(m 526)	2.1	10.7	20.4	11.8	11.2
S. MICHELE MONDOVI' (m 444)	2.1	11.1	20.7	11.9	11.5
BAGNASCO (m 483)	2.3	10.9	20.0	11.8	11.3
CASTELNUOVO DI CEVA (m 743)	2.4	11.3	20.4	11.9	11.5
PRIERO (m 475)	2.3	11.4	20.6	12.0	11.6
CEVA (m 388)	2.2	11.3	20.7	12.0	11.6
PIASCO (m 475)	1.5	10.2	19.6	11.1	10.6
ROSSANA (m 535)	1.3	8.9	19.2	10.7	10.0
DRONERO (m 619)	1.0	9.6	19.2	10.6	10.1
CARAGLIO (m 575)	0.9	9.1	18.2	10.0	9.6
BORG SAN DALMAZZO (m 641)	1.5	9.3	18.7	10.6	10.0
VALDIERI (m 990)	1.0	7.9	16.9	8.4	8.6
ROASCHIA (m 820)	1.1	8.3	17.2	9.6	9.0

La vegetazione attuale della zona occidentale ⁽²⁾

Nello studio della vegetazione attuale non si sono effettuati rilevamenti fitosociologici ma si è ricorso alla semplice elencazione delle specie presenti nelle cenosi presenti nella zona delle cave; in questo modo si sono investigate aree ampie ottenendo una lista più completa delle specie legate ai suoli calcarei. La Tab. 4.2. 3 comprende un notevole numero (76) di tali specie eliofile e basifile, erbacee, talvolta fruticose e suffruticose; le rare specie forestali sono isolate, a carattere relittuale o pioniero, sotto forma di semenzali o giovani esemplari.

⁽¹⁾ Dati calcolati, salvo per Dronero e Mondovì (dati rilevati)

⁽²⁾ Questa comprende le aree relative alle località di Piasco, Rossana, Dronero, Bernezzo, S. Lorenzo (Valdieri), M. Cros (Valdieri), Bernezzo, Roccavione e Vernante.

Tab. 4.2. 3 Vegetazione pioniera di rupi e detriti calcarei e di degradazione del bosco (radure a xerogramineto) – zona occidentale -

	1 Piasco	2 Rossana	3 S. Lorenzo (Valdieri)	4 M. Cros (Valdieri)	5 Bernezzo	6 Roccavione
Quote (m)	500 550	600 720	850 960	800 900	750	690 720
Rupi e zone scoperte						
<i>Artemisia campestris</i>	x	x	x	.	x	.
<i>Melica ciliata</i>	x	x	.	.	.	x
<i>Campanula bertolae</i> (endemica)	.	x	.	.	x	.
<i>Artemisia alba</i>	.	.	x	x	.	x
<i>Antirrhinum latifolium</i> (endemica)	.	.	x	x	.	.
<i>Lavandula angustifolia</i>	.	.	x	.	.	x
<i>Satureja montana</i>	.	.	x	x	.	x
<i>Hypericum coris</i>	.	.	x	.	.	.
<i>Juniperus phoenicea</i>	.	.	x	.	.	.
<i>Scorzonera austriaca</i>	.	.	x	.	.	.
<i>Dianthus sylvestris</i>	.	.	x	x	.	x
<i>Saxifraga lingulata</i> (endemica)	.	.	.	.	.	x
<i>Asperula aristata</i>	.	.	.	.	x	x
<i>Saxifraga paniculata</i>	.	.	.	.	.	x
<i>Laserpitium gallicum</i>	.	.	.	x	.	x
<i>Silene saxifraga</i>	.	.	.	x	.	x
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Hieracium amplexicaule</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Iberis sempervirens</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Rhamnus saxatilis</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Prunus mahaleb</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Ceterach officinarum</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Lactuca perennis</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Isatis tinctoria</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	.	.	.	x	.	.
<i>Ptilotrichum halimifolium</i> (endemica)	.	.	.	.	.	x
<i>Helianthemum italicum</i>	.	.	.	.	x	.
<i>Helianthemum apenninum</i>	.	.	.	.	x	.
<i>Fumana vulgaris</i>	.	.	.	.	.	x
<i>Rhamnus alpinus</i>	.	.	.	.	.	x
<i>Amelanchier ovalis</i>	x	.	.	x	.	.
Detriti						
<i>Achnatherum calamagrostis</i>	x	x	.	x	.	.
<i>Bromus squarrosus</i>	x	.	x	.	.	.
<i>Galeopsis reuteri</i> (endemica)	.	x	.	.	.	.
<i>Ptychotis saxifraga</i>	.	x	.	.	.	.
<i>Centranthus angustifolius</i>	.	x	.	.	.	.
<i>Senecio inaequidens</i> (natural.)	.	.	x	.	.	.
<i>Linaria monspessulana</i>	.	.	x	.	.	.
<i>Scrophularia canina</i>	.	.	x	.	.	.
<i>Plantago cynops</i>	.	.	x	x	.	.
<i>Epilobium</i> cfr. <i>fleischeri</i>	.	.	x	.	.	.
Radure e margini di bosco						
<i>Pimpinella saxifraga</i>	x	.	.	.	x	.
<i>Stachys recta</i>	x	.	.	.	x	x
<i>Galium lucidum</i>	x	.	.	x	x	.
<i>Populus tremula</i>	x	.	.	.	.	x
<i>Inula conyza</i>	x	.	.	.	x	x
<i>Ligustrum vulgare</i>	x	.	.	.	.	.
<i>Centaurea maculosa</i>	.	x	x	.	x	.
<i>Silene italica</i>	x	.	.	.	.	.
<i>Tamus communis</i>	x	.	.	.	.	.
<i>Globularia punctata</i>	.	x	.	x	x	x
<i>Bromus erectus</i>	.	x	.	.	x	.
<i>Centaurea scabiosa</i>	.	x	.	.	x	.
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	.	x	.	.	.	.
<i>Buphthalmum salicifolium</i>	.	x	.	.	x	.

<i>Asperula purpurea</i>	.	X	.	X	X	X
<i>Scabiosa gramuntia</i>	.	X	.	.	X	.
<i>Berberis vulgaris</i>	.	X	.	.	.	.
<i>Ononis natrix</i>	.	.	X	.	X	.
<i>Helianthemum nummularium</i>	.	X	.	.	.	.
<i>Frangula alnus</i>	.	X	.	.	.	.
<i>Rhamnus catharticus</i>	.	X	.	.	.	.
<i>Inula montana</i>	.	.	X	.	X	.
<i>Cytisus sessilifolius</i>	.	.	.	.	X	.
<i>Stipa pennata</i>	.	.	.	X	X	.
<i>Trifolium montanum</i>	.	.	X	X	X	.
<i>Hippocrepis comosa</i>	.	.	.	.	X	.
<i>Thesium divaricatum</i>	.	.	X	X	.	.
<i>Carlina vulgaris</i>	.	.	.	X	X	.
<i>Hieracium pilosella</i>	.	.	.	.	X	.
<i>Trinia glauca</i>	.	.	.	.	X	.
<i>Chrysopogon gryllus</i>	.	.	.	.	X	.
<i>Inula spiraeifolia</i>	.	.	.	.	X	.
<i>Potentilla recta</i>	.	.	.	.	X	.
<i>Briza media</i>	.	.	.	.	X	.
<i>Prunella grandiflora</i>	.	.	.	.	X	.
Sp forestali isolate, pioniere, relittuali						
<i>Quercus pubescens</i>	.	.	.	.	.	X
<i>Ostrya carpinifolia</i>	.	.	.	.	.	X
<i>Fraxinus ornus</i>	.	.	X	.	.	.
<i>Ulmus minor</i>	X	.	.	.	.	.
<i>Acer opulifolium</i>	X	.	.	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	.	.	.	.	X	.
<i>Sorbus aria</i>	.	.	.	.	.	X

Nella Tab. 4.2.4 sono riportati 9 rilievi di boschi di varia composizione, talvolta diradati.

Qui le specie ad ampio areale della cl. *Quercus-Fagetea* e quelle dell'ord. *Fagetalia* sono senza'altro prevalenti, sia come numero di specie sia come frequenza, in rapporto alle specie dell'ord. *Quercetalia pubescenti-petraeae* e all. *Quercion pubescentis* dove, costanti o quasi, sono solo tre specie - *Viburnum lantana*, *Coronilla emerus* e *Melittis melissophyllum* - mentre varie altre sono a bassa o bassissima frequenza.

Le specie a gravitazione balcanica dell'all. *Ostryo-Carpinion orientalis* sono solo tre e poco diffuse.

Poco numerose e sporadiche sono pure le specie di bordo (ord. *Origanetalia*, all. *Geranion sanguinei*) e delle forme di degradazione del bosco (cl. *Festuco-Brometea* e unità subordinate).

Quanto detto depone per un ambiente relativamente mesofilo: una situazione di questo tipo va riportata a due ordini di fattori:

- i boschi sono meno degradati rispetto all'area calcarea orientale e quindi si presentano più ricchi di specie mesofile (e ombrofile); l'umidità risulta il fattore ecologico prevalente;
- anche se le quote non sono elevate le cave sono comprese in un ambiente alpino, poco toccato da influenze mediterranee.

Va comunque osservato che i dati suddetti sono curiosamente in contrasto con i valori di piovosità, di solito inferiori, come confronto, rispetto a quelli della vegetazione prevalentemente basifila della generalità delle cave.

Tab-4.2.4 Specie forestali e loro appartenenza alle varie unità fitosociologiche su substrati calcarei (zona occidentale)

Tipi di Bosco	1 Castagneto ceduo	2 Querceto di Roverella	3 Bernezzo	4 Ostrieto	5 V. Gesso	6 700	7 Faggeta	8 Bosco misto	9 860
Località	Rossana	Dronero	Bernezzo	Valdieri	V. Gesso		Bernezzo		
Quote	720 m	600 m	770 m	780 m	900	700	700 m	800	860
Specie dell'ord. Quercetalia e dell'all. Quercion pubescentis dei boschi xerofili)									
<i>Quercus pubescens</i>	x	.	x	.	x	.	x	.	x
<i>Viburnum lantana</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	.
<i>Coronilla emerus</i>	x	x	x	x	x	x	x	.	x
<i>Melittis melissophyllum</i>	.	x	x	.	x	x	.	x	x
<i>Tanacetum corymbosum</i>	x	.	.	.	.	x	.	.	.
<i>Cytisus sessilifolius</i>	x	x	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus cerris</i>	(x)	x	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla micrantha</i>	.	.	.	.	x	.	x	.	.
<i>Arabis turrita</i>	.	.	.	.	.	x	x	.	.
<i>Polygonatum odoratum</i>	.	.	.	x	.	.	.	.	.
<i>Calamintha sylvatica</i>	.	.	.	.	x	.	.	.	.
<i>Laburnum anagyroides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	x
<i>Arabis brassica</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	.
<i>Hypericum montanum</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	.
<i>Cornus mas</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	.
<i>Physospermum cornub.</i>	x	.	.	.	.	.	.	.	.
Specie dell'all. Ostrvo-Carpinion orientalis (dei boschi mesoxerofili ad affinità orientali)									
<i>Ostrva carpinifolia</i>	.	.	.	x	x	(x)	.	.	.
<i>Acer opulifolium</i>	.	.	.	.	.	.	x	x	.
<i>Fraxinus ornus</i>	.	.	.	(x)	.	.	.	.	.
Specie dell'ord. Origanetalia e all. Geranion sanguinei)									
<i>Viola hirta</i>	x	x	x	x	x	.	x	.	.
<i>Inula convza</i>	.	.	.	x	x	.	.	.	.
<i>Trifolium rubens</i>	.	.	.	x	.	.	.	.	.
<i>Vincetoxicum</i>	.	x	.	.	.	.	.	.	.
<i>Origanum vulgare</i>	x	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Geranium sanguineum</i>	.	x	.	.	.	.	.	.	.
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	.	x	.	.	.	.	.	.	x
Specie della c.l. Festuco-Brometea, dell'ord. Brometalia e dell'all. Xerobromium (delle cenosi pioniere e di degradazione dei boschi xero termofili)									
<i>Vicia incana</i>	.	.	x	.	.	.	.	.	.
<i>Galium purpureum</i>	.	.	x	.	.	.	.	.	.
<i>Bupthalmum</i>	.	.	x	.	.	.	.	.	.
<i>Melica ciliata</i>	.	.	x	.	.	.	.	.	.
<i>Brahinodium caespitosum</i>	x	.	x	x	x	.	.	.	.
<i>Prunella grandiflora</i>	.	x	.	.	.	.	.	.	.
Altre specie xerofile									
<i>Peucedanum</i>	x	.	x	.	.	.	.	.	.
<i>Melampyrum italicum</i>	x	x	.	.	.	.	.	.	x
<i>Cotoneaster</i>	.	.	x	.	x	x	.	.	.
<i>Carex humilis</i>	x	x	x	.	.	.	.	.	x
<i>Carex hallerana</i>	x	x	.	.	.	.	.	.	.
<i>Achnatherum calam.</i>	x	.	.	x	.	.	.	.	.
<i>Silene italica</i>	.	.	.	x	.	.	.	.	.
<i>Rosa gallica</i>	.	.	x	.	.	.	.	.	.
Specie dell'ord. Fagetalia e delle all. Fagion, Carpinion e Tilio-Acerion (boschi mesofili)									
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	x	x	x	x	x	x	x
<i>Prunus avium</i>	.	.	x	x	.	.	x	.	.
<i>Euphorbia dulcis</i>	x	x	x	.	x	x	x	x	x
<i>Campanula trachelium</i>	x	x	.	.	x	x	.	.	.

