

**Convegno:**



**IMPATTO AMBIENTALE NELLA LAVORAZIONE DEI MATERIALI LAPIDEI: rumore - smaltimento fanghi**

**Verona, 23 settembre 1991**

Fiera Marmomacchine '91, S. Ambrogio di Valpolicella, Verona

**Giuseppe Sansoni**  
USL n. 2 Massa Carrara

# **IMPATTO AMBIENTALE DELL'INDUSTRIA LAPIDEA APUANA**

**pag.**

|           |            |   |
|-----------|------------|---|
| <b>2</b>  | <b>-</b>   | <b>Premessa</b>   |
| <b>3</b>  | <b>1</b>   | <b>Introduzione</b>   |
| <b>5</b>  | <b>2.1</b> | <b>Scarti solidi dell'escavazione (ravaneti)</b>              |
| <b>6</b>  | <b>2.2</b> | <b>Fanghi di segazione (marmettola)</b>                       |
| <b>11</b> | <b>2.3</b> | <b>Il dibattito sulla discarica di marmettola</b>             |
| <b>13</b> | <b>2.4</b> | <b>Prospettive di riutilizzo degli scarti</b>                 |
| <b>21</b> | <b>3</b>   | <b>Inquinamento acustico da segherie e laboratori</b>         |
| <b>23</b> | <b>4.1</b> | <b>Inquinamento delle sorgenti derivante dall'escavazione</b> |
| <b>29</b> | <b>4.2</b> | <b>Quali misure per la protezione delle sorgenti?</b>         |
| <b>32</b> | <b>5</b>   | <b>Conclusioni</b>  |

U.L.S.S. n° 26 - Regione Veneto

Società Nazionale Operatori Prevenzione

**Convegno: IMPATTO AMBIENTALE NELLA LAVORAZIONE DEI MATERIALI LAPIDEI:  
rumore - smaltimento fanghi**

Giuseppe Sansoni

USL n. 2 Massa Carrara

**IMPATTO AMBIENTALE  
DELL' INDUSTRIA  
LAPIDEA APUANA**

Fiera Marmomacchine '91, S. Ambrogio di Valpolicella, Verona, 23.9.1991

**PREMESSA**

E' difficile rendersi conto di come il pesante impatto ambientale dell'industria lapidea apuana abbia potuto protrarsi e accrescersi fino ad oggi, senza tener conto del disordine e della sfrenata illegalità in cui opera l'intero comparto:

- la quasi totalità delle discariche di cava (ravaneti) è abusiva;
- presumibilmente il 95% delle cave lavora senza piano di coltivazione, non solo necessario per verificare i quantitativi estratti, la sistemazione degli scarti, il recupero ambientale durante e dopo la coltivazione, ma obbligatorio per ottenere la stessa autorizzazione all'apertura di cava (L.R. 36/80 e successive modifiche) (ZANIBONI, 1991 a);
- la quasi totalità delle segherie e laboratori viola quotidianamente la legge sugli scarichi idrici (L. 319/76 e succ. mod.) e/o quella sullo smaltimento dei rifiuti (DPR 915/82);
- la legge sullo smaltimento degli oli usati (DPR 691/82) è stata totalmente disattesa per anni dalla quasi totalità delle cave ed è tuttora violata (dati maggio 1991) da circa il 70% delle cave di Carrara e dalla quasi totalità di quelle di Massa;
- circa il 90% delle aziende non rispetta le ordinanze dei Sindaci sulle emissioni rumorose;
- nella generalità delle cave e in molte aziende lapidee le norme sulla sicurezza del lavoro sono largamente disattese, col risultato di una elevata incidenza degli infortuni, anche mortali;
- la grande maggioranza dei pozzi che attingono acqua dalla pianura ad uso civile, agri-

colo e industriale (aziende lapidee comprese) è abusiva, priva di contatore e sfugge del tutto alla tariffazione.

Questa situazione diffusa e perdurante di attività "selvaggia" testimonia non solo il profondo livello di insensibilità civile e ambientale dell'imprenditoria locale, ma anche una "intollerabile tolleranza" da parte delle amministrazioni locali e della magistratura e, più in generale, l'assenza di un minimo di programmazione territoriale.

Gli stessi dati riportati in questa relazione, in mancanza di un osservatorio aggiornato sulla dinamica produttiva e sui problemi ambientali sono in parte incompleti e approssimati, ricavati con difficoltà dalle fonti più disparate al puro fine di fornire un'idea dell'ordine di grandezza dei fenomeni.

**Avvertenza:** in questa relazione il termine "apuano" è utilizzato, per comodità, per indicare i soli comuni di Carrara e di Massa.

**RINGRAZIAMENTI**

Si ringraziano, in particolare, le persone e gli enti che hanno fornito dati, informazioni, osservazioni: S. Napoli (Internazionale Marmi Macchine Carrara), Marchini e G. Andreani (Comune di Carrara), P.L. Berti, A. Ricci, R. Aliboni, S. Terenzoni, L. Ugatti (Comune di Massa), F. Franco, L. Cipriani, M. Zaniboni (Serv. Prev. Ig. Sicur. Luoghi Lavoro, USL 2, Massa), P. Carignani, M. Bertelloni, V. Bianchimani (Serv. Ig. Pubbl. Territ., USL 2, Massa), L. Lotti, G. Leva, G. Camici (Serv. Multiz. Prev., USL 2, Massa), Q. Capuzzi (Serv. Attiv. Estratt. Reg. Toscana), P. Vianello (Coop. Ambiente, Massa), C. Della Maggesa (CNA, Massa), R. Del Carratore (Confartigianato, Carrara), U. Roffo (Consorzio Frigido Marmi), F. Ravani (Consorzio Cave Carrara). Senza la loro collaborazione la stesura di questa relazione non sarebbe stata possibile.

## 1 INTRODUZIONE

La massiccia e capillare diffusione dell'industria lapidea nel territorio apuano (168 cave, circa 430 segherie e laboratori, per un totale di circa 4.000 addetti, senza contare l'indotto commerciale e collaterale) esplica una molteplicità di impatti a carico di vari comparti ambientali (tab. 1 e 2).

Al classico, ma asettico, ordine espositivo secondo il ciclo produttivo, dall'escavazione alla lavorazione, si preferisce qui la descrizione dei vari impatti secondo l'ordine storico col quale essi si sono manifestati e, soprattutto, sono divenuti acquisizione consapevole e diffusa. Questa scelta sacrifica la linearità dell'esposizione per privilegiare - come chiave di lettura - l'interpretazione dell'intreccio tra evoluzione tecnologica, impatto ambientale, maturazione culturale e posizioni assunte dai soggetti sociali coinvolti (imprenditori, lavoratori, servizi USL, amministrazioni locali, magistratura, forze sociali, associazioni ambientaliste).

La secolare tradizione di escavazione e lavorazione del marmo ha contribuito a creare e consolidare un diffuso atteggiamento positivo nei confronti dell'industria marmifera, fonte di lavoro e di pane. Così, fino alla metà di questo secolo, è mancata del tutto la percezione dell'impatto ambientale del comparto lapideo; l'unica coscienza critica è stata di tipo sindacale, per la durezza del lavoro ed i frequenti infortuni. D'altronde, per le rudimentali tecniche allora impiegate ed i limitati quantitativi in gioco, l'impatto era molto contenuto e legato principalmente alle estese ed instabili colate di detriti di cava sui versanti; i fiumi erano ancora limpidi e largamente utilizzati per l'irrigazione, la forza motrice, la pesca, il bucato e la balneazione.

A partire dall'immediato dopoguerra si è registrato, parallelamente all'esponenziale incremento della domanda e della produttività, conseguente all'innovazione tecnologica, un impatto crescente che ha progressivamente coinvolto i vari comparti ambientali in misura tale da porre oggi, per la prima volta, l'imperativo di una radicale ristrutturazione in senso ambientale dell'intero comparto lapideo, pena insostenibili diseconomie esterne e la sua stessa sopravvivenza.