<i>Luzula nivea</i>	x	.	.	.	x	.	x	.	.
<i>Viola gr. sylvatica</i>	x	.	.	.	x	.	x	.	.
<i>Primula vulgaris</i>	x	.	x	.	x	.	.	x	.
<i>Pulmonaria officinalis</i>	.	.	.	.	x	x	x	.	.
<i>Melica uniflora</i>	.	.	.	.	.	x	x	x	.
<i>Mercurialis perennis</i>	.	.	.	.	x	x	.	x	x
<i>Geranium nodosum</i>	.	.	.	.	x	x	x	x	x
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	.	x	x	x	x
<i>Calamintha grandiflora</i>	.	.	.	.	.	x	.	x	x
<i>Lamiaeum galeob.</i>	.	.	.	.	.	.	x	x	x
<i>Lathyrus vernus</i>	.	.	.	.	.	.	x	x	.
<i>Trochiscanthes</i>	.	.	.	.	.	.	x	x	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	x
<i>Prenanthes purpurea</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	x
<i>Tilia cordata</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	x
<i>Salvia glutinosa</i>	x	.	.	.	.	.	.	x	.
<i>Actaea spicata</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	.
<i>Veronica urticifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	.
<i>Sanicula europaea</i>	.	.	.	.	.	.	x	.	.
<i>Vinca minor</i>	x	.	.	.	.	.	.	.	.
Specie della cl. Querc-Fagetea(ad ampia adattabilità)									
<i>Hedera helix</i>	x	x	.	.	x	x	x	.	.
<i>Carex digitata</i>	x	x	x	.	x	x	x	x	.
<i>Hepatica nobilis</i>	x	x	.	.	x	x	x	x	x
<i>Corylus avellana</i>	.	x	x	.	.	x	x	x	.
<i>Cornus sanguinea</i>	x	x	x	.	x	.	x	.	.
<i>Festuca heterophylla</i>	x	.	x	.	x	x	.	.	.
<i>Crataegus monogyna</i>	x	.	x	x	x	x	x	.	.
<i>Acer campestre</i>	x	.	x	.	x	x	x	.	.
<i>Lonicera xylosteum</i>	.	.	.	.	x	.	.	.	.
<i>Cephalanthera rubra</i>	.	.	.	.	x	.	.	.	.
<i>Convallaria majalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	x
<i>Ligustrum vulgare</i>	.	x	x	x	.	.	.	.	.
<i>Euonymus europaeus</i>	.	.	.	.	x	.	.	.	.
Altre specie mesofile									
<i>Solidago virga - aurea</i>	x	.	.	.	x	x	x	.	.
<i>Fragaria vesca</i>	.	x	x	.	.	x	x	.	.
<i>Rubus hirtus</i>	.	.	.	.	.	x	x	x	x
<i>Galium gr. sylvaticum</i>	.	.	.	.	.	x	.	x	x
<i>Dryopteris aculeata</i>	.	.	.	.	.	x	x	x	x
<i>Mycelis muralis</i>	.	.	.	.	.	x	x	.	x
<i>Asperula taurina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	x
<i>Ulmus glabra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	x
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	.	.	.	x	.	.	.
<i>Hordelymus europaeus</i>	.	.	.	.	.	x	.	.	.
<i>Viburnum opulus</i>	.	.	.	.	.	.	.	x	.
Altre specie									
<i>Castanea sativa</i>	x	x	x	x	x	.	x	x	x
<i>Sorbus aria</i>	x	.	x	x	x	.	x	x	x
<i>Amelanchier ovalis</i>	.	.	x	x	x	.	.	.	.
<i>Hieracium gr. murorum</i>	x	x	.	.	x	.	.	.	.
<i>Carex tendae</i>	x	x	x	x	.	.	.	.	.
<i>Teucrium chamaedrys</i>	.	.	x	x	x	.	.	.	.
<i>Moehringia muscosa</i>	.	.	.	.	x	x	.	.	.
<i>Rhamnus alpina</i>	.	.	.	.	x	.	.	.	.
<i>Saxifraga cuneifolia</i>	.	.	.	.	.	x	x	.	.
<i>Geranium robertianum</i>	.	.	.	.	.	x	x	.	.
<i>Polygala chamaebuxus</i>	x	.	x	.	.	.	.	x	.
<i>Euonymus latifolius</i>	.	.	.	.	x	.	x	x	x
<i>Pteridium aquilinum</i>	x	.	.	.	x	.	.	.	.

Compagne presenti in un solo rilevamento: 1 *Molinia arundinacea*, *Vaccinium myrtillus*, *Genista germanica*, *Dactylis glomerata*; 2 *Hieracium sabaudum*; 3 *Tamus communis*, *Rosa gallica*, *Cytisus scoparius*; 4 *Berberis vulgaris*, *Juniperus communis*, *Rhamnus catharticus*; 5 *Rosa canina*, *Cruciata glabra*, *Asplenium fontanum*, *Prunus spinosa*, *Rosa arvensis*, *Campanula persicifolia*, *Stachys officinalis*, *Rubus gr. corylifolii*; 6 *Luzula sieberi*, *Sesleria varia*, *Polypodium vulgare*, *Cnidium silaifolium*; 7 *Polystichum lonchitis*; 8 *Peucedanum latifolium*; 9 *Clematis vitalba*.

La vegetazione attuale della zona orientale ⁽¹⁾

La vegetazione basifila legata agli isolati affioramenti calcarei del Monregalese e, in minor misura, della bassa Val Tanaro, è presente sotto forma di piccoli addensamenti in seno ad una massa del tutto prevalente di vegetazione acidofila, tipica di terreni originanti dai dominanti substrati silicatici.

Data la posizione pedemontana di questi affioramenti essi sono stati fortemente antropizzati prima con le colture (anche vigne) - oggi del tutto abbandonate - poi con l'apertura di cave, in certi casi sin dall'inizio di questo secolo. Questi interventi dell'uomo hanno causato in tali aree, già in partenza di ridotta superficie, una scomparsa quasi completa dell'originario manto forestale per cui rilievi fitosociologici classici si sarebbero potuti operare, in condizioni relativamente poco disturbate, solo nei cedui della zona di Bagnasco e di Roccaforte Mondovì.

Per poter rilevare tutte le zone con un sistema univoco, cercando inoltre di censire cenosi assai impoverite e di minima superficie (che sono le uniche sopravvissute), si è preferito elencare semplicemente in tutti i casi solo le presenze delle specie esistenti su questi affioramenti calcarei (v. tab. 4.2.5) facendo astrazione dei loro valori di abbondanza-copertura, sia che facessero parte del bosco vero e proprio, sia degli affioramenti rocciosi ivi esistenti, sia ancora, delle radure e delle cenosi di bordo, tutte formazioni che spesso si alternano fra loro a mosaico.

Come si può rilevare dalla Tab. 4.2.5 i soprassuoli forestali sono differenziati dalle locali condizioni ambientali che hanno permesso, tra l'altro, una diversa evoluzione dei suoli. Così a Bagnasco il ceduo di roverella si arricchisce di carpino nero e orniello data la prossimità al mare di questa stazione, mentre il bosco a Roccaforte è un querceto praticamente puro;

⁽¹⁾ Questa comprende le aree relative alle località di Priero, Ceva, Castelnuovo di Ceva, Bagnasco, Mondovì, S. Michele M. Vicoforte, Torre M. Villanova M., Roccaforte M.

entrambe le stazioni sono quelle che, per acclività dei versanti, hanno i suoli meno evoluti (probabilmente un tempo ancora degradati dal pascolo): A S. Michele Mondovì, all'opposto, l'evoluzione dei suoli (con parallela decarbonatazione superficiale) ha permesso l'insediamento anche sul calcare del bosco di castagno di antica origine antropica.

A Castelnuovo di Ceva la superficialità del suolo e la quota più elevata sono segnalate dalla presenza di boschetti di pino silvestre transienti alla faggeta. A Priero le migliori condizioni idriche della stazione e la bassa quota permettono la coesistenza di specie arboree ecologicamente differenziate come farnia e roverella.

Il tratto fondamentale che differenzia fisionomicamente i boschi in esame da quelli circostanti è la presenza di latifoglie (soprattutto roverella) diverse dal castagno che è invece assolutamente dominante e spesso diffuso in purezza sui prevalenti suoli di origine silicatica.

Naturalmente su calcare anche i sottoboschi sono ancor più diversi essendo costituiti in forte prevalenza da specie basifile.

Esaminando la Tab. 4.2.4, occorre premettere che l'esistenza delle specie appartenenti alle singole unità fitociologiche e le relative presenze nei 9 rilievi effettuati, è stata qui posta in risalto - come d'altra parte già nella zona precedente - per operare due grandi divisioni di carattere ecologico e cioè separare le specie xerofile (ed eliofile) da un lato e quelle mesofile (e di solito relativamente sciafile) dall'altro.

Il totale delle specie censite nei boschi è di 128 di cui 39 compagne (non conteggiate nelle tabelle perché adattabili ad una vasta gamma di condizioni ambientali). Le percentuali vengono quindi riferite ad un contingente di 89 specie.

Del raggruppamento di specie xerofile fanno parte 39 specie con 88 presenze mentre in quello mesofilo - che è più importante se preso nel suo complesso - ricadono 50 specie con 159 presenze. Questo dato comunque si ridimensiona se si fa astrazione delle specie della cl. Quercio-Fagetea, di minor valore indicatore perché a più ampia adattabilità; così facendo il dato stesso si riduce a 37 specie con 101 presenze: in definitiva possiamo dire che i due contingenti sono in sostanziale equilibrio fra loro, in particolare per quanto riguarda il numero di specie (il 51,3% contro 48,7%).

Se si fa un confronto fra i dati sopra riportati e quelli relativi al Monregalese - Val Tanaro si osserva che qui le proporzioni relative dei due gruppi è diversa perché in quel caso le specie tendenzialmente mesofile erano in forte minoranza rispetto alle termoxerofile (31,9% in confronto al 68,1%), soprattutto come numero di specie.

Tab. 4.2.5 - Specie forestali e loro appartenenza alle varie unità fitosociologiche su substrati calcarei (zona orientale)

Tipi di bosco e località	Bosco misto di roverella, carpino nero e orniello	Querceto di roverella	Bosco di pino silvestre con transizione al ceduo di faggio	Castagneto (ceduo)	Bosco misto ceduo di querce (roverella e farnia)
	Bagnasco	Roccaforte Mondovi	Castelnuovo di Ceva	S. Michele Mondovi	Priero
Quote m	520-680	580-700	780	580	520
Specie del'ord. Quercetalia e all. Quercium pubescenti – petraeae (dei boschi xerothermofili)					
<i>Quercus pubescens</i>	X	X	X	X	X
<i>Sorbus torminalis</i>	X	.	.	X	X
<i>Laburnum anagyroides</i>	.	X	.	.	X
<i>Coronilla emerus</i>	X	X	X	.	X
<i>Cytisus sessilifolius</i>	X	.	X	X	X
<i>Buxus sempervirens</i>	X	.	.	.	.
<i>Genista cinerea</i>	X	.	.	.	.
<i>Viburnum lantana</i>	X	.	X	X	X
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	X	.	.	.	.
<i>Cotinus coggygria</i>	.	X	.	.	.
<i>Tanacetum corymbosum</i>	X	.	.	.	.
<i>Campanula medium</i>	X	.	.	.	.
<i>Melittis melissophyllum</i>	X	X	X	.	.
<i>Helleborus foetidus</i>	X	.	.	.	.
<i>Potentilla micrantha</i>	.	.	.	X	.
<i>Quercus cerris</i>	.	.	X	.	.
<i>Buglossoides purpureoerulea</i>	X	.	.	.	.
Specie dell'all. Ostryo-Carpinion orientalis (dei boschi mesoxerofili ad affinità orientali)					
<i>Ostrya carpinifolia</i>	X	.	X	.	.
<i>Fraxinus ornus</i>	X	.	X	.	X
<i>Acer opulifolium</i>	X	X	.	X	.
Specie dell'ord. Origanetalia e all. Geranium sanguinei (di bordo dei boschi xerothermofili)					
<i>Viola hirta</i>	X	X	X	.	.
<i>Inula conyza</i>	X	X	.	.	.
<i>Geranium sanguineum</i>	X	X	.	.	.
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	.	X	.	.	.
<i>Origanum vulgare</i>	.	X	.	.	.
<i>Inula hirta</i>	.	.	.	.	X
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	.	.	.	.	X
Specie della cl. Festuco-Brometea, dell'ord. Brometalia e dell'all. Xerobromion (delle cenosi pioniere e di degradazione dei boschi xerofili)					
<i>Bromus erectus</i>	X	X	.	.	.
<i>Teucrium montanum</i>	X	X	X	.	.
<i>Linum viscosum</i>	X	.	.	.	.
<i>Stachys recta</i>	X	X	X	X	X
<i>Fumana vulgaris</i>	.	X	.	.	.
<i>Globularia punctata</i>	.	X	.	.	.
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	.	X	.	.	.
<i>Artemisia campestris</i>	.	X	.	.	.
<i>Asperula aristata</i>	.	X	.	.	.
<i>Botriochloa ischaemon</i>	.	X	.	.	.
<i>Odontites lutea</i>	X	.	.	.	.
<i>Euphorbia cyparissias</i>	.	X	.	.	.
<i>Ononis natrix</i>	.	.	X	.	.
<i>Koeleria paniculata</i>	.	.	X	.	.

<i>Centaurea scabiosa</i>	.	.	.	.	X
<i>Filipendula hexapetala</i>	.	.	.	.	X
Altre specie xerofile.					
<i>Pinus sylvestris</i>	X	X	X	.	.
<i>Prunus mahaleb</i>	.	.	X	.	.
<i>Buphthalmum salicifolium</i>	X	.	.	.	.
<i>Linum salsoloides</i>	X	.	.	.	.
<i>Iberis umbellata</i>	X	.	.	.	.
<i>Astragalus monspessulanum</i>	X	.	.	.	X
<i>Vicia incana</i>	X	.	.	.	.
<i>Carex humilis</i>	X	X	.	.	.
<i>Inula spiraeifolia</i>	.	X	.	.	.
<i>Galium lucidum</i>	.	X	.	.	.
<i>Asperula purpurea</i>	.	X	.	.	.
<i>Melica ciliata</i>	.	X	.	.	.
<i>Campanula bertolae</i>	.	X	.	.	.
<i>Centaurea maculosa</i>	.	X	.	.	.
<i>Ononis pusilla</i>	.	X	.	.	.
<i>Cleistogenes serotina</i>	.	X	.	.	.
<i>Dactylis hispanica</i>	.	X	.	.	.
<i>Dianthus sylvestris</i>	.	X	.	.	.
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	.	X	.	.	.
<i>Aster amellus</i>	X	.	.	.	.
<i>Inula montana</i>	.	X	X	.	.
<i>Sedum sediforme</i>	.	X	.	.	.
<i>Scabiosa gramuntia</i>	.	X	.	.	.
<i>Chrysopogon gryllus</i>	.	X	.	.	.
<i>Ornithogalum pyramidale</i>	.	.	.	.	X
<i>Achillea setacea</i>	.	.	X	.	.
<i>Inula bifrons</i>	.	.	X	.	.
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	X	.	X	.	.
<i>Satureja montana</i>	X	.	.	.	.
<i>Echinops sphaerocephalum</i>	X	.	.	.	.
Specie dell'ord. <i>Fagetalia</i> e delle all. <i>Fagion</i>, <i>Carpinion</i> e <i>Tilio-Acerion</i> (dei boschi mesofili)					
<i>Quercus robur</i>	.	.	.	.	X
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	X	.
<i>Tilia cordata</i>	.	.	.	X	.
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	X	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	X	.	.	.	.
<i>Prunus avium</i>	X	.	.	X	X
<i>Campanula trachelium</i>	.	X	.	.	X
<i>Daphne mezereum</i>	.	.	X	.	.
<i>Carex sylvatica</i>	.	.	X	.	X
<i>Euphorbia dulcis</i>	.	.	X	.	X
<i>Salvia glutinosa</i>	.	(X)	X	X	X
<i>Geranium nodosum</i>	.	.	.	X	.
<i>Pulmonaria officinalis</i>	.	.	.	X	X
<i>Primula vulgaris</i>	.	.	.	.	X
<i>Viola reichenbachiana</i>	.	.	.	.	X
Specie della cl. <i>Quercio-Fagetea</i> (ad ampia adattabilità)					
<i>Acer campestre</i>	X	X	.	X	X
<i>Lonicera xylosteum</i>	X	.	.	.	.
<i>Cornus sanguinea</i>	X	X	.	.	X
<i>Crataegus monogyna</i>	X	X	.	.	X
<i>Daphne laureola</i>	X	.	.	.	.
<i>Hepatica nobilis</i>	X	.	X	.	.

<i>Cephalanthera rubra</i>	.	.	X	.	.
<i>C. longifolia</i>	X	.	.	.	.
<i>Carex digitata</i>	.	.	.	X	X
<i>Viola mirabilis</i>	.	.	.	X	.
Altre specie mesofile					
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	.	X
<i>Listera ovata</i>	.	.	.	.	X
<i>Fragaria vesca</i>	.	.	.	.	X
<i>Rubus caesius</i>	.	.	.	.	X
<i>Aquilegia atrata</i>	.	.	.	X	.
<i>Euonymus latifolius</i>	.	X	.	.	.
Specie compagne					
<i>Brachypodium caespitosum</i>	X	X	X	.	X
<i>Castanea sativa</i>	.	X	X	(X)	X
<i>Populus tremula</i>	X	X	.	.	.
<i>Robinia pseudoacacia</i>	.	X	.	.	X
<i>Malus sylvestris</i>	.	.	.	.	X
<i>Ulmus minor</i>	.	X	.	.	.
<i>Juniperus communis</i>	X	X	X	.	.
<i>Amelanchier ovalis</i>	.	.	.	.	.
<i>Ligustrum vulgare</i>	X	X	X	X	X
<i>Chamaecytisus hirsutus</i>	X	X	X	.	.
<i>Clematis vitalba</i>	X	X	.	.	X
<i>Frangula alnus</i>	.	X	X	.	.
<i>Rhamnus catharticus</i>	.	X	.	.	.
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	.	.	.	.	X
<i>Rosa sp.</i>	.	X	.	.	.
<i>Rubus sp.</i>	X	X	.	.	.
<i>Achnatherum calamagrostis</i>	X	X	.	X	.
<i>Teucrium chamaedrys</i>	X	X	X	.	X
<i>Trifolium medium</i>	X	.	.	.	.
<i>Carex flacca</i>	X	.	X	.	.
<i>Epipactis atropurpurea</i>	X	.	X	.	.
<i>Saponaria ocymoides</i>	X	.	X	.	.
<i>Tamus communis</i>	X	X	X	X	.
<i>Lathyrus sylvestris</i>	X	.	.	.	.
<i>Polypodium vulgare</i>	X	.	.	.	.
<i>Pimpinella saxifraga</i>	X	.	.	.	.
<i>Agropyron caninum</i>	X	.	.	.	.
<i>Agrostis tenuis</i>	X	.	.	.	.
<i>Anthericum liliago</i>	X	.	.	X	X
<i>Biscutella laevigata</i>	.	X	.	X	.
<i>Hieracium gr. murorum</i>	.	X	.	.	.
<i>Helianthemum obscurum</i>	.	X	.	.	.

Come confronto, in tabella 4.2.6. rispetto alla vegetazione prevalentemente basifila della generalità delle cave di calcare, si riportano i risultati di due rilevamenti in bosco effettuati a m 900 su substrato quarzoso presso la cava in località Tetti Filibert (Vernante - Val Vermenagna) anche perché questa cava è stata parzialmente sottoposta a operazioni di recupero (v. annesso 5, tab 5.1.1).

Tab. 4.2.6 - Specie forestali su substrato quarzoso

	Bosco misto	Faggeta
(*) <i>Castanea sativa</i>	X	.
<i>Betula pendula</i>	X	.
<i>Quercus petraea</i>	X	.
* <i>Carpinus betulus</i>	X	.
* <i>Fagus sylvatica</i>	.	X
* <i>Acer campestre</i>	X	.
* <i>Sorbus aucuparia</i>	X	X
* <i>Viburnum lantana</i>	.	X
* <i>Berberis vulgaris</i>	X	.
* <i>Coronilla emerus</i>	.	X
<i>Genista pilosa</i>	X	.
* <i>Crataegus monogyna</i>	.	X
<i>Frangula alnus</i>	X	.
* <i>Corylus avellana</i>	.	X
* <i>Luzula pedemontana</i>	X	X
<i>Avenella flexuosa</i>	X	.
* <i>Dryopteris filix-mas</i>	X	.
<i>Poa nemoralis</i>	X	X
(*) <i>Hieracium sabaudum</i>	X	.
(*) <i>Solidago virga-aurea</i>	X	X
<i>Lathyrus montanus</i>	X	.
<i>Phyteuma sp.</i>	X	.
<i>Agrostis tenuis</i>	X	.
(*) <i>Vaccinium myrtillus</i>	X	.
* <i>Geranium nodosum</i>	.	X
<i>Pteridium aquilinum</i>	.	X
* <i>Primula vulgaris</i>	.	X
* <i>Hepatica nobilis</i>	.	X
<i>Cruciata glabra</i>	.	X
<i>Melampyrum pratense</i>	.	X
* <i>Euphorbia dulcis</i>	.	X
* <i>Hieracium gr. murorum</i>	.	X
* <i>Potentilla micrantha</i>	.	X
<i>Clinopodium vulgare</i>	.	X
(*) <i>Festuca heterophylla</i>	.	X

Le specie in comune con le cave su calcare sono segnate con * (tra parentesi quelle presenti su suoli calcarei acidificati).

In complesso una parte delle specie è in comune con i substrati calcarei, in parte anche per il fatto che parecchie specie hanno una notevole ampiezza ecologica. Ovviamente su quarziti vi sono alcune specie differenziali dei suoli acidi e cioè: *Quercus petraea*, *Genista pilosa*, *Frangula alnus*, *Avenella flexuosa*, *Lathyrus montanus*, *Melampyrum pratense*, *Luzula pedemontana*, *Phyteuma* sp. *Pteridium aquilinum*, *Cruciata glabra*.

4.3 RECUPERO NATURALISTICO DELLE CAVE DI CALCARE

4.3.1 INTRODUZIONE

I parametri ecologici che devono essere presi in considerazione al fine di poter consigliare per i diversi bacini di estrazione di calcari le specie da utilizzare nelle operazioni di inverdimento sono, come s'è detto, quelli relativi alle precipitazioni e ai fattori termici (questi ultimi integrati dalle variazioni causate dall'influenza della quota), oltre a considerazioni sulla natura dei substrati litologici e pedologici. In pratica per gli inverdimenti ci si dovrà basare su tipi di vegetazione naturale circostanti al fine di ricostituire anche nell'ambiente da recuperare un manto vegetale vicino come composizione a quello naturale originario o, in condizioni più difficili di recupero, uno di tipo pioniero che potrà evolvere col tempo al precedente. E' ovvio che, per giungere a questo, è necessario conoscere il dinamismo della vegetazione naturale della zona, sulla base della situazione climatico-pedologica esistente, ciò che è stato fatto con lo studio climatico-vegetazionale delle aree proposte.

4.3.2 AREE DI INTERVENTO

Le parti delle cave dismesse che, di volta in volta, devono essere prese in considerazione ai fini di un loro recupero ambientale sono: i piazzali, le pedate dei gradoni e le alzate degli stessi. Le pareti di cava vere e proprie possono essere in parte modificate come morfologia a fine sfruttamento; questi casi, data la loro natura rupestre e le fortissime pendenze che ne rendono impossibile l'inverdimento, non risultano suscettibili di alcun intervento salvo un eventuale mascheramento con prodotti ossidanti.