Sebbene le cave apuane e le connesse aziende di lavorazione siano uno dei complessi più grandi e

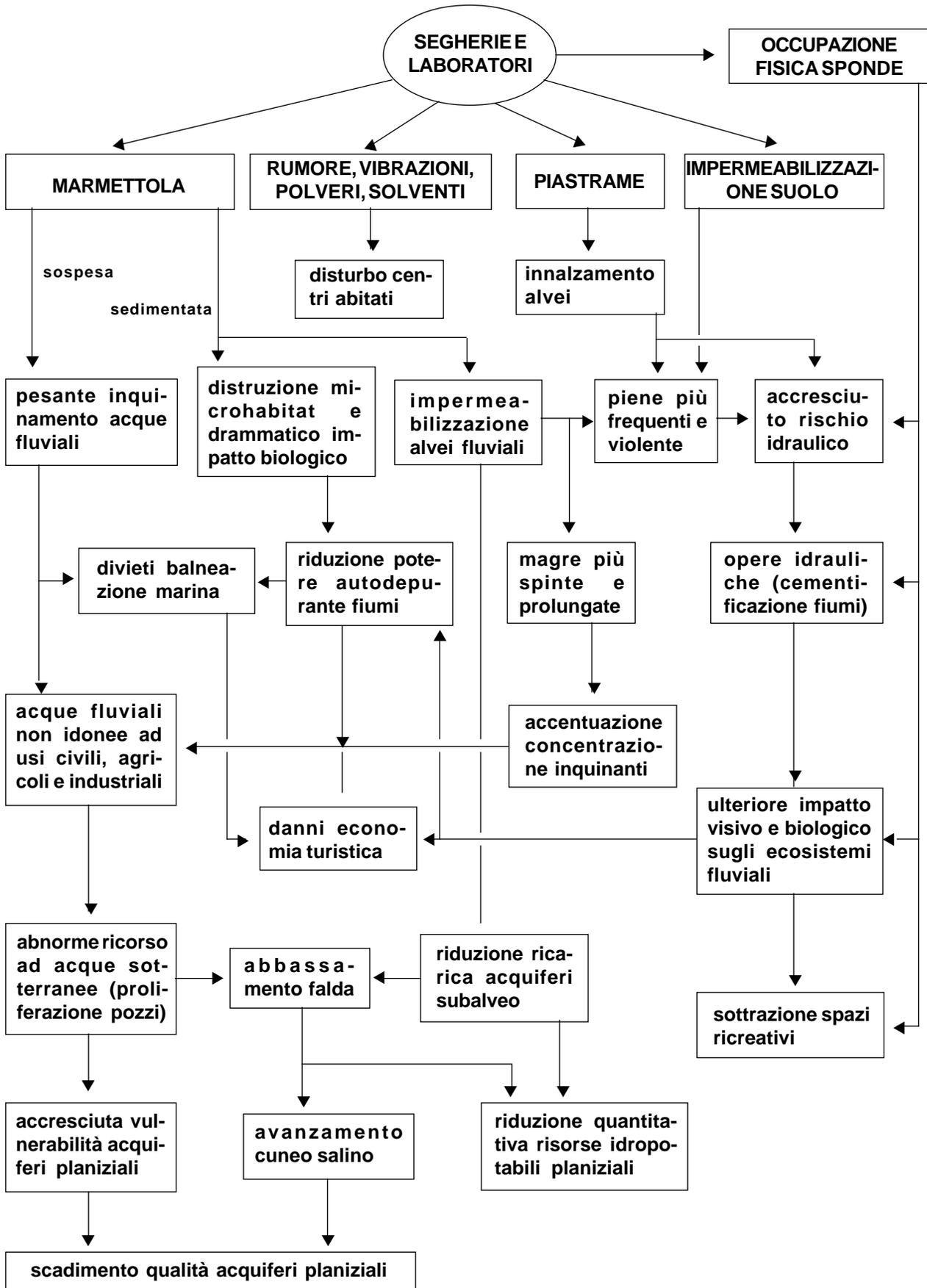
famosi del mondo, l'intero comparto è stato finora caratterizzato da uno spiccato individualismo imprenditoriale, recalcitrante ad ogni forma di coordinamento; è forse questo l'ostacolo principale da superare per avviare a soluzione i problemi ambientali, la cui dimensione è tale da poter essere affrontata solo con forme organizzative consortili.

Storicamente, l'attenzione è stata rivolta in primo luogo al problema degli scarti: i blocchi informi grossolani e minuti derivanti dall'estrazione e dalla lavorazione e, soprattutto, i reflui della segagione; solo negli ultimi anni è stata espressa la preoccupazione di rischi di contaminazione delle sorgenti legati all'escavazione. Per entrambi i tipi di scarto, il 1976 può essere considerato l'anno in cui gli enti pubblici iniziano a porsi seriamente il problema: viene emanata la legge 319 che fissa i limiti di accettabilità degli scarichi idrici e viene pubblicato dalla Regione Toscana il "Progetto Marmi", un voluminoso rapporto sul comparto marmifero con dati sulla tipologia, sui

**Tab. 1**  
**Impatto ambientale dell'escavazione e del trasporto di marmo**

| <b>ESCAVAZIONE</b>                        |   |
|---|---|
| <b>PAESAGGISTICO</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- squarci e devegetazione versanti</li> <li>- enormi discariche (ravaneti)</li> </ul>  |
| <b>IDROGEOLOGICO</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- alterazione deflussi superficiali e sotterranei</li> <li>- inquinamento falda e sorgenti da fanghi (marmetola), oli minerali, idrocarburi</li> </ul> |
| <b>SICUREZZA</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- rischio di frana dei ravaneti sulle strade</li> <li>- infortuni sul lavoro</li> </ul>  |
| <b>ACUSTICO</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- disturbo per abitati e fauna selvatica</li> </ul>  |
| <b>TRASPORTO</b>                          |   |
| <b>SICUREZZA</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- accresciuti rischi da intenso traffico pesante su strade montane e centro cittadino</li> </ul>   |
| <b>RUMORE, VIBRAZIONI, GAS DI SCARICO</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- disturbo centri abitati</li> <li>- danneggiamento fondo stradale</li> </ul>  |

**Tab.2 - Impatto ambientale della lavorazione del marmo**



**Tab. 3**  
**Produzione media annua di marmo e di scarti di escavazione dall'inizio del secolo**

| Anno               | marmo t/anno | scarti t/anno |
|--------------------|--------------|---------------|
| <b>1901 - 1910</b> | 240.000      | 1.400.000     |
| <b>1911 - 1920</b> | 200.000      | 960.000       |
| <b>1921 - 1930</b> | 330.000      | 1.000.000     |
| <b>1931 - 1940</b> | 190.000      | 1.600.000     |
| <b>1941 - 1950</b> | 120.000      | 640.000       |
| <b>1951 - 1960</b> | 320.000      | 650.000       |
| <b>1961 - 1970</b> | 440.000      | 550.000       |
| <b>1971 - 1980</b> | 660.000      | 780.000       |
| <b>anno 1981</b>   | 865.000      | 1.300.000     |

(dati ERTAG, 1983, rielaborati)

quantitativi dei residui solidi e fluidi e sulle possibilità del loro smaltimento (REG. TOSC., 1976).

## 2.1 SCARTISOLIDI DELL'ESCAVAZIONE (ravaneti)

Gli scarti solidi dell'escavazione formano imponenti discariche (ravaneti), sotto forma di colate caotiche in precario equilibrio sui versanti; la quantità di scarti nei ravaneti apuani supera ormai i 100 milioni di tonnellate.

Nella prima metà del secolo, a causa della bassa resa del sistema della varata con esplosivi, oltre l'85% del marmo estratto viene posto in discarica, al ritmo di oltre 1 milione di t all'anno. L'introduzione del filo elicoidale aumenta la resa dell'estrazione a quasi il 40% del volume escavato consentendo, fino al 1970, una netta riduzione degli scarti, nonostante l'aumento della produzione commerciale (tab. 3). Il notevole incremento della produzione e della produttività (tab. 4) conseguente all'aumento della domanda e all'introduzione (1978) e alla diffusione (anni '80) delle tagliatrici a filo diamantato e a catena diamantata (CAPUZZI, DELL'AMICO, PIANADEI, 1983) conduce tuttavia ad una nuova impennata degli scarti, che nel 1981 superano il milione di t ed oggi i 2 milioni di t annue.

Gli imponenti ravaneti rappresentano insulti all'ambiente dal punto di vista estetico, ostacolano il drenaggio delle acque ostruendo il minuto reticolo idrografico superficiale, diventano sedi di accumulo

**Tab. 4**  
**Andamento dell'occupazione, della produzione e della produttività nelle cave apuane (Carrara + Massa)**

| ANNO        | cave N° | addetti N° | produzione ton | produttività ton/addetto |
|-------------|---------|------------|----------------|--------------------------|
| <b>1950</b> | 173     | 3.435      | 185.829        | 54                       |
| <b>1955</b> | 381     | 4.551      | 351.933        | 77                       |
| <b>1960</b> | 369     | 3.888      | 328.948        | 85                       |
| <b>1965</b> | 246     | 3.258      | 353.245        | 108                      |
| <b>1970</b> | 177     | 1.935      | 519.275        | 268                      |
| <b>1975</b> | 264     | 1.728      | 544.520        | 315                      |
| <b>1981</b> | 158     | 1.305      | 854.319        | 655                      |
| <b>1985</b> | 164     | 1.352      | 1.018.490      | 753                      |
| <b>1989</b> | 154     | 1.038      | 1.132.040      | 1.091                    |

Fonti: - fino al 1975: Reg. Tosc. (Progetto Marmi);  
- dal 1981: dati Reg. Tosc. (Serv. Attiv. Estrattive),  
elaborazione Internaz. Marmi Macchine Carrara.

di materiali inquinanti, sono un pericolo incombente per coloro che per lavoro o per turismo - anche se non autorizzato - percorrono le vie di arroccamento; tale pericolo è accentuato dalla pratica di scaricare nei ravaneti anche i fanghi derivanti dal taglio in cava che, fluidificati dalle precipitazioni atmosferiche, rappresentano un vero attentato alla stabilità del complesso. Alcuni ravaneti hanno raggiunto dimensioni tali da richiedere il ripetuto innalzamento del rincalzo al piede con muraglioni in massi; pericolosi eventi di frana si prospettano ormai come sempre più probabili.

Un impatto ambientale pesante, dunque, anche a voler prescindere dai problemi di sicurezza, e tuttavia di gran lunga inferiore a quello derivante dai reflui di segazione: come spiegare allora il fatto che, mentre quest'ultimo è ancora totalmente irrisolto, il problema degli scarti solidi ha ricevuto almeno una parziale soluzione?

Vanotato che il ridimensionamento del problema è interamente attribuibile alle forze imprenditoriali: aziende di frantumazione e macinazione assorbono un quantitativo di scarti all'incirca equivalente all'attuale produzione, ricavandone granulati e polveri. Tale iniziativa, tuttavia, anziché intenzionalmente volta a risolvere un problema ambientale, appare dettata da nuove opportunità di mercato e dalle stesse esigenze produttive. Nel solo bacino carrarese, infatti, i 5 milioni di m<sup>2</sup> di ravaneti ricoprono, precludendone lo sfruttamento, il 33% dei giacimenti di marmo, il 79% dei quali di pregiato marmo bianco (ERTAG, 1983).

Il riutilizzo degli scarti interessa però prevalentemente i vecchi ravaneti da varata -più facilmente frantumabili per la minore pezzatura- e quelli di più facile access. Altri ravaneti, invece, continuano ad accrescersi pericolosamente e appaiono difficilmente riutilizzabili per la presenza di pendii particolarmente impervi, di strade di arroccamento sugli stessi accumuli e del pericolo per le cave attive sottostanti.

Permane quindi pressante la necessità del risanamento e del recupero paesaggistico di molti ravaneti. A tal fine, oltre alla rimozione -per motivi di sicurezza- di parte dei detriti e alla realizzazione di una pendenza inferiore all'angolo di attrito dei materiali, appaiono particolarmente indicate le tecniche dell'ingegneria naturalistica mirate a stabilizzare i ravaneti mediante specie arboree ed erbacee resistenti all'inghiainamento e dotate di ampio e tenace apparato radicale (SCHIECHTL, 1991).

La strada da percorrere sembra quella di associare alla produzione pregiata di marmo in blocchi quella più "povera" derivante dalla coltivazione dei ravaneti come cave di inerti (attualmente importati addirittura dai paesi balcanici). A tale scopo i sindaci dovrebbero inserire le coltivazioni dei ravaneti, da considerarsi come veri e propri giacimenti di inerti, nello stesso regime autorizzativo delle cave, in modo tale da permettere la vigilanza sulla sicurezza del lavoro (ZANIBONI, 1991 b) per impedire il ripetersi di gravi incidenti, già verificatisi. Attualmente, infatti, questa forma di coltivazione mineraria è praticata al di fuori di ogni autorizzazione e del rispetto delle norme vigenti (DPR 128/59 e L.R. 36/80 e successive modifiche ed integrazioni). Con tali avvertenze la coltivazione dei ravaneti, oltre a soddisfare scopi produttivi ed a garantire la sicurezza del lavoro e la stabilità dei versanti, potrebbe essere finalizzata al loro pieno reinserimento nel contesto ambientale

apuano, mediante piantumazione finale.

Al momento, tuttavia, l'instabilità dei ravaneti, consapevolmente avvertita come serio problema solo dalle popolazioni montane, riceve insufficienti attenzioni, come dimostra non solo l'assenza di concreti piani di risanamento, ma -ancor più significativamente- il fatto che la maggioranza degli amministratori, degli escavatori e dei cittadini probabilmente non è mai stata neppure sfiorata dall'idea della necessità del ripristino, rivegetazione e reinserimento ambientale dei ravaneti.

## 2.2 FANGHI DI SEGAGIONE (marmettola)

L'impatto degli scarichi fluidi delle segherie ha sollevato, invece, ripetute ed accese critiche da parte di ampi strati di popolazione, in particolare del mondo ambientalista, e una più decisa iniziativa pubblica.

La fig. 1 mostra la distribuzione delle segherie e dei laboratori lapidei. L'evidente forza attrattiva esercitata dai corsi d'acqua è dovuta sia a motivi storici ormai venuti meno, come la facilità, da parte delle aziende, di soddisfacimento dei rilevanti consumi idrici, fino a non molti anni fa attinti direttamente dai fiumi (finchè il livello di inquinamento delle acque, causato dalle stesse aziende lapidee, le ha rese inutilizzabili), sia alla comodità, ancora attualissima, di scaricarvi i reflui della lavorazione.

Gli enormi quantitativi di fanghi prodotti nel comprensorio apuano (oggi superiori al milione di tonnellate all'anno) e la loro composizione media sono riportati nelle tab. 5 e 6. Fino agli anni '70 dominavano nettamente il materiale locale (marmo) e i telai a sabbia: gli inquinanti erano rappresentati da carbonato di calcio polverulento e da una fine sabbia silicea. Successivamente, con la progressiva sostituzione dei tradizionali telai a sabbia con telai a lame diamantate,

**Tab. 5**  
Fanghi di segazione e lucidatura (al 30% circa di umidità) prodotti annualmente nel comprensorio apuano

| Fanghi                  | STIMA 1984           |                |            | STIMA 1990           |                  |            |
|-------------------------|----------------------|----------------|------------|----------------------|------------------|------------|
|                         | m <sup>3</sup> /anno | t/anno         | %          | m <sup>3</sup> /anno | t/anno           | %          |
| marmo bianco e colorato | 269.000              | 498.000        | 55,8       | 198.250              | 325.000          | 25         |
| misti (marmo + granito) | 65.000               | 92.000         | 13,5       | 158.600              | 260.000          | 20         |
| granito                 | 148.000              | 200.000        | 30,7       | 436.150              | 715.000          | 55         |
| <b>Totale</b>           | <b>482.000</b>       | <b>790.000</b> | <b>100</b> | <b>793.000</b>       | <b>1.300.000</b> | <b>100</b> |

Fonte - stima 1984: REGIONE TOSCANA, 1988;

- stima 1990: valutazioni di larga massima, tratte da fonti varie (prevalentemente verbali).

lo scarico risultò costituito quasi esclusivamente da carbonato di calcio. Nel frattempo, inoltre, andava sempre più affermandosi anche la lavorazione di lapidei d'importazione, in particolare del granito che oggi rappresenterebbe circa il 70% dei lapidei lavorati; nella segagione di quest'ultimo viene impiegata una miscela di calce e graniglia metallica e lo scarico,

fortemente alcalino, è costituito essenzialmente da silicati, ferro e calce.