E' necessario fare un discorso distinto per ognuna delle parti in cui possono articolarsi le cave in quanto la loro situazione morfologica e microambientale è diversa e quindi le specie da utilizzare e le modalità di intervento devono risultare differenziate.

Piazzali

Data la loro posizione pianeggiante e la loro localizzazione di solito in fondovalle, mentre da un lato non vi sussistono difficoltà di accesso, dall'altro le condizioni locali sono in genere favorevoli all'insediamento di specie più esigenti in fatto di umidità, facenti per lo più parte dei boschi misti ripari, planiziali e di impluvio.

I piazzali da dismettere, in primo luogo, devono essere livellati con una minima pendenza per lo sgrondo delle acque e poi ricoperti da un manto uniforme di 30 cm di terra di superficie cosiddetta "vegetale", ricavata, se possibile e idonea, dal "cappellaccio di cava"; tale spessore dovrà essere misurato dopo l'assestamento. Nel loro ambito, per una percentuale di circa il 60% di quella totale, devono essere ottenute delle parcelle a contorno irregolare di 1000-3000 mq ognuna, sulle quali lo spessore del manto terroso deve raggiungere, previa escavazione, i 50 cm perché costituite allo scopo di introdurvi alberi.

Facendo riferimento ai terreni derivanti da roccia calcarea, per i riporti sarà necessario evitare assolutamente l'utilizzo di quelle terre rosse, pesanti e argillose, che si reperiscono talvolta in zone a substrato calcareo a bassa quota. Si tratta in effetti di materiali molto fini, costituiti dalle impurità contenute nella roccia, depositatesi per alterazione di quest'ultima durante gli antichi periodi interglaciali caldi e umidi, che rientrano nella categoria dei paleosuoli. Tali materiali argillosi devono essere evitati in quanto presentano caratteristiche fisiche assai negative nei riguardi della vegetazione a causa della scarsissima areazione e del facile ristagno d'acqua dovuto a difetti di drenaggio.

La disposizione degli esemplari arborei nelle parcelle non dovrà essere a file per evitare negativi aspetti di artificialità e monotonia; anche i distanziamenti, variabili a seconda dell'ecologia della specie, non dovranno essere uniformi per la ragione prima indicata. Nell'ambito delle "aiuole" alberate verranno mantenute radure di piccole dimensioni (20% circa della superficie piantata), dove porre a dimora arbusti (v. oltre). Tutta la restante area del piazzale, a fini estetici, verrà inerbita allo scopo di ricoprire gli spazi aperti fra i gruppi di alberi e arbusti; in caso contrario si avrebbe una forte invasione di specie infestanti. Essa sarà seminata subito dopo l'effettuazione degli impianti con miscugli di graminacee e leguminose idonee all'ambiente locale e al tipo di suolo riportato; questa sequenza delle operazioni è consigliabile onde evitare quei danni che si verificherebbero al tappeto erboso se le semine precedessero le altre operazioni. Comunque, se per ragioni contingenti sarà necessario operare in due tempi (ad es. prima in autunno e poi in primavera), in questo caso si interverrà subito

con gli inerbimenti onde evitare l'erosione superficiale delle pendici.

Nei piazzali le operazioni di semina, dato il facile utilizzo delle macchine, saranno effettuate secondo le usuali tecniche agronomiche (discatura, semina a spaglio, rastrellatura) con terreno bene in tempera. In generale, per gli interventi si preferirà il periodo autunnale rispetto a quello primaverile e ciò a causa dei possibili fenomeni di siccità durante la stagione vegetativa. In tutti i casi si dovrà ovviare a questo pericolo, specialmente se si interviene in primavera, con la creazione di un impianto di irrigazione di soccorso, da mantenere in funzione, se necessario, durante il periodo primaverile-estivo nei due anni successivi all'inverdimento.

Circa la scelta delle specie legnose per le aree dei piazzali ci si può riferire alla Tab. 4.3.1 che comprende entità locali dei boschi misti planiziali tenendo presenti anche alcune precisazioni come indicato a piè pagina; con l'asterisco (*) vengono indicate le specie arboree a carattere maggiormente pioniero da utilizzare ovunque su riporti più poveri (sabbioso-ciottolosi).

Tab. 4.3.1 - Specie da utilizzare nell'inverdimento dei piazzali (e dimensioni consigliate)

Alberi
* <i>Populus alba</i> - pioppo bianco (m 1.20 - 1.50)
* <i>Populus nigra</i> - pioppo nero (m 1.20 - 1.50)
* <i>Betula pendula</i> - betulla (m 1 - 1.20)
<i>Fraxinus excelsior</i> - frassino (m 1 - 1.20)
<i>Tilia cordata</i> - tiglio a piccole foglie (m 0.80 - 1.00)
<i>Quercus robur</i> (non forme fastigate) - farnia (m 0.80 - 1.00)
<i>Quercus cerris</i> - cerro (m 0.80 - 1.00) ⁽¹⁾
<i>Prunus avium</i> - ciliegio selvatico (m 0.80 - 1.00)
* <i>Acer campestre</i> - acero campestre (m 0.80 - 1.00)
<i>Acer pseudoplatanus</i> - acero di monte (m 1.00 - 1,20)
<i>Carpinus betulus</i> (non forme fastigate) - carpino bianco (m 0.50 - 0.80)
<i>Malus sylvestris</i> - melo selvatico (m 0.50 - 0.80)
<i>Alnus glutinosa</i> - ontano nero (m 1.00 - 1.20) ⁽²⁾
* <i>Sorbus aria</i> - sorbo montano (m 0.50 - 0.80)
<i>Sorbus aucuparia</i> - sorbo degli uccellatori (m 0.50 - 0.80)
Arbusti
<i>Corylus avellana</i> (non forme contorte o a foglie purpuree) -nocciolo (m 0.80 - 1.00)
<i>Crataegus monogyna</i> (non forme ornamentali a fiori rosei) - biancospino (m 0.40-0.60)
<i>Euonymus europaeus</i> - fusaggine, cappello da prete (m 0.40- 0.60)
<i>Prunus spinosa</i> - prugnolo (m 0.40- 0.60)
<i>Cornus sanguinea</i> - sanguinello (m 0.40- 0.60)
<i>Ligustrum vulgare</i> - ligustro (m 0.50 - 0.80)
<i>Cytisus scoparius</i> - ginestra dei carbonai (m 0.40- 0.60) ⁽³⁾
Miscugli erbacei
Miscugli di prato stabile (graminacee + leguminose) per alta collina e suoli non irrigui.

⁽¹⁾ Su suoli pesanti e non oltre 600 m di quota

⁽²⁾ Solo in presenza di zone costantemente umide

⁽³⁾ Solo su suoli acidi.

Al di sopra dei 600-700 m e su suoli migliori, insieme alla betulla (da piantare a gruppi in purezza), si potranno utilizzare, preferibilmente in mescolanza, *Acer pseudoplatanus*, *Prunus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus aucuparia*.

Date le esigenze in luce delle singole specie arboree si potranno consociare (al di sotto delle quote prima indicate) *Quercus robur* con *Carpinus betulus* (circa 60% e 40% rispettivamente) a gruppi di *Fraxinus excelsior* con *Tilia cordata* e *Carpinus betulus* (mediamente 40%, 30%, 30%), *Acer campestre*, *Malus sylvestris* ed, eventualmente, *Quercus cerris*, saranno utilizzati in piccoli gruppi puri nell'ambito delle due mescolanze precedenti così come *Prunus avium* nella seconda. I distanziamenti da tenere fra le querce e i ciliegi saranno di 3-4 m e 2 m fra i carpini e le specie precedenti se consociate a questi ultimi.

Anche fra i frassini si osserveranno i 4 m di distanziamento, riservando a tigli e carpini consociati la distanza di 2 m fra loro. Gli aceri campestri e i meli selvatici potranno essere pure posti a 2 m in gruppi puri, mentre i ciliegi e i cerri, che hanno sviluppo maggiore, dovranno essere disposti a 3 m fra loro.

In aree più difficili (suolo di riporto più sassoso) *Populus alba* e *Populus nigra* potranno essere mescolati assieme, con distanziamenti di 3-4 m fra gli esemplari, mentre le betulle allo stato puro staranno a 3 m fra loro.

Gli arbusti potranno essere mescolati assieme liberamente, evitando comunque di alternare singoli esemplari fra loro, con distanziamenti di circa m 0.50-0.80 fra le piante.

Gradoni e ripe delle strade di arroccamento

La presenza dei gradoni è insita nel tipo di utilizzazione delle cave di calcare; nelle zone studiate una delle caratteristiche più importanti sotto il profilo ecologico è quella delle più o meno scarse precipitazioni soprattutto durante il periodo critico del trimestre estivo GLA (particolarmente basse in Valle di Stura di Demonte e all'imboccatura della Valle Tanaro), con ricorrenti periodi di siccità. Questi fattori negativi generali si aggiungono a quelli locali dovuti all'esteso affiorare della roccia, alle pendenze dei versanti che risultano più caldi e alle minori possibilità di immagazzinamento delle aree piovane.

Preventivamente sul gradone si effettuerà un riporto di materiale in pezzame per costituire dei coni (da ricoprire con terra vegetale per 50 cm che dovrà essere deposta anche nei tratti pianeggianti) da addossare alle pareti sovrastanti (alzate). Ove possibile il materiale verrà scaricato dall'alto, cioè dal gradone superiore (con il vantaggio di venire a riempire le tasche e i piccoli anfratti delle pareti stesse) oppure trasportandolo direttamente sul gradone,

ad intervalli irregolari e sfalsando lungo la verticale i coni stessi. Questi, in realtà foggianti a forma di tronco di cono, dovranno avere una base superiore di 3-4 m ed una inferiore di almeno 7-8 m, a seconda della larghezza della pedata e dell'altezza dell'alzata che non potrà ricevere essendo costituita da roccia, come s'è detto, nessun intervento di inerbimento salvo nelle aree fratturate ove si è venuta ad accumulare della terra.

Sui pendii dei coni (con pendenze sino a 30° senza accorgimenti particolari, tra 30° e 40° con l'uso di reti di contenimento della terra -meglio di materiali vegetali, juta o altro, o anche materiali di sintesi rispetto a quelli metallici-) devono essere effettuati inerbimenti con il sistema nero-verde che sembra dare maggiore affidamento rispetto al metodo bianco-verde soprattutto se questo non può essere preceduto da spargimento di terra di superficie ("vegetale"). In quest'operazione verranno valorizzate, per ragioni estetiche, eventuali emergenze rocciose che saranno lasciate affiorare come tali.

Prendendo in considerazione i versanti acclivi delle cave, il miglior drenaggio e le temperature medie più elevate (sia per quanto riguarda quelle estive, sia spesso quelle invernali) a causa della morfologia locale, la posizione sopraelevata sul fondovalle e il substrato molto povero, selezionano già in natura una vegetazione relativamente xerotermofila che fa prendere in considerazione - per quanto riguarda gli alberi e arbusti - numerose specie differenti da quelle utilizzate nelle aree dei piazzali. Esse sono elencate sempre nella Tab. 4.3.2 dove figurano raggruppate le diverse zone geografiche (Valli Varaita, Maira, Grana/Alpi Marittime/Appennino ligure - piemontese) dove possono essere utilizzate (con eventuali indicazioni particolari negli ambiti suddetti).

Le specie più rustiche e resistenti alla siccità, da impiegare su substrati poveri e pietrosi, sono state contrassegnate con un asterisco (orniello, carpino nero, sorbo montano, sorbo domestico, maggiociondolo fra gli alberi; scotano, *Cytisus sessilifolius*, *Genista cinerea*, bosso, ciliegio di Santa Lucia, ginestra). Tutte queste specie sono basifile.