Di fronte al carico inquinante riversato nei corsi d'acqua dalle segherie (tab. 7) nessun aggettivo appare esagerato: i solidi sospesi totali negli scarichi si aggirano mediamente attorno ai 10.000 mg/l a Massa e ai 45.000 mg/l a Carrara, superando di

Tab.6 - Composizione principale media dei fanghi di segagione e lucidatura (dopo sedimentazione)

| FANGHI                  | COMPOSIZIONE PRINCIPALE |          |                        |             |       |              |                   |
|-------------------------|-------------------------|----------|------------------------|-------------|-------|--------------|-------------------|
|                         | CaCO <sub>3</sub><br>%  | CaO<br>% | Silice e<br>silicati % | Fe+FeO<br>% | pH    | Umidità<br>% | Peso<br>specifico |
| marmo bianco e colorato | 91                      |          | 0-3,7                  | 0,5         | 8,6   | 38           | 1,70              |
| misti (marmo + granito) | 11,3                    | 4,5      | 67,5                   | 5,86        | 9,47  | 50,0         | 1,48              |
| granito                 |                         | 4,1      | 68,0                   | 13,8        | 10,45 | 49,4         | 1,45              |

Fonte: REGIONE TOSCANA, 1988.

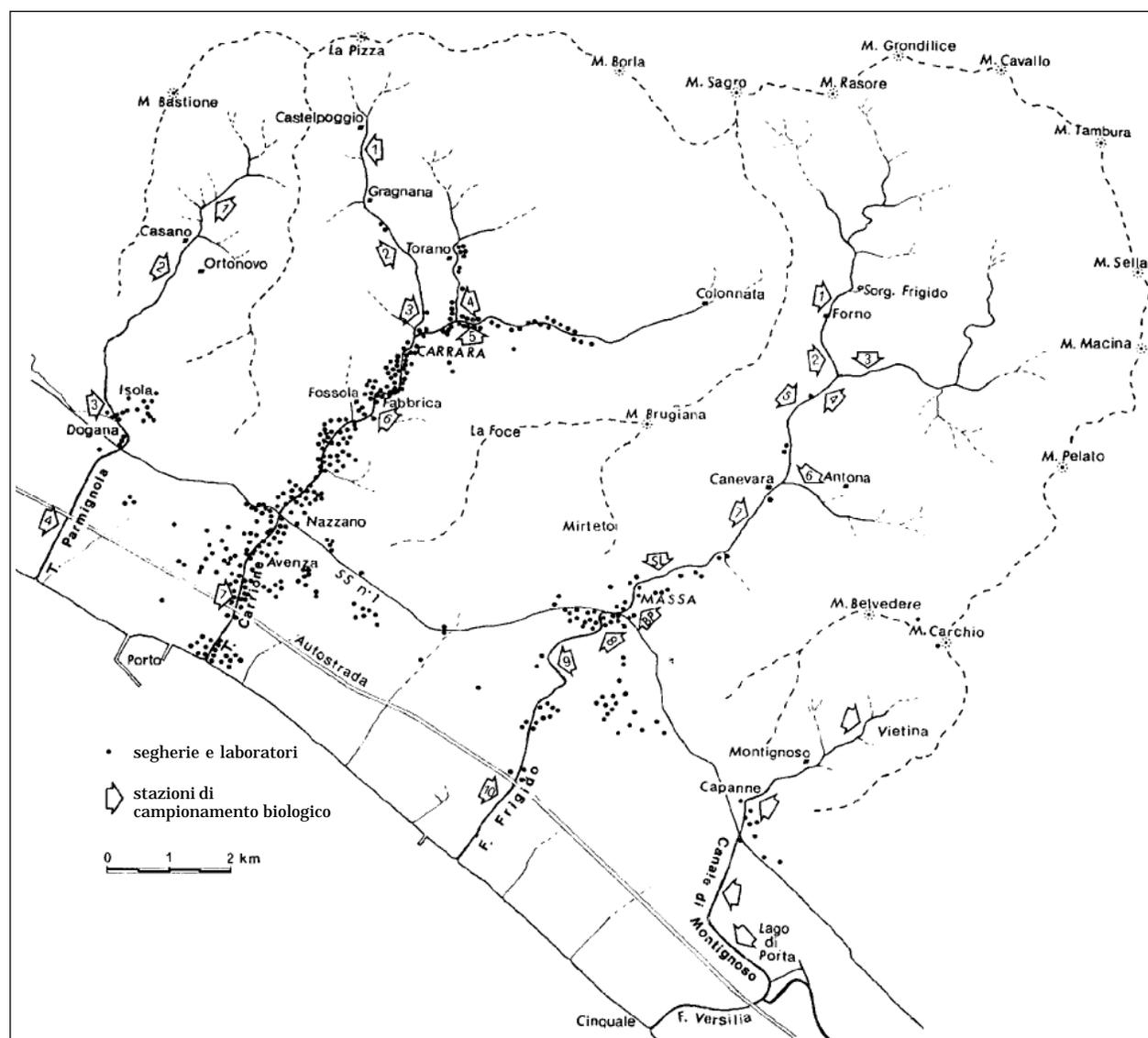


Fig. 1 - Distribuzione delle aziende per la lavorazione del marmo (da SANSONI, SACCHETTI, BARABOTTI, 1983)

**Tab.7 - Aziende lapidee denunciate nei comuni di Carrara e di Massa e contenuto medio di solidi sospesi totali negli scarichi (limite di legge = 80 mg/l)**

| Anno          | CARRARA            |                              | MASSA              |                              |
|---------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|               | Aziende denunciate | Solidi sospesi totali (mg/l) | Aziende denunciate | Solidi sospesi totali (mg/l) |
| 1980          | 0                  | -                            | 3                  | 14.000                       |
| 1981          | 0                  | -                            | 49                 | 16.000                       |
| 1982          | 98                 | 50.000                       | 0                  | -                            |
| 1983          | 15                 | 23.000                       | 0                  | -                            |
| 1984          | 12                 | 52.000                       | 1                  | 8.000                        |
| 1985          | 12                 | 70.000                       | 10                 | 2.500                        |
| 1986          | 4                  | 6.000                        | 50                 | 5.500                        |
| 1987          | 16                 | 40.000                       | 20                 | 6.500                        |
| 1988          | 86                 | 39.000                       | 1                  | 1.000                        |
| 1989          | 1                  | 1.000                        | 5                  | 12.000                       |
| 1990          | 33                 | 48.000                       | 31                 | 11.000                       |
| <b>Totale</b> | <b>277</b>         | <b>45.000</b>                | <b>170</b>         | <b>10.000</b>                |

Fonte: Servizio Multizonale di Prevenzione, USL 2, Massa.

centinaia di volte il limite (80 mg/l) fissato dalla tab. A della L. 319/76; non sono rari gli scarichi che superano i 100.000 mg/l. Se si tiene conto delle ingenti portate degli scarichi e dell'elevato numero di aziende, il drammatico impatto sui popolamenti acquatici e il degrado dei fiumi e del litorale non destano più alcuna sorpresa.

La linea d'intervento inizialmente adottata dall'USL fu di tipo legale: negli anni successivi al 1976, dopo un primo periodo "concesso" inutilmente agli imprenditori per consentire l'adeguamento alle disposizioni della L. 319, si procedette all'analisi degli scarichi delle aziende lapidee e, a partire dal 1980, alle denunce alla magistratura (447 denunce nel decennio 1980-90: tab. 7).