Tab.4.3.2 - Specie da utilizzarsi nell'inverdimento dei gradoni, relativi con di terra e ripe delle strade di arroccamento (e dimensioni consigliate)

	Valli Varaita, Maira e Grana	Alpi Marittime (Monregalese, e Val Tanaro)	Appennino ligure - piemontese
Alberi			
<i>Quercus pubescens</i> - roverella (m 0.50-0.80)	X	X	X
<i>Quercus cerris</i> - cerro (m 0.50-0.80)	X	X	X
<i>Fraxinus ornus</i> - orniello (m 0.80-1.00)		X	X
* <i>Ostrya carpinifolia</i> - carpino nero (m 0.50-0.80)		X	X
* <i>Celtis australis</i> - bagolaro (m 1.00-1.20)	X	X	X
* <i>Sorbus aria</i> - sorbo montano (m 0.50-0.80)	X	X	X
* <i>Sorbus domestica</i> - sorbo domestico ⁽¹⁾ (m 0.50-0.80)		X	X
* <i>Laburnum anagyroides</i> - maggiociondolo (m 0.40-0.60)	X	X	X
<i>Acer campestre</i> - acero campestre (m 0.50 - 0.80)	X	X	X
<i>Prunus avium</i> - ciliegio selvatico (m 1.00 - 1.20)	X	X	X
Arbusti			
<i>Cotinus coggygria</i> ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ Scótano			
Albero della nebbia (m 0.40-0.60)	X	X	X
<i>Viburnum lantana</i> - lentaggine (m 0.40-0.60) ^{(2) (4)}	X	X	X
* <i>Cytisus sessilifolius</i> ⁽²⁾⁽⁴⁾	X	X	X
* <i>Genista cinerea</i> ⁽²⁾⁽³⁾		X	
* <i>Buxus sempervirens</i> ⁽⁶⁾ - bosso (m 0.30-0.50)	X	X	
<i>Coronilla emerus</i> ⁽²⁾ - dondolino (m 0.20-0.30)	X	X	X
* <i>Prunus mahaleb</i> ⁽⁷⁾ - ciliegio di S. Lucia (m 0.50-0.80)	X	X	X
<i>Ligustrum vulgare</i> - ligustro (m 0.50-0.80)	X	X	X
<i>Berberis vulgaris</i> - crespino (m 0.50-0.80)	X	X	
<i>Cornus mas</i> - corniolo (m 0.50-0.80)	X	X	X
* <i>Spartium junceum</i> - ginestra (0.30-0.50) ⁽³⁾			X

* Specie pioniera e rustiche per le situazioni pedologicamente peggiori.

⁽¹⁾ Nelle Alpi solo in Val Tanaro

⁽¹⁾ Non forme a foglie violette

⁽²⁾ Raccolta di semi sul posto

⁽³⁾ Non in Val Varaita

⁽⁴⁾ Esclusa la Val Varaita

⁽⁵⁾ Nelle Alpi solo in Val Tanaro

⁽⁶⁾ Inclusa, nelle Alpi Marittime, la sola Valle Vermentagna

⁽⁷⁾ Escluse la Valle Grana e Varaita e Alpi Marittime

Miscugli erbacei

Miscugli di prato stabile (graminacee + leguminose) per alta collina, con presenza consistente di *Bromus erectus*. Su suolo molto sassoso e perciò particolarmente arido e basico (in particolare sui coni) a questa specie si può associare in percentuale superiore (ad es. 50% contro il 20%) *Achnatherum calamagrostis*, unendo inoltre due leguminose adatte per questi ambienti come *Anthyllis vulneraria* e *Onobrychis viciifolia* (lupinella) per il restante 30%.

Dato l'ambiente più difficile che fa prevedere minori attecchimenti e comunque un minor sviluppo degli esemplari, i distanziamenti consigliati fra gli alberi sulle pedate dei gradoni sono di m 1.50-2.00, utilizzando sui coni (e qui con distanziamenti di m 1.00 x 1.00) in prevalenza le specie arboree più rustiche segnate con l'asterisco (l'inverso avviene per le pedate).

Su queste ultime si preferiranno appunto le specie più esigenti, sempre con prevalenza di roverella rispetto a cerro, acero campestre e ciliegio. Nelle Alpi Marittime potranno figurare con discrete percentuali anche carpino nero e orniello, esclusi dalle Alpi Cozie perché ivi assenti allo stato naturale. Sia sulle pedate che sui coni i gruppi di alberi, variamente consociati fra loro, copriranno il 60-70% della superficie disponibile e verranno alternati alle specie arbustive (anch'esse miste), con i singoli esemplari piantati a m 0.50-0.80 fra loro (o seminati a piccole piazzole per le specie raccolte localmente).

ANNESSE 5

5. CARATTERISTICHE DELLE COPERTURE VEGETALI IN RAPPORTO ALLE TECNICHE DI RINATURALIZZAZIONE ADOTTATE IN CAVE DI VERSANTE PIEMONTESE PER L'ESTRAZIONE DI MATERIALI INDUSTRIALI

5.1 – INTRODUZIONE

Il presente studio è stato svolto in 16 aree recuperate con differenti tecniche di rinaturalizzazione, situate in 3 cave di versante piemontesi per l'estrazione di materiale industriale (Tab. 5.1.1). La caratterizzazione ambientale e le modalità di ripristino adottate nelle aree di studio sono riportate nelle schede che seguono. Il lavoro condotto si propone di individuare le relazioni intercorrenti fra il tipo di vegetazione insediata, le caratteristiche dell'ambiente e le tecniche di rinaturalizzazione adottate, ponendo particolare attenzione al tempo trascorso dall'intervento, così da individuare le possibili linee evolutive.

Tab. 5.1.1: Denominazione delle cave e codificazione delle aree di rilievo (A98: autunno 1998; P99: primavera 1999; A99: autunno 1999)

Denominazione cava	Comune	Area di rilievo	Stagione di rilevamento		
1 Tetti Filiberti	Vernante (CN)	cn 1	A98		
		cn 2	A98	P99	A99
		cn 3	A98	P99	A99
		cn 4	A98	P99	A99
2 Snive	Robilante (CN)	cn 5	A98	P99	A99
		cn 6	A98	P99	A99
		cn 7	A98	P99	A99
		cn 8	A98	P99	A99
		cn 9	A98		A99
		cn14		P99	A99
		cn15		P99	A99
		cn16			A99
3 Terre Rosse	Borgo San Dalmazzo	cn10	A98		A99
		cn11	A98		A99
		cn12	A98		A99
		cn13	A98		A99

5.2 ANALISI VEGETAZIONALE

I rilievi della vegetazione sono stati eseguiti in accordo con il metodo lineare di Daget-Poissonet (1969). In particolare, in ogni area di rilievo, le misure sono state eseguite su 5 linee disposte tra loro parallelamente, rilevando ad intervalli regolari, lungo tali linee, le specie vegetali presenti. L'elaborazione dei dati ha permesso di ottenere i valori di contribuzione specifica media delle specie vegetali facenti parte delle tipologie vegetazionali individuate. I rilievi sono stati ripetuti nelle stesse aree nella primavera ed autunno degli anni 1998 e 1999 per apprezzare variazioni temporali della copertura erbacea.

5.2.1 CAVA IN LOCALITÀ TETTI FILIBERT

Comune: Vernante (CN)

Aree di rilievo: cn 1, cn 2, cn 3, cn 4.

Quota media: 810 m

Coordinate UTM Est: 382600 UTM Nord: 4901640

Litotipo: quarziti

Morfologia di scavo: a gradoni

Tipologia forestale della vegetazione circostante: bosco ceduo di *Castanea sativa*, con *Quercus petraea* e *Quercus pubescens* (e loro ibridi) sui terreni più superficiali.

Caratteristiche climatiche (medie anni 1951-86)

T media annua (°C): 8,8

T media mese più caldo (L): 17,6°C

T media mese più freddo (G): -0,3°C

P totale annua (mm): 1.313,0

P trimestre estivo (GLA): 278,9 mm

N. tot. annuo g. di pioggia: 81,5 giorni

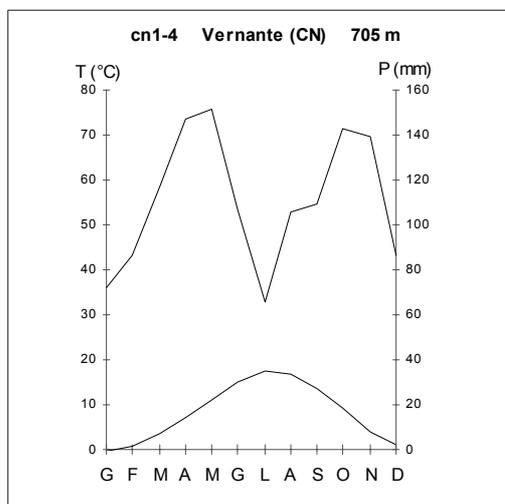
N. g pioggia trim. est. (GLA): 20,0 giorni

N. annuo giorni di gelo: 96

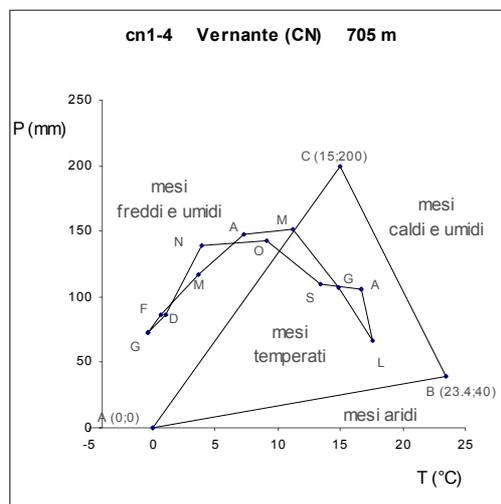
Somatoria termica base 6°C: 1.688 °C

Somatoria termica base 10°C: 1.058 °C

Diagramma di Bagnouls e Gausson



Climodiagramma di Péguy

Periodi aridi (n. mesi con $P < 2T$): 0 mesiPeriodi caldi (n. mesi con $T > 20^{\circ}\text{C}$): 0 mesiPeriodi freddi (n. mesi con $T < 0^{\circ}\text{C}$): 1 mese

Classificazione climatica secondo Bagnouls Gausson: Regione: Axerico freddo

Sottoregione: temperato freddo

Pluviofattore di Lang: 14,9

Indice di aridità di De Martonne: 69,8

Indice di continentalità di Gams (X): cn1: 32,3°; cn2: 32,0°; cn3: 33,2°; cn4: 33,0°.

Rilievo Cn 1

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 830 m

Esposizione: SO

Pendenza: 85 %

Pietrosità: 10 %

Anno del recupero: 1992

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: palizzata.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: *Laburnum alpinum*

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 2

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 820 m

Esposizione: NE

Pendenza: 78 %

Pietrosità: nulla

Anno del recupero: 1992

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: *Acer pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *Laburnum alpinum*.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 3

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 860 m

Esposizione: S

Pendenza: 85 %

Pietrosità: 50 %

Anno del recupero: 1992

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: idrosemina.

Tipo di miscuglio: miscuglio Seravert.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: *Betula pendula, Castanea sativa, Laburnum alpinum, Fraxinus excelsior, Populus tremula*

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 4

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 875 m

Esposizione: S

Pendenza: 60 %

Pietrosità: nulla

Anno del recupero: primavera 1992

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: idrosemina.

Tipo di miscuglio: miscuglio Seravert.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: assenti.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

5.2.2 CAVA IN LOCALITA' TETTI SNIVE

Comune: Robilante (CN)

Aree di rilievo: cn 5, cn 6, cn 7, cn 8, cn 9, cn14, cn15, cn16.

Quota media: 1093 m

Coordinate UTM Est: 379240 UTM Nord: 4903280

Litotipo: quarziti

Morfologia di scavo: a gradoni

Tipologia forestale della vegetazione circostante: settore più alto (cn 6, cn 7, cn14, cn15, cn16): bosco di *Fagus sylvatica* alternato ad arbusteti pionieri a *Salix caprea* e *Betula pendula*; settore più basso (cn 5, cn 8, cn 9): boschi cedui di *Castanea sativa* con *Quercus petraea* e *Quercus pubescens* (e loro ibridi), sui suoli più freschi con *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior* e *Prunus avium*.

Caratteristiche climatiche (medie anni 1951-86)

T media annua (°C): 7,2

T media mese più caldo (L): 15,6°C

T media mese più freddo (G): -0,7°C

P totale annua (mm): 1.272,2

P trimestre estivo (GLA): 264,7 mm

N. tot. annuo g. di pioggia: 80,7 giorni

N. g pioggia trim. est. (GLA): 19,9 giorni

N. annuo giorni di gelo: 120

Sommatoria termica base 6°C: 1.361 °C

Sommatoria termica base 10°C: 775 °C

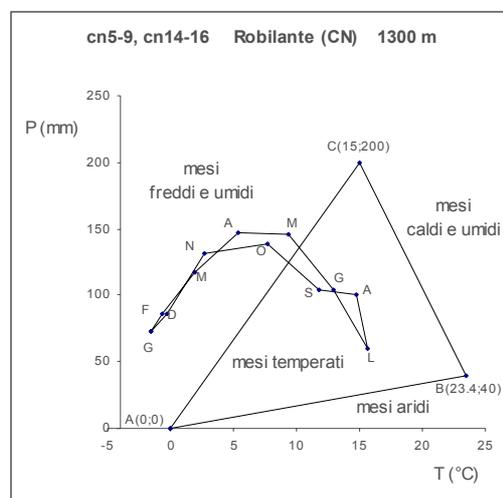
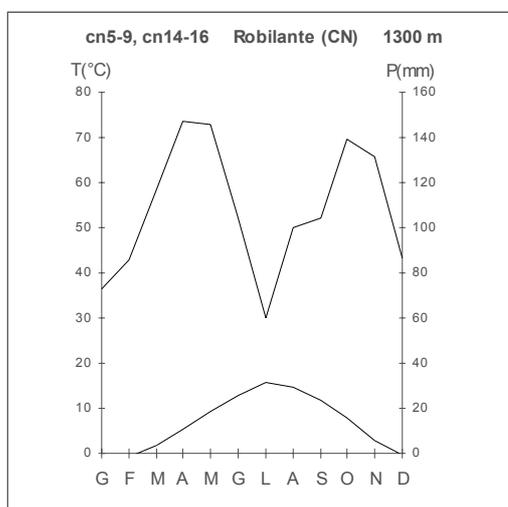


Diagramma di Bagnouls e Gaussen

Periodi aridi (n. mesi con $P < 2T$): 0 mesi

Periodi caldi (n. mesi con $T > 20^{\circ}\text{C}$): 0 mesi

Periodi freddi (n. mesi con $T < 0^{\circ}\text{C}$): 3 mesi

Classificazione climatica secondo Bagnouls Gaussen: Regione: Axerico freddo

Sottoregione: temperato freddo

Pluviofattore di Lang: 17,7

Indice di aridità di De Martonne: 74,0

Indice di continentalità di Gams (X): cn5: 33,0°; cn6: 46,4°; cn7: 46,9°; cn8-cn9: 32,5°; cn14-cn15-cn16: 45,8°.

Rilievo Cn 5

Tipologia: gradoni rimodellati.

Quota: 825 m Esposizione: S Pendenza: 30 %

Pietrosità: nulla.

Anno del recupero: 1988.

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: semina a secco, con pacciamatura.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: *Betula pendula*, *Salix caprea*

Cure colturali successive all'intervento: pascolato saltuariamente.

Rilievo Cn 6

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 1335 m Esposizione: NO Pendenza: 60 %

Pietrosità: 40 %

Anno del recupero: primavera 1997

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: compost ottenuto da cortecce e fanghi (CF):

umidità:49,15% C/N: 11,5 Cd: 1,05 p.p.m.

pH: 6,47 K₂O: 13.100 p.p.m. Pb: 73,6 p.p.m.

C.Org.: 34,8% P₂O₅:24.900 p.p.m. Zn: 1.051,9 p.p.m.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico, con *Hordeum distichum* (negli anni 50-60 coltivato sulle Alpi sino a 1800 m) come specie di copertura.

Composizione specifica del miscuglio:

Specie:	% in peso:	
<i>Lolium perenne</i>	21,9 %	<i>Hordeum distichum</i> (specie di copertura): 3-4 g/m ²
<i>Phleum pratense</i>	15,6 %	
<i>Dactylis glomerata</i>	21,9 %	
<i>Festuca rubra</i>	12,5 %	
<i>Agrostis tenuis</i>	9,4 %	
<i>Lotus corniculatus</i>	12,5 %	
<i>Trifolium repens</i>	6,2 %	

Specie arboree ed arbustive impiantate: Betula pendula, Salix caprea

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 7

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 1360 m

Esposizione: NO

Pendenza: 65 %

Pietrosità: 0 %

Anno del recupero: 1989

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: semina a secco, con pacciamatura.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico, con Hordeum distichum come specie di copertura.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: Betula pendula, Salix caprea, Salix purpurea

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 8

Tipologia: gradoni rimodellati.

Quota: 810 m

Esposizione: NO

Pendenza: 60 %

Pietrosità: 10 %

Anno del recupero: 1989

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: semina con pacciamatura (metodo Shiechteln).

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: *Alnus viridis*, *Betula pendula*, *Castanea sativa*, *Laburnum anagyroides*.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 9

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 810 m

Esposizione: NO

Pendenza: 45 %

Pietrosità: nulla

Anno del recupero: 1989

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: nessuna.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 14

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 1305 m

Esposizione: NO

Pendenza: 50 %

Pietrosità: 10 %

Anno del recupero: ottobre 1998

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: compost ottenuto da cortecce e fanghi (CF):

umidità: 49,15%

C/N: 11,5

Cd: 1,05 p.p.m.

pH: 6,47

K₂O: 13.100 p.p.m.

Pb: 73,6 p.p.m.

C.Org.: 34,8%

P₂O₅: 24.900 p.p.m.

Zn: 1.051,9 p.p.m.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico, con *Hordeum distichum*. come specie di copertura.

Composizione specifica del miscuglio:

Specie: % in peso:

Lolium perenne

21,9 %

Hordeum distichum (specie di copertura): 3-4 g/m²

Phleum pratense

15,6 %

Dactylis glomerata

21,9 %

Festuca rubra

12,5 %

Agrostis tenuis

9,4 %

Lotus corniculatus

12,5 %

Trifolium repens

6,2 %

Specie arboree ed arbustive impiantate: nessuna.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 15

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 1315 m

Esposizione: NO

Pendenza: 50 %

Pietrosità: 5 %

Anno del recupero: primavera 1998

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: compost ottenuto da cortecce e fanghi (CF):

umidità: 49,15%

C/N: 11,5

Cd: 1,05 p.p.m.

pH: 6,47

K₂O: 13.100 p.p.m.

Pb: 73,6 p.p.m.

C.Org.: 34,8%

P₂O₅: 24.900 p.p.m.

Zn: 1.051,9 p.p.m.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico, con *Hordeum distichum*. come specie di copertura.

Composizione specifica del miscuglio:

Specie: % in peso:

Lolium perenne

21,9 %

Hordeum distichum (specie di copertura): 3-4 g/m²

Phleum pratense

15,6 %

Dactylis glomerata

21,9 %

Festuca rubra

12,5 %

Agrostis tenuis

9,4 %

Lotus corniculatus

12,5 %

Trifolium repens

6,2 %

Specie arboree ed arbustive impiantate: nessuna.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 16

Tipologia: gradoni rimodellati del fronte di cava.

Quota: 1005 m

Esposizione: NO

Pendenza: 50 %

Pietrosità: 5 %

Anno del recupero: estate 1998

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: compost ottenuto da cortecce e fanghi (CF):

umidità: 49,15% C/N: 11,5 Cd: 1,05 p.p.m.

pH: 6,47 K₂O: 13.100 p.p.m. Pb: 73,6 p.p.m.

C.Org.: 34,8% P₂O₅: 24.900 p.p.m. Zn: 1.051,9 p.p.m.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico, con *Hordeum distichum*. come specie di copertura.

Composizione specifica del miscuglio:

Specie: % in peso:

Lolium perenne 21,9 % *Hordeum distichum* (specie di copertura): 3-4 g/m²

Phleum pratense 15,6 %

Dactylis glomerata 21,9 %

Festuca rubra 12,5 %

Agrostis tenuis 9,4 %

Lotus corniculatus 12,5 %

Trifolium repens 6,2 %

Specie arboree ed arbustive impiantate: nessuna.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

5.2.3 CAVA IN LOCALITÀ TERRE ROSSE

Comune: Borgo S.Dalmazzo (CN)

Aree di rilievo: cn10, cn11, cn12, cn13.

Quota media: 776 m

Coordinate UTM Est: 377500 UTM Nord: 4908400

Litotipo: calcescisti

Morfologia di scavo: a gradoni

Tipologia forestale della vegetazione circostante: boschi cedui di *Castanea sativa* con *Quercus petraea* e *Quercus pubescens* (e loro ibridi) sui suoli più superficiali, alternati ad arbusteti pionieri a *Salix caprea*, *Populus tremula* e *Betula pendula*.

Caratteristiche climatiche (medie anni 1951-86)

T media annua (°C): 10,0

T media mese più caldo (L): 19,3°C

T media mese più freddo (G): 0,5°C

P totale annua (mm): 1.149,5

P trimestre estivo (GLA): 243,0 mm

Sottoregione: ipomesaxerico

N. tot. annuo g. di pioggia: 80,2 giorni

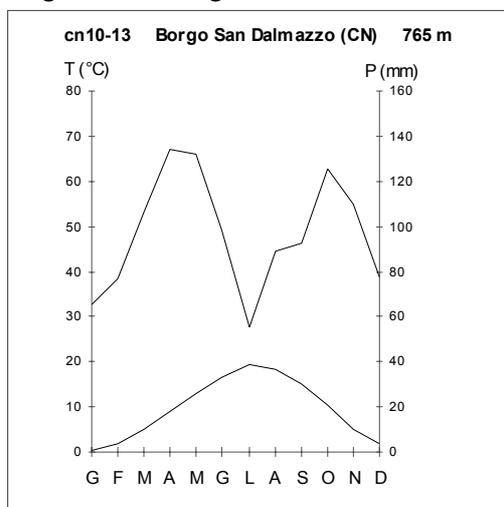
N. g pioggia trim. est. (GLA): 19,7 giorni

N. annuo giorni di gelo: 79

Sommatoria termica base 6°C: 1.971 °C

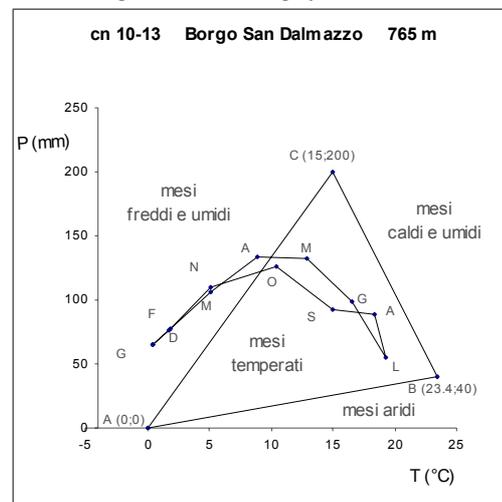
Sommatoria termica base 10°C: 1.303 °C

Diagramma di Bagnouls e Gausсен



Periodi aridi (n. mesi con $P < 2T$): 0 mesi
 Periodi caldi (n. mesi con $T > 20^{\circ}\text{C}$): 0 mesi
 Periodi freddi (n. mesi con $T < 0^{\circ}\text{C}$): 0 mesi
 Classificazione climatica secondo Bagnouls
 Gausсен: Regione: Mesaaxerico

Climodiagramma di Pégyu



Pluviofattore di Lang: 11,5

Indice di aridità di De Martonne: 57,5

Indice di continentalità di Gams (X): 34,2 °

Rilievo Cn 10

Tipologia: gradoni rimodellati.

Quota: 810 m

Esposizione: SO

Pendenza: 75 %

Pietrosità: 5 %

Anno del recupero: 1993

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: idrosemina

Tipo di miscuglio: miscuglio Seravert

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: *Salix purpurea.*

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 11

Tipologia: gradoni rimodellati.

Quota: 810 m

Esposizione: S

Pendenza: 55 %

Pietrosità: 5 %

Anno del recupero: 1996

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: nessuna.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 12

Tipologia: gradoni rimodellati.

Quota: 790 m

Esposizione: S

Pendenza: 80 %

Pietrosità: 15 %

Anno del recupero: 1996

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: *Castanea sativa*.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

Rilievo Cn 13

Tipologia: gradoni rimodellati.

Quota: 790 m

Esposizione: S

Pendenza: 80 %

Pietrosità: 20 %

Anno del recupero: 1996

Interventi di recupero ambientale

Stabilizzazione versanti: nessuna.

Tipo di terreno riportato: terreno di scotico.

Modalità di semina: semina a secco.

Tipo di miscuglio: miscuglio tradizionale, polispecifico.

Composizione specifica del miscuglio: non nota.

Specie arboree ed arbustive impiantate: *Castanea sativa*, *Salix caprea*, *Salix purpurea*.

Cure colturali successive all'intervento: nessuna.

5.3 - RISULTATI

5.3.1 GRUPPI OMOGENEI DI VEGETAZIONE

I rilievi sono stati classificati in 6 diversi gruppi omogenei di vegetazione (Tab. 5.3.1). La composizione specifica media di ciascun gruppo è riportata in Tab. 5.3.2.