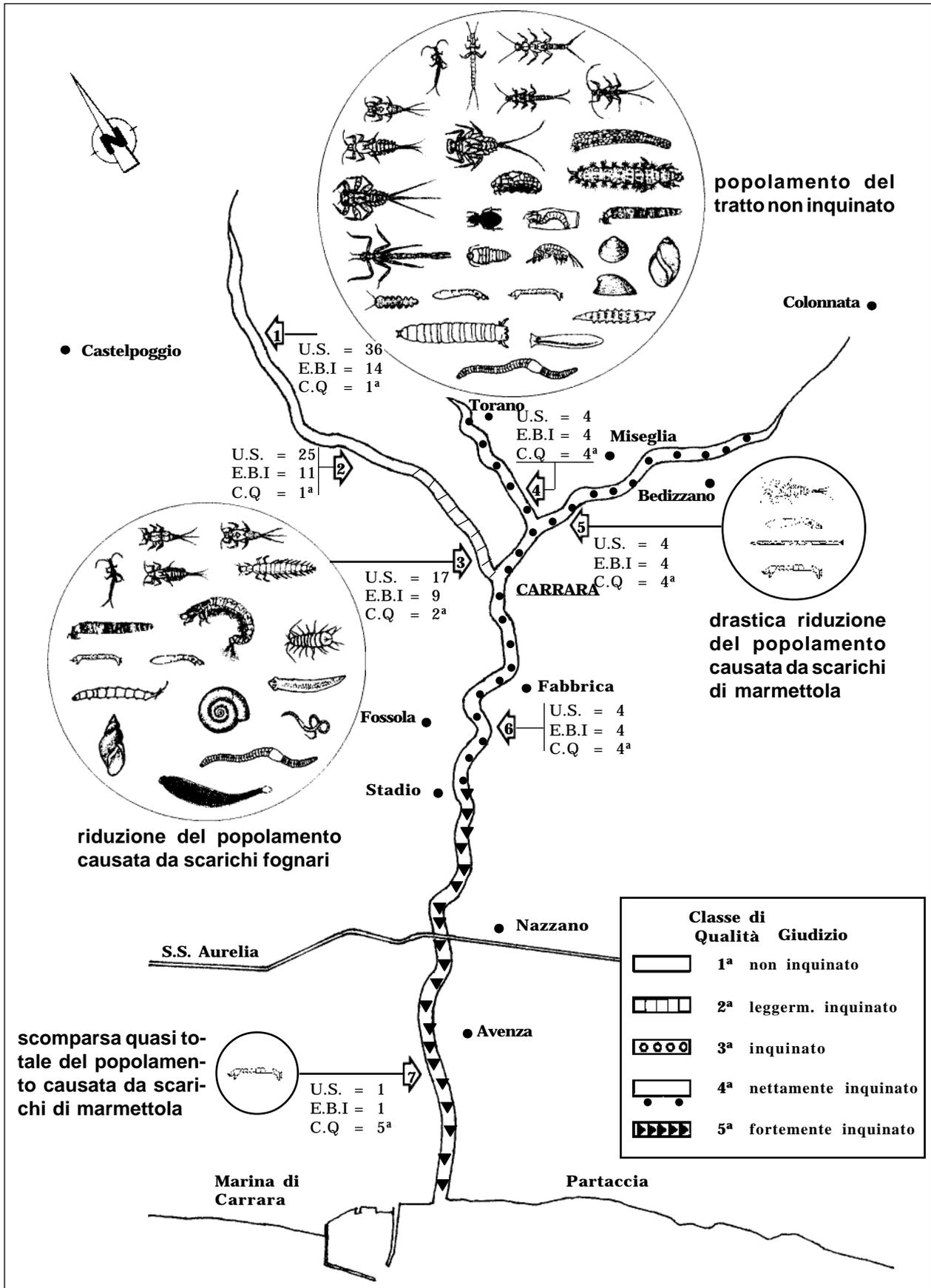
Divenne ben presto palese, tuttavia, la subalternità culturale della magistratura agli imprenditori del marmo: i procedimenti venivano rinviati di anno in anno, mentre nel vicino comprensorio marmifero versiliese gli imprenditori venivano assolti con le discutibili motivazioni dell'interesse preminente del lavoro sull'ambiente e della presunta responsabilità degli enti locali che non avrebbero provveduto ad allestire siti per la discarica dei reflui compattati (marmettola). La gravità delle implicazioni di tale sentenza, ampiamente criticata anche da autorevoli giuristi, sta nella licenza di inquinare concessa agli imprenditori (che, secondo un ormai abusato copione, utilizzarono il ricatto occupazionale), nella forma-

le e sostanziale disapplicazione della legge e nell'insolita pretesa che l'onere dell'allestimento della discarica debba ricadere (chissà perchè) sugli enti locali anzichè sui produttori dei rifiuti, come previsto dalla legge e come avviene per tutti gli altri imprenditori.

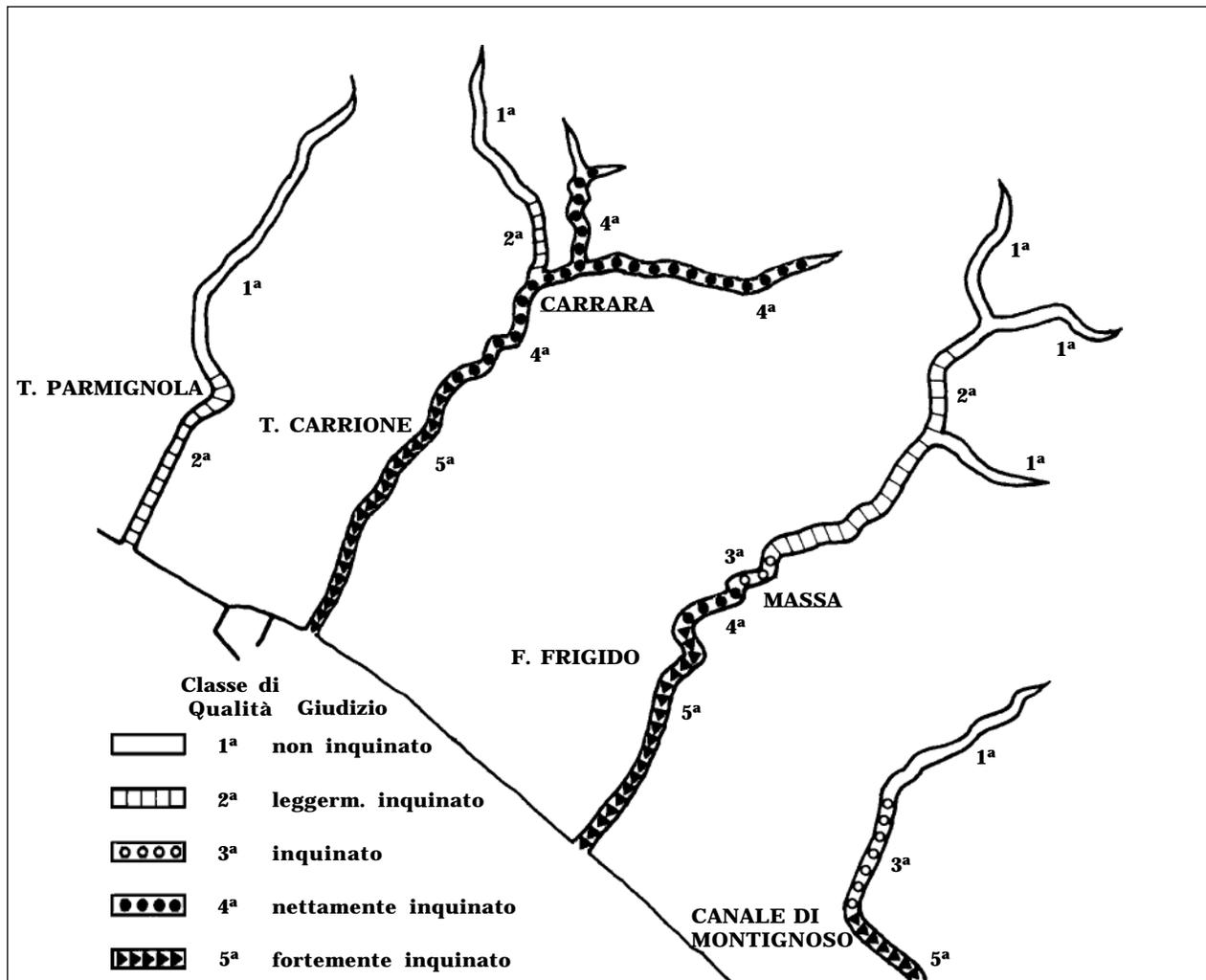
D'altronde l'impatto ambientale della marmettola, considerata una polvere minerale inerte, era allora ritenuto dai più di natura sostanzialmente estetica e la tutela dell'ambiente non rientrava certo tra gli obiettivi prioritari dei sindacati di settore, delle forze sociali e delle amministrazioni locali.

Di fronte a questo quadro desolante il Servizio Multizonale di Prevenzione dell'USL intraprese un'operazione culturale di più ampio respiro avviando uno studio approfondito che, partendo dal mappaggio biologico dei corsi d'acqua (utilizzando i macroinvertebrati acquatici come indicatori di qualità), giunse ad una sintesi esauriente dell'impatto ambientale della marmettola. I risultati, pubblicati nel 1983 in un volume a vasta diffusione edito dalla Comunità Montana delle Apuane (SANSONI, SACCHETTI, BARABOTTI, 1983), vengono qui sintetizzati.

La marmettola, pur essendo priva di una propria tossicità, esplica un impatto drammatico sui popolamenti acquatici (fino alla loro totale scomparsa), di gran lunga superiore a quello degli scarichi fognari e di altri inquinanti chimici (fig. 2 e 3). I principali meccanismi d'azione sono individuabili nella distribu-



**Fig. 2 - Torrente Carrione: impatto biologico degli scarichi delle aziende lapidee.**  
 Gli scarichi di marmettola (staz. 4, 5, 6 e 7) esercitano un impatto biologico drammatico, nettamente superiore a quello degli scarichi fognari (per motivi grafici, il popolamento della stazione 1 è rappresentato solo parzialmente).



**Fig. 3 - Corsi d'acqua del litorale apuano: impatto biologico degli scarichi delle aziende lapidee.**

Nel T. Parmignola, privo di scarichi di marmettola la C.Q. scende solo alla 2<sup>a</sup>; per il T. Carrione, vedi il commento alla fig. 2; nel F. Frigido, il rapido peggioramento alla 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> C.Q. si verifica nel tratto pianiziale, per la sedimentazione della marmettola; nel Canale di Montignoso si ha una brusca caduta alla 3<sup>a</sup> e poi 5<sup>a</sup> C.Q., con totale scomparsa dei macroinvertebrati acquatici. Si confronti con la distribuzione delle aziende lapidee (fig. 1).

zione dei microambienti (la marmettola, sedimentando, ricopre il fondo con un uniforme strato melmoso, che ostacola la colonizzazione), nel danno diretto ai macroinvertebrati (abrasione corporea, occlusione branchie), nella diminuzione delle disponibilità alimentari (ridotta fotosintesi per la torbidità dell'acqua) e nel danno riproduttivo (seppellimento di uova e di stadi vitali fissati al substrato). L'impatto, contenuto finché la polvere di marmo resta in sospensione e non raggiunge elevate concentrazioni, si esplica in tutta la sua drammaticità laddove, per la diminuita pendenza, si verifica la sedimentazione della marmettola.

I corsi d'acqua, privati delle comunità animali responsabili del potere autodepurante, trasportano al mare inalterato anche gran parte del carico in-

nante organico: ne derivano ripetuti divieti di balneazione per il superamento dei parametri batteriologici, con le immaginabili conseguenze sull'economia turistica; altri divieti vengono emessi per la sola torbidità determinata dalla marmettola.

Oltre a quelli ricreativi, vengono progressivamente abbandonati anche gli usi produttivi delle acque fluviali, innescando un potente - seppure indiretto - meccanismo moltiplicatore dell'impatto e di disconomie a carico dei settori agricolo e industriale e dell'intera società. Ne consegue, infatti, un'abnorme ricorso all'emungimento dalla falda della pianura alluvionale che, ridotta ad un colabrodo da pozzi spesso mal eseguiti, diviene più vulnerabile agli inquinanti; l'eccessivo emungimento esercitato dalle industrie (comprese le stesse aziende lapidee) e favorito dalla

manca di controlli e dal dilagante abusivismo - che consente spesso la totale evasione del pagamento delle tariffe - deprime il livello della falda, innescando l'intrusione del cuneo salino nell'entroterra della fascia costiera.

I sedimenti di marmettola, compattandosi, impermeabilizzano gli alvei, interrompendo gli scambi acquifero-fiume: ne risultano una netta riduzione della ricarica degli acquiferi planiziali (che favorisce l'ulteriore intrusione salina), una accentuazione della torrenzialità del regime idrologico (piene più frequenti e violente; magre più spinte e prolungate), e un accresciuto rischio idraulico da esondazioni. I danni da straripamento, accentuati anche dall'innalzamento dell'alveo dei fiumi (per la cementazione dei sedimenti di marmettola intimamente compenetrati con gli scarichi di cocciame di marmo), forniscono l'alibi per una ulteriore canalizzazione e cementificazione dei corsi d'acqua, che ne esaspera il degrado. Una schematica rilettura dell'impatto connesso alla lavorazione dei lapidei è riportata nel diagramma di flusso della tab. 2 (pag. 4).

L'operazione culturale USL-Comunità Montana ebbe un successo superiore alle aspettative e segnò definitivamente il crollo del mito dell'innocuità ambientale della marmettola: divenne consapevolezza diffusa che le aziende lapidee scaricavano non solo marmettola, ma anche costi intollerabili sull'ambiente e sull'intero tessuto produttivo. Nel frattempo cresceva la sensibilità ambientalista: si moltiplicarono le iniziative per sollecitare le aziende al corretto smaltimento della marmettola sia attraverso il conferimento in discarica sia, soprattutto, attraverso il suo riutilizzo che avrebbe favorito anche l'acquisizione di know-how, il sorgere di un nuovo settore produttivo e comportato anche positivi riflessi occupazionali.

L'imprenditoria locale, caratterizzata complessivamente da un basso livello culturale, uno spiccato individualismo e un'elevata polverizzazione aziendale, non seppe purtroppo esprimere quel poco di lungimiranza collettiva necessario per affrontare lo smaltimento e la ricerca di soluzioni di riutilizzo della marmettola e preferì arroccarsi dietro la minaccia del ricatto occupazionale e l'impunità che continuava a venirlle accordata. Gli studi per individuare possibilità di riutilizzo continuarono ad essere intrapresi sostanzialmente dalle sole amministrazioni pubbliche, in

particolare dalla Regione Toscana.

Una obiettiva, pesante, responsabilità nel deterioramento dell'ambiente e dei rapporti sociali ricade, in effetti, sulla magistratura locale che, garantendo la totale impunità agli inquinatori, ha ostacolato la maturazione in essi di una mentalità più consona ad una imprenditoria aperta e lungimirante ed ha acuito la conflittualità sociale. Negli anni successivi alla pubblicazione dello studio, infatti, auspicando che l'accresciuta consapevolezza dei danni ambientali della marmettola avrebbe indotto la magistratura ad un'azione più decisa, l'USL proseguì i controlli e le denunce delle aziende, ma le speranze furono disattese.

I procedimenti furono unificati e, nel 1988, fu emessa la sentenza assolutoria motivata, ancora una volta, dall'assenza di una discarica. La palese pretestuosità di tale motivazione, dimostrata anche dalla contestazione di illegittimità espressa dalla Corte di Appello di Genova, si configura, di fatto, come una vera e propria "copertura" fornita agli inquinatori dalla magistratura locale, un'offesa all'intelligenza dei cittadini e, più in generale, un duro colpo alla credibilità delle istituzioni. Solo recentemente (1991) sono state emesse le prime condanne di imprenditori del settore lapideo, relative a nuove denunce che l'USL e i comuni continuarono tenacemente ad inoltrare nonostante l'oggettivo invito a "tirare i remi in barca" rappresentato dalla sconcertante sentenza.