Tab. 5.3.1: Appartenenza dei rilievi ai gruppi omogenei di vegetazione

GRUPPO 1		
cn5 A98	cn5 P99	cn5 A99
GRUPPO 2		
cn3 P99	cn3 A99	cn7 A98
cn7 P99	cn7 A99	cn9 A98
cn9 A99	cn14P99	cn14A99
cn13A98	cn13A99	cn15A99
GRUPPO 3		
cn3 A98	cn4 P99	cn4 A99
cn8 A98	cn8 P99	cn8 A99
cn10A98	cn10A99	cn11A98
cn11A99		
GRUPPO 4		
cn1 A98	cn2 A98	cn2 P99
cn2 A99	cn4 A98	cn12A98
cn12A99		
GRUPPO 5		
cn6 A98	cn6 P99	cn6 A99
GRUPPO 6		
cn15P99	cn16A99	

Tab. 5.3.2: Composizione specifica media (in percentuale) delle principali specie dei gruppi omogenei di vegetazione

gruppo 1		gruppo 4	
<i>Festuca rubra</i> L.	58,76	<i>Dactylis glomerata</i> L.	23,49
Muschio	6,85	<i>Festuca arundinacea</i> Schreber	17,77
<i>Trifolium repens</i> L.	3,77	<i>Lotus corniculatus</i> L.	9,99
<i>Achillea millefolium</i> L.	3,53	<i>Phleum pratense</i> L.	6,88
<i>Lotus corniculatus</i> L.	3,21	Muschio	6,46
<i>Lolium perenne</i> L.	3,10	<i>Festuca rubra</i> L.	5,12
<i>Potentilla reptans</i> L.	1,92	<i>Trifolium pratense</i> L.	3,81
<i>Trifolium pratense</i> L.	1,75	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	3,37
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	1,40	<i>Lolium perenne</i> L.	2,88
gruppo 2		gruppo 5	
<i>Festuca rubra</i> L.	12,63	Muschio	42,22
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	5,82	<i>Lolium perenne</i> L.	7,53
<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.	5,67	<i>Festuca arundinacea</i> Schreber	6,72
<i>Dactylis glomerata</i> L.	5,22	<i>Trifolium pratense</i> L.	5,57
Muschio	3,64	<i>Trifolium repens</i> L.	4,03
<i>Trifolium pratense</i> L.	3,44	<i>Lotus corniculatus</i> L.	3,74
<i>Lolium perenne</i> L.	3,38	<i>Medicago sativa</i> L.	2,48
<i>Poa pratensis</i> L.	2,88	<i>Poa pratensis</i> L.	2,46
<i>Sinapis arvensis</i> L.	2,46	<i>Festuca rubra</i> L.	1,93
gruppo 3		gruppo 6	
<i>Festuca rubra</i> L.	32,36	<i>Lolium perenne</i> L.	50,85
Muschio	13,08	<i>Trifolium pratense</i> L.	11,46
<i>Lotus corniculatus</i> L.	10,27	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	6,80
<i>Achillea millefolium</i> L.	8,46	Muschio	6,48
<i>Dactylis glomerata</i> L.	4,32	<i>Dactylis glomerata</i> L.	3,88
<i>Medicago sativa</i> L.	2,93	<i>Trifolium repens</i> L.	3,43
<i>Trifolium pratense</i> L.	2,64	<i>Festuca rubra</i> L.	3,32
<i>Phleum pratense</i> L.	1,80	<i>Lotus corniculatus</i> L.	2,01
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	1,53	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	1,55

Non vi è una netta distinzione tra i 6 gruppi omogenei individuati; al contrario, in termini di composizione specifica, essi appaiono parzialmente sovrapposti. Infatti, negli ambienti studiati, la vegetazione, non essendo di origine naturale ma artificiale ed avendo una età generalmente ridotta (comunque non superiore a dodici anni nei casi considerati), è assai lontana da una situazione di equilibrio con i fattori ambientali e spesso è più fortemente influenzata da fattori legati alle tecniche di recupero impiegate.

Il gruppo vegetazionale 6 riunisce aree di giovane età; non a caso la specie più abbondante è *Lolium perenne*, caratterizzato da un vigoroso insediamento ma da modesta longevità, soprattutto negli ambienti di cava con substrati poco fertili. Troviamo inoltre il congenere *Lolium multiflorum* anch'esso poco longevo (forme annuali o bienni) ma utilizzato talvolta nella formulazione dei miscugli commerciali con funzione di specie di copertura.

Numerosi sono i gruppi vegetazionali in cui prevale *Festuca rubra* (gruppo 1, gruppo 2, gruppo 3): questa graminacea, resistente al freddo ed alle condizioni di siccità, risulta molto adatta negli ambienti di media-bassa montagna, a causa delle condizioni di ridotta fertilità e di facilità di drenaggio dei substrati.

Se i fattori ambientali risultano particolarmente limitanti per le altre specie, *Festuca rubra* diviene pressochè dominante (ad es. nel gruppo 1, dove si rilevano percentuali di copertura medie del 59 %), mentre in condizioni più favorevoli, pur restando la specie principale, aumenta la presenza di specie più esigenti, quali *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, ecc. Negli ambienti più freschi compare spesso *Agrostis tenuis*, mentre in aree soleggiate, aride e con terreno ricco di nutrienti e di scheletro si insedia *Agropyron repens*.

Una nota a parte tra le leguminose merita *Lotus corniculatus*: questa leguminosa si rivela assai adatta agli ambienti aridi e poveri di collina e montagna, resistendo alla siccità anche per periodi prolungati ed adattandosi a terreni molto sciolti quali sono quelli di cava, in virtù di un apparato radicale fittonante, profondo fino a 60-100 cm e accompagnato da numerose radici laterali (Francescato & Scotton, 1999); inoltre, pur essendo poco aggressivo ed affermandosi dopo un certo tempo, è una specie molto persistente, in grado di disseminare con facilità rinfittendo il cotico (Ligabue & Betti, 1986). Negli ambienti considerati, quando presente inizialmente nel miscuglio, *Lotus corniculatus* manifesta sempre buone capacità di insediamento, suggerendo quindi un utilizzo più frequente di quello che ne viene attualmente fatto.

Fra le altre specie un comportamento analogo si riscontra in *Achillea millefolium*, presente inizialmente soltanto in miscugli appositamente preparati per inerbimenti tecnici (non essendo specie foraggera), anch'essa adatta a crescere su suoli poveri e drenati.

Su substrati fertili la vegetazione viene ad assumere in un breve arco di tempo una composizione simile a quella di un comune prato (gruppo vegetazionale 4), sebbene in assenza di cure colturali (ad es. sfalcio) è prevedibile un'ulteriore evoluzione verso cenosi arbustive.

5.3.2 EVOLUZIONE TEMPORALE

Sulla base della classificazione dei rilievi nei gruppi omogenei di vegetazione di cui alla Tab. 5.3.1 è stata analizzata, all'interno di ciascuna area, l'evoluzione della vegetazione nel corso del tempo (Tab. 5.3.3).

Si possono individuare due categorie di rilievi:

Categoria A (con variazioni nel corso del tempo)

Comprende le aree in cui si osserva una netta o progressiva variazione dei gruppi vegetazionali di riferimento, tale da far supporre che i processi evolutivi, e quindi le variazioni di composizione specifica della cotica erbosa, siano attivi e dinamici.

Tab. 5.3.3: Gruppi vegetazionali di riferimento a cui sono riconducibili i singoli rilievi ripetuti nei siti analizzati

Area di rilievo	Stagione di rilevamento		
	A. 98	P. 99	A. 99
cn 1	4		
cn 2	4	→ 4	→ 4
cn 3	3	→ 2	→ 2
cn 4	4	→ 3	→ 3
cn 5	1	→ 1	→ 1
cn 6	5	→ 5	→ 5
cn 7	2	→ 2	→ 2
cn 8	3	→ 3	→ 3
cn 9	2	→ 2	
cn10	3	→ 3	
cn11	3	→ 3	
cn12	4	→ 4	
cn13	2	→ 2	
cn14		2	→ 2
cn15		6	→ 2
cn16			6

In tutti i casi (cn15, cn4, cn3) l'evoluzione comporta il progressivo affermarsi di *Festuca rubra* (pur variamente combinata con altre specie) che, come già si è avuto modo di dire, risulta molto adatta e competitiva negli ambienti studiati a causa delle generali condizioni di bassa fertilità e di facilità di drenaggio dei substrati. Al contrario *Lolium perenne*, specie più sensibile alla siccità e frequentemente presente nei miscugli tradizionali impiegati, tende a scomparire piuttosto rapidamente: il gruppo vegetazionale n. 6, tipico di inerbimenti recenti, evolve con rapidità verso altri gruppi quando la disponibilità di acqua a livello del suolo è scarsa.

Categoria B (assenza di variazioni)

Comprende i siti in cui rimane immutato il gruppo vegetazionale di appartenenza. È in ogni caso improprio affermare che sono qui raggruppate aree stabili. Infatti, pur trattandosi di siti caratterizzati da più vecchia età del recupero e quindi da una maggiore complessità della vegetazione nel suo insieme, si evidenzia dall'esame delle specie principali costituenti i gruppi omogenei di vegetazione (Tab. 5.3.1) la compresenza di specie di differente origine: specie utilizzate tipicamente nei miscugli (*Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*), ruderali (*Sinapis arvensis*) e di "ambienti naturali" (*Poa pratensis*, *Agrostis tenuis*, *Achillea millefolium*), a sottolineare il fatto che ci si trova di fronte a situazioni potenzialmente ancora in grado di subire forti evoluzioni.

5.3.3 CONFRONTI ED EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI RECUPERO

La valutazione dell'efficacia degli interventi di recupero è stata realizzata sulla base di tre parametri (che sono strettamente correlati alla buona riuscita dell'inerbimento):

- 1 - Percentuale di copertura del suolo
- 2 - Indice di Shannon (calcolato sulle specie perenni)
- 3 - Percentuale di copertura delle specie annuali e bienni

Effetto dell'impiego di terreno di scotico sulla percentuale di copertura al suolo

Il riporto di terreno di scotico sulle aree da recuperare consente di ottenere una buona copertura del suolo riducendo la necessità di ricorrere a complesse tecniche di rivegetazione; occorre però precisare che si possono avere risultati ed effetti sulla vegetazione diversi in funzione delle caratteristiche del terreno impiegato, ad esempio del contenuto in scheletro, che è

legato all'accuratezza con cui questi è stato separato dagli orizzonti di degradazione della roccia madre.

Il confronto tra semine a secco con miscuglio tradizionale ed idrosemine con miscuglio Seravert (miscuglio ricco di specie tipiche della flora locale), realizzati su terreno di scotico, possono essere così sintetizzati⁽¹⁾:

su quarziti:

a) cn2:	quarziti	terreno di scotico	plurispecifico
	⇕		⇕
b) cn4:	quarziti	terreno di scotico	Seravert
	A. 98; 6,5 anni:	P. 99; 7 anni:	A. 99; 7,5 anni:
	% copertura: $p=0,195$	% copertura: $p=0,587$	% copertura: $p=0,347$

su calcescisti:

a) cn13A99:	calcescisti	terreno di scotico	plurispecifico
	⇕		⇕
b) cn10A98:	calcescisti	terreno di scotico	Seravert
	5,5 anni:		
	% copertura: $p=0,318$		

Dai confronti emerge che, a parità di età, indipendentemente dal litotipo e dall'ambiente considerato, non si manifestano sensibili e significative differenze in termini di copertura del suolo; tutto ciò è dovuto alle migliori condizioni di fertilità del substrato, che, non limitando la

⁽¹⁾ i valori di p (significatività dell'analisi della varianza) vengono riportati in grassetto se i valori medi di copertura differiscono significativamente tra loro (le tecniche confrontate danno un risultato differente, migliore in quella con maggior percentuale di copertura); al contrario, valori di p scritti in corsivo indicano una significatività non accettabile ($p > 0,05$: le differenze sono casuali, quindi le tecniche messe a confronto danno il medesimo risultato).

crescita delle specie che comunemente fanno parte dei miscugli tradizionali, ne attenua le differenze di insediamento rispetto alle meno esigenti specie contenute nel miscuglio Seravert.

Va però detto che nei casi considerati l'età è mediamente superiore ai cinque anni ed anche il tempo trascorso può avere contribuito a smorzare le differenze di copertura: a tal proposito sarebbe assai interessante poter disporre di aree idroseminate con Seravert in tempi più recenti, per poter rilevare eventuali differenze durante i primi stadi di sviluppo.