### **2.3 IL DIBATTITO SULLA DISCARICA DI MARMETTOLA**

Intanto, sul finire degli anni '80, si nota una maggiore iniziativa dell'Amministrazione Comunale di Carrara e giunge a conclusione l'iter burocratico, iniziato dieci anni prima, per la realizzazione di una discarica di marmettola nella frazione montana di Bedizzano.

Gli imprenditori del marmo - tramite la Presidente dell'Associazione Industriali - sostenendo di non poter sopportare i costi dello smaltimento, scatenano la bagarre: dichiarano ufficialmente che non porteranno mai la marmettola in discarica, minacciano di sospendere il pagamento del pedaggio marmi e creano ed egemonizzano un aggressivo comitato antidiscarica, il cui nucleo principale è costituito dagli abitanti di

Bedizzano, un centinaio dei quali proprietari di terreni in parte illegalmente affittati come siti di discarica abusiva di scarti di cava. Vengono organizzate manifestazioni, blocchi stradali e viene utilizzato un incredibile e contraddittorio coacervo di argomentazioni, da quelle più tracotanti a quelle pseudo-ambientaliste, paventando gravi rischi di inquinamento delle sorgenti con motivazioni "tecniche" che rasentano la cieca irrazionalità (valgano come esempi il rischio di tumori per le presunte radioattività e presenza di cromo esavalente nella marmettola).

Per il movimento ambientalista è la prova del fuoco nel quale, purtroppo, una parte di esso brucia la propria credibilità cavalcando la tigre della protesta, sostenendo la tesi della tossicità della marmettola, dichiarandosi indisponibile a discutere garanzie ed eventuali accorgimenti migliorativi della discarica e chiedendo con massimalismo -in alternativa ad essa- il riutilizzo della marmettola, ancora non attuabile per la mancanza di concreti impianti industriali.

La parte più matura del movimento ambientalista

esprime, invece, una lucida analisi politica e tecnica: la discarica è lo strumento finalmente a portata di mano per togliere l'alibi alla magistratura e l'impunità agli inquinatori, interrompendo così lo scempio dei fiumi; essa, facendo pagare loro i costi dello smaltimento, è lo stimolo più efficace per convertire gli imprenditori al più conveniente riutilizzo (che, beninteso, resta l'obiettivo principale); la marmettola è un rifiuto speciale (tab. 8), un inquinante ambientale essenzialmente fisico (non tossico) e produce nelle prove di cessione un eluato con concentrazioni di metalli pesanti addirittura nei limiti fissati per le acque potabili (tab 9); se, comunque, per pura ipotesi, essa fosse tossica, il metterla in discarica impermeabilizzata e controllata (anzichè riversarla liberamente nell'ambiente) ridurrebbe di migliaia di volte la contaminazione delle falde (SANSONI, 1990); i veri rischi per le sorgenti non stanno nella discarica (per la quale, tuttavia, vengono richieste garanzie gestionali e concreti accorgimenti tecnici precauzionali), ma nei metodi di lavorazione in cava (sversamenti sul terreno, e

Tab. 8 - Contenuto in metalli pesanti (valori medi, in mg/kg) di vari tipi di marmettola (segagione e/o lucidatura)

|                   | marmi (bianchi e colorati) | marmi +graniti | solo graniti | limite legge 915/82 e succ. integr. |
|-------------------|----------------------------|----------------|--------------|-------------------------------------|
| n° campioni exam. | 51                         | 35             | 13           |                                     |
| Piombo            | 44                         | 344            | -            | 5.000                               |
| Zinco             | 29                         | 99             | 29           | non fissato                         |
| Rame              | 17                         | 94             | 168          | 5.000                               |
| Cromo (tot.)      | 10                         | 69             | 114          | (Cr <sup>VI</sup> ) 100 **          |
| Nichel            | 45                         | 79             | 97           | non fissato                         |
| Cadmio            |                            | 1***           |              | 100                                 |

Fonte: Reg. Tosc., 1988. Il dato del Cadmio è tratto dal progetto di discarica nella cava Filippi, in comune di Castelnuovo Magra, relativo a 13 campioni di marmettola.

\* la legge fissa un limite solo per il cromo esavalente; sui campioni di marmettola è stato determinato il cromo totale poiché precedenti analisi avevano mostrato l'assenza di cromo esavalente.

Tab. 9 - Risultati delle prove di cessione su marmettola (valori medi, in µg/l)

|                      | limite di legge prove cessione | risultato prove cessione | limite di legge acque potabili (DPR 236/88) |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------|---|
| Piombo               | 200                            | 8                        | 50  |
| Rame                 | 100                            | 39                       | 1.000                                       |
| Cadmio               | 20                             | 0,7                      | 5   |
| Cromo <sup>III</sup> | 2000                           | 25                       |   |
| Cromo <sup>VI</sup>  | 200                            | *                        | 50 (Cr tot)                                 |

Dati tratti dal progetto di discarica nella cava Filippi, in comune di Castelnuovo Magra, relativi a 13 campioni di marmettola. Anche la relazione dell'Assoc. Intercomunale Versilia (1983), pur non riportando dati tabulati, afferma «Tali tossici, inoltre, si presentano altamente insolubili; negli eluati delle prove di estrazione sono state riscontrate concentrazioni di tossici inferiori al limite previsto per le acque potabili».

\* il Cr<sup>VI</sup>, inferiore di molto ai valori di riferimento già nel materiale "tal quale", non è stato determinato nelle prove di cessione.

da qui in falda, di marmettola e idrocarburi); il comitato, ingigantendo i rischi di inquinamento delle sorgenti da discarica e considerando risibili quelli provenienti dalle cave, rivela un retroterra culturale più preoccupato degli interessi degli imprenditori del marmo che della tutela dell'ambiente.

Un'analisi della stampa locale (*Il Tirreno e La Nazione*), a partire dalla censura dei comunicati ambientalisti sgraditi, per giungere ai toni dei commenti redazionali a all'ampio spazio dedicato, invece, agli oppositori della discarica, mostra, al di là di ogni ragionevole dubbio, il suo totale asservimento agli interessi degli imprenditori del marmo più retrivi. Perfino i parroci dei paesi montani, esperti in questioni di ben altra natura, cadono nella strumentalizzazione e, preoccupati dei rischi sanitari, si pronunciano collegialmente contro la discarica.

Questo è a tutt'oggi il livello del confronto culturale e sociale: il Comune ribadisce l'intenzione di realizzare la discarica, ma attua ripetuti rinvii per attenuare la protesta del comitato, il movimento ambientalista è ancora diviso e i fiumi continuano a ricevere crescenti quantitativi di marmettola.

Vi sono tuttavia segnali che l'arroccamento sul "diritto ad inquinare", fino ad oggi prevalente tra gli imprenditori lapidei, sia prossimo a cadere. Le prime condanne degli inquinatori, in particolare, assieme al fermo dei telai rumorosi, sembrano aver inciso profondamente nell'atteggiamento degli imprenditori che appaiono oggi più disposti ad accettare i costi dello smaltimento. La stessa Associazione Industriali, sentendosi messa alle strette, sta trattando l'acquisizione di una cava pedecollinare (cava Viti, in comune di Montignoso) per realizzarvi una discarica di marmettola, partecipando così al godimento degli utili e dei finanziamenti pubblici; viene così allo scoperto la strumentalità della sua opposizione alla discarica di Bedizzano che, probabilmente, nasconde l'interesse dei grandi proprietari di cave (predominanti nell'Associazione) di continuare ad usare il sito di Bedizzano come discarica abusiva per i loro scarti di escavazione.

La deliberazione 3963/90 della Giunta Regionale Toscana, inoltre, identificando i residui delle lavorazioni lapidee come materie prime secondarie, favorisce il riutilizzo della marmettola per il quale vengono presentati diversi progetti.