Quanto detto porta a concludere che, al fine di ottenere una buona copertura del terreno, se le condizioni non sono estreme, è possibile impiegare con i medesimi effetti tecniche di semina più estensive e meno costose.

Si dispone inoltre di due aree (cn5 e cn8) dove, su terreno di scotico, è stato seminato un miscuglio tradizionale con pacciamatura. Al fine di valutare gli effetti di tale tecnica sono stati effettuati i seguenti confronti con un'area simile, ma priva di mulch:

a) cn8 (10,5 anni):quarziti	terreno di scotico	plurispecifico con pacciamatura
⇕		⇕
b) cn9 (10,5 anni):quarziti	terreno di scotico	plurispecifico senza pacciamatura

A. 98; 9,5 anni:
% copertura: $p=0,733$

A. 99; 10,5 anni:
% copertura: $p=0,347$

a) cn5A98(9,5 anni): quarziti	terreno di scotico	plurispecifico con pacciamatura
⇕		⇕
b) cn9A99(9,5 anni): quarziti	terreno di scotico	plurispecifico senza pacciamatura

9,5 anni:
% copertura: $p=0,141$

Come atteso le differenze non sono significative: il tempo trascorso è infatti troppo lungo (9,5 e 10,5 anni) per valutare l'effetto indotto dalla coltre protettiva nelle prime fasi di

insediamento delle specie seminate, e la copertura del suolo si mantiene, in tutti i casi esaminati, al di sopra del 90 % (per la precisione tra 92 e 100%).

Effetto dell'impiego di compost sulla percentuale di copertura al suolo

L'impiego di compost come substrato per effettuare l'inerbimento non è particolarmente diffuso, ma interessante, ad esempio, qualora le superfici da recuperare ad attività estrattiva ultimata siano molto superiori a quelle originarie, per impossibilità pratica di ricoprirle con il terreno precedentemente accantonato.

Allo scopo di saggiare la riuscita dell'inerbimento realizzato su compost (siti cn6, cn14, cn15, cn16), non disponendo nel medesimo ambiente geografico di aree di età confrontabile in cui sia stato utilizzato un altro tipo di substrato, si è reso necessario effettuare dei confronti con alcuni siti di cave dell'Ossola: tale semplificazione non comporta un grosso errore, essendo da un punto di vista pedologico le due aree abbastanza simili (suoli acidi su matrice silicea, rispettivamente gneiss e quarzite) e confrontabili da un punto di vista climatico. Nelle tre cave studiate, a differenza dei siti ossolani, l'utilizzo del compost è sempre abbinato all'impiego di specie di copertura (*Hordeum distichum*).

a) os17A99 (0,25 anni):	gneiss	terreno di scotico	plurispecifico
⇕			⇕
b) cn16A99 (0,25 anni)	quarzite	compost	plurispecifico+sp. cop.

A. 99; 0,25 anni:
 % copertura: p=0,0001
 os17 = 82 %
 cn16 = 100 %

a) os 8:	gneiss	terreno di scotico	plurispecifico
⇕			⇕

b) cn15 quarzite compost plurispecifico+sp. di copertura.

P. 99; 1 anno:	A. 99; 1,5 anni:
% copertura: $p=0,263$	% copertura: $p=0,0004$
	os 8 = 89 %
	cn15 = 100 %

a) os 7A98:	gneiss	terreno di scotico	plurispecifico
	⇕		⇕
b) cn 6A99	quarzite	compost	plurispecifico+sp. di copertura.

2,5 anni:
 % copertura: $p=0,002$
 os 7 = 68 %
 cn 6 = 90 %

Dai casi analizzati emerge che sia nel periodo immediatamente successivo alla semina (0,25 anni), sia negli anni seguenti (1,5 anni) la percentuale di copertura della vegetazione erbacea insediata si mantiene significativamente superiore su compost, con valori compresi tra 90 e il 100 %, rispetto a 68-89 % rilevati su terreno di scotico (che possono tuttavia ritenersi tutt'altro che insoddisfacenti). Ciò può essere dovuto alla maggior fertilità del compost e all'assenza di pietrosità superficiale, che contribuiscono ad accelerare i processi di insediamento; nel breve periodo l'impiego di una specie di copertura permette, a soli quattro mesi dalla semina, di ottenere una immediata e totale copertura del suolo, rendendo massimo l'effetto protettivo.

Effetto del miscuglio sulla biodiversità

Di seguito sono riportati i confronti, a parità di età dell'intervento di recupero, tra l'utilizzo di un miscuglio tradizionale (costituito da specie foraggere esigenti in fatto di fertilità) e l'utilizzo di un miscuglio Seravert, in termini di biodiversità. La biodiversità è stimata tramite l'utilizzo dell'indice di Shannon (H_p) calcolato sulle specie perenni; l'indice traduce in termini vegetali la formula proposta due secoli fa da Boltzmann per la misura dell'entropia dei sistemi

termodinamici: valori elevati dell'indice corrispondono ad un elevato disordine del sistema, cioè ad un'elevata biodiversità.

su quarziti:

a) cn2:	quarziti	terreno di scotico	plurispecifico
	⇕		⇕
b) cn4:	quarziti	terreno di scotico	Seravert

A. 98; 6,5 anni:	P. 99; 7 anni:	A. 99; 7,5 anni:
in. Shannon H_p : $p=0,366$	in. Shannon H_p : $p=0,995$	
in. Shannon: $p=0,881$		

su calcescisti:

a) cn13A99:	calcescisti	terreno di scotico	
	plurispecifico		
	⇕		⇕
b) cn10A98:	calcescisti	terreno di scotico	Seravert

5,5 anni:
in. Shannon H_p : $p=0,285$

In analogia con quanto già visto per la percentuale di copertura del suolo l'indice di Shannon non subisce variazioni significative a seconda del miscuglio utilizzato; ciò è dovuto, probabilmente, alla fertilità del substrato, che mantiene le più esigenti specie del miscuglio tradizionale e favorisce l'ingresso di nuove specie, attenuando le differenze di biodiversità indotte dal miscuglio di tipo Seravert.

Con l'utilizzo di quest'ultimo tipo di miscuglio si assiste, a distanza di circa 5 anni, alla scomparsa di molte delle specie probabilmente contenute in origine nel miscuglio di partenza; tuttavia il mantenimento di buone coperture da parte di specie non graminoidi può dare origine, non solo in considerazione della fioritura, ma soprattutto delle variazioni cromatiche degli

apparati vegetativi durante il corso dell'anno, ad un aspetto meno "artificiale" della superficie, rendendone interessante l'impiego su aree facilmente visibili in zone a più spiccata valenza turistica-paesaggistica.

Percentuali di copertura delle specie annuali e biennali

Lo sviluppo di specie annuali e bienni sulle aree inerbite può considerarsi, in linea generale, un fattore negativo, poiché queste competono con le specie perenni seminate che rappresentano, nel medio periodo, un obiettivo del recupero.

Occorre tuttavia distinguere i casi in cui le specie annuali avventizie sono rappresentate da ruderali infestanti, che come tali sono in grado di produrre una grossa quantità di semi (in talune specie un solo esemplare può produrne nell'ordine di centinaia di migliaia), da casi in cui si tratta di specie appositamente introdotte con il miscuglio: ad es. *Lolium multiflorum*, spesso contenuto, con percentuali piuttosto basse, nei miscugli tradizionali, oppure specie di copertura (tra cui ricordiamo l'orzo, la segale o lo stesso *Lolium multiflorum*, ma con quantitativi maggiori).

Negli esempi suddetti le specie citate svolgono una azione protettiva limitatamente al primo anno dalla semina, scomparendo poi rapidamente a favore delle altre specie perenni con esse introdotte.

A parte questi particolari casi, non si osservano significative differenze legate al tipo di miscuglio utilizzato; le differenze appaiono invece per lo più legate all'impiego di substrati che contengono inizialmente una forte carica di semi di specie avventizie, che si sviluppano rapidamente se la superficie non viene correttamente inerbita.

Anche l'impiego di compost come substrato di inerbimento (cn6, cn14, cn15, cn16) comporta il rischio di sviluppo di specie infestanti e da questo deriva la necessità di impiegare materiale di origine e caratteristiche note.

Nei siti in cui viene utilizzato il compost si osservano generalmente valori piuttosto elevati di copertura di specie annuali e bienni; bisogna però tener conto del fatto che nelle aree studiate la semina è abbinata all'impiego di una specie di copertura (*Hordeum distichum*): così ad es. in cn16A99, a 4 mesi dal recupero, la copertura di specie annuali è pari a 65,7 %, di cui però 31,8% *Hordeum distichum* e 26,4 % *Lolium multiflorum* (quest'ultimo facente parte del miscuglio di partenza). In definitiva solo il 7,5 % della copertura è costituita da specie infestanti

e ruderali (tra cui ricordiamo *Chenopodium album*, *Erigeron annuus*, *Sinapis arvensis*, *Polygonum lapathifolium*, *Veronica persica*).

Situazione del tutto simile si riscontra in cn15: a distanza di tempo di 1 e 1,5 anni dal recupero diminuiscono fortemente *Hordeum distichum* (5,3 → 0 %) e *Lolium multiflorum* (28,2 → 0,3 %), mentre sono presenti infestanti avventizie (*Medicago lupulina*, *Melilotus alba*, *Chenopodium album*, *Erigeron annuus*, *Fallopia convolvulus*, *Galeopsis pubescens*, *Lactuca virosa*, *Matricaria inodora*, *Pastinaca sativa*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum* gr. *lapathifolium*, *Sinapis arvensis*, *Sonchus oleraceus*, *Stellaria media*, *Veronica persica*) che contribuiscono rispettivamente a determinare il 2,7 e il 12,5 % della copertura totale.

Se il miscuglio applicato non si insedia rapidamente, le avventizie prendono il sopravvento. Ciò accade ad es. nel sito cn14, inerbito su compost nell'ottobre 1998 con un miscuglio del tutto analogo; probabilmente a causa del sopraggiungere anticipato della stagione fredda, le specie seminate non si sono sviluppate e, a distanza di 0,75 e 1,25 anni, la percentuale di copertura di specie annuali e bienni (in tal caso sono assenti *Hordeum distichum* e *Lolium multiflorum* rimpiazzati dalle ruderali precedentemente citate) raggiunge valori di 73,6 e 59,3 %, con un effetto decisamente negativo da un punto di vista estetico e della riuscita dell'intervento.

Si può concludere che l'impiego di una specie di copertura unita ad un buon insediamento delle specie seminate, determina un efficace contenimento delle specie avventizie. Tale tecnica di semina risulta quindi interessante per limitare la diffusione delle specie indesiderate, qualora vi sia la possibilità che i semi vengano trasportati con il terreno utilizzato per il recupero, considerando improponibile negli ambienti di cava, per lo meno sotto il profilo ecologico, l'uso di diserbanti selettivi.

5.4 – CONCLUSIONI

L'analisi della vegetazione rivela una situazione in cui appare ancora forte l'effetto del disturbo antropico caratteristico delle aree di cava. Le tendenze evolutive in atto consentono tuttavia di individuare alcune specie erbacee che tendono ad affermarsi tra quelle inizialmente presenti nei miscugli impiegati, che sono pertanto da ritenersi più idonee ad un impiego per inerbimento delle superfici di cava.

Citiamo tra queste, a titolo di esempio, alcune tra quelle utilizzate anche a scopo foraggero a causa di una più facile reperibilità commerciale della semente:

- *Festuca rubra*,
- *Lotus corniculatus*,
- *Agrostis tenuis* (condizioni più fresche),
- su matrice neutro-basica *Bromus erectus*, *Medicago sativa*, *Anthyllis vulneraria*.

Ricordiamo ancora tra le dicotiledoni non leguminose *Achillea millefolium* (purtroppo non reperibile per comuni usi foraggeri).

Un ruolo importante è svolto dalle specie a rapido insediamento o *specie di copertura* (ad es.: *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*) al fine di coprire rapidamente l'area recuperata e controllare lo sviluppo di specie avventizie ruderali.

E' soprattutto però la buona preparazione del substrato (fertilità, spessore del riporto) a garantire un buon insediamento della vegetazione ed una rapida copertura del suolo, fattori questi che rendono pressoché identici i risultati ottenuti con tecniche intensive rispetto all'impiego di tradizionali miscugli da prato meno costosi e più facilmente reperibili in commercio. L'uso di altre foraggere, meno rustiche, è possibile quando le condizioni ambientali non sono eccessivamente limitanti così da ridurre al minimo il rischio di una loro drastica riduzione o scomparsa nel corso del tempo.