L'intensificarsi del dibattito, la combattiva reazione della popolazione all'inquinamento delle sorgenti dagli idrocarburi sversati nelle cave, l'accresciuta conflittualità sociale per l'inquinamento acustico prodotto dalle segherie, i primi programmi di delocalizzazione delle aziende dai centri abitati, la maturazione di progetti ambientalisti di rinaturalizzazione dei corsi d'acqua e delle loro sponde (oggi occupate dalle segherie), sono altri segnali dell'avanzare di una presa di coscienza collettiva dell'urgenza di una razionalizzazione dell'intero comparto lapideo, necessaria non solo per motivi di rispetto ambientale, ma anche per le stesse esigenze produttive.

C'è da augurarsi che nell'imprenditoria locale prevalga la ragionevolezza, senza che si renda necessario passare attraverso la chiusura delle aziende recalcitranti.

## 2.4 PROSPETTIVE DI RIUTILIZZO DEGLI SCARTI

A partire dagli anni '70 venne evidenziata in maniera sempre più pressante la necessità di interrompere lo scarico indiscriminato della marmettola nei corsi d'acqua. La soluzione allora prospettata fu il conferimento in discarica; attorno al 1980 iniziò concretamente lo studio per individuare siti idonei e, dopo numerose peripezie, furono scelti quelli di Bedizzano e di Montignoso, entrambi di realizzazione forse imminente. Nel frattempo, nel corso degli anni '80, si moltiplicarono le proposte sul riutilizzo, la cui filosofia raccoglieva crescenti adesioni, apparendo sempre più lo strumento in grado di rappresentare la soluzione definitiva del problema.

Considerata, infatti, l'ingente crescita dei quantitativi di marmettola prodotti, oggi attorno alle 1.300.000 t annue (circa 800.000 m<sup>3</sup>), la discarica di Bedizzano (capacità circa 1.000.000 m<sup>3</sup>) avrebbe una durata di poco più di un anno (anziché di tre anni come calcolato all'epoca del progetto) e quella di Montignoso (capacità 1.300.000 m<sup>3</sup>) di un anno e mezzo. Anche attrezzando entrambi i siti, dunque, lo smaltimento in discarica rappresenterebbe una soluzione provvisoria, stimabile in meno di tre anni. Occorre considerare, però, la miriade di imponenti depositi "provvisori" di fanghi che, accumulatisi negli anni, incombono sulle segherie distanti dai corsi

d'acqua, rischiando di soffocarne l'attività; la rimozione di tali cumuli accorcerebbe ulteriormente e grandemente la durata delle discariche.

Il continuo aumento dei fanghi prodotti (conseguente al crescente numero di telai e alla maggior velocità di taglio), le difficoltà di reperimento di siti di discarica e gli estenuanti tempi di realizzazione rendono quindi non solo auspicabile, ma quasi obbligata la ricerca di soluzioni di riutilizzo della marmettola.

Nell'ottica di trovare un sito "inesauribile" di discarica è stata avanzata la proposta dello smaltimento in mare della marmettola, sotto forma di fango o di manufatti cementati. Lo sversamento al largo, in corrispondenza di fondali profondi e con l'avvertenza di immettere i fanghi circa 200 metri al di sotto della superficie per non interessare la zona fotica e non interferire sulla produttività biologica, determinerebbe verosimilmente un impatto molto contenuto. Tuttavia questa soluzione incontrerebbe probabilmente grosse difficoltà per gli elevati costi e per il recente consolidarsi a livello nazionale ed europeo dell'orientamento a vietare tale tipo di smaltimento, indipendentemente dalle sue conseguenze ambientali (TIOXIDE ITALIA, 1989).

E' stata anche avanzata, da parte imprenditoriale, la proposta di cementare la marmettola, ottenendone scogli artificiali; i maggiori costi del trattamento verrebbero recuperati con l'utilizzo turistico delle isole artificiali progettate. L'idea, pur non essendo da scartare in partenza, necessita di una valutazione di impatto ambientale per stimare sia l'interferenza delle isole con la dinamica del moto ondoso e con gli equilibri del litorale, sia le modifiche territoriali e

sociali indotte dal presumibile incremento di imbarcazioni e di porti turistici costieri.

Da parte di gruppi di subacquei viene la proposta di realizzare tetrapodi in marmettola cementata da disseminare sui fondali per fornire habitat agli animali marini e per impedire la pesca a strascico. La mancanza di un ritorno economico diretto appare l'handicap principale di questa ipotesi: i costi della cementazione e della posa a mare, da considerarsi "a fondo perduto", dovrebbero, infatti, essere sostenuti da diversi quanto improbabili partners pubblici.

Le ultime due proposte, comunque, si discostano già dall'ottica del puro smaltimento, per avvicinarsi a quella del riutilizzo. Un ampio ventaglio di possibilità di riutilizzo è stato esaminato nello studio effettuato dalla Cooperativa Ambiente di Massa per incarico della Regione Toscana e dell'Associazione Intercomunale Versilia (REGIONE TOSCANA, 1988). In linea generale, vengono intraviste numerose potenzialità di riutilizzo per i fanghi di segazione del marmo; per i fanghi di granito e misti (marmo e granito), invece, il riutilizzo si presenta più problematico e si continua a pensare alla messa in discarica.

La difficoltà centrale del riutilizzo industriale dei fanghi di marmo non sta tanto nella loro composizione chimica (che consentirebbe, invece, diverse applicazioni) quanto nella contraddizione tra il carattere "povero", in termini di valore di mercato, del carbonato di calcio e i costi delle operazioni necessarie a renderlo fruibile sul mercato stesso (essiccazione, macinazione, trasporto). In particolare, le possibilità di riutilizzo appaiono legate al reperimento di sbocchi di mercato entro un raggio territoriale limitato, per

**Tab. 10 - Ipotesi di raccolta differenziata dei fanghi**

| Fanghi                              | solo marmo bianco       | marmi bianchi e colorati                         | misti (marmo+granito)                                      | solo granito  |
|-------------------------------------|-------------------------|--|--|---|
| <b>Composizione principale</b>      | CaCO <sub>3</sub> 92,6% | CaCO <sub>3</sub> 89,5%<br>silice, silicati 3,7% | CaCO <sub>3</sub> 11,3%<br>silice, silicati, carburi 67,5% | silice, silicati, carburi 68%<br>FeO + Fe <sub>3</sub> C 13,8%<br>sost. organica + H <sub>2</sub> O cristallizzazione 13% |
| <b>Umidità (con filtropressa)</b>   | circa 20%               | circa 20%  | circa 20%  | circa 20%   |
| <b>Umidità (senza filtropressa)</b> | + di 40,4%              | + di 37,1%                                       | + di 49,9%   | + di 49,4%  |

Fonte: Regione Toscana, 1988.

contenere l'incidenza dei costi di trasporto.

Lo studio, finalizzato all'individuazione di ipotesi non illusorie, meritevoli quindi di veri e propri studi di prefattibilità, individua alcuni criteri generali per il riutilizzo dei fanghi:

- 1- necessità della raccolta differenziata, per composizione e per tenore di umidità (tab. 10);
- 2- necessità di procedere a trasformazioni industriali, essenzialmente essiccazione e macinazione e/o separazione delle differenti componenti granulometriche;
- 3- necessità di una valutazione costi-benefici dal punto di vista sociale; in altri termini, tenuto conto di vantaggi sociali quali la difesa ambientale e l'incremento occupazionale, si prospetta l'esigenza di un sostegno finanziario pubblico volto a rendere positivo il bilancio economico delle aziende che si occupano di riutilizzo.

Quest'ultimo punto, pur essendo ispirato ad un concreto realismo, appare criticabile poichè, violando il principio «chi inquina paga» e premiando un settore imprenditoriale che si è mostrato estremamente restio a farsi carico dei problemi ambientali da esso prodotti, rischia di divenire un pericoloso precedente per altre aziende inquinanti.

I principali sbocchi potenziali individuati dallo studio (nel 1985-87) sono riassunti nella tab. 11; da essa si evincono le scarse prospettive di riutilizzo dei fanghi di segazione del granito che, se all'epoca dello studio rappresentavano meno della metà del quantitativo totale, oggi si aggirerebbero attorno al 70% dei fanghi prodotti.

Dall'aggiornamento dello studio al gennaio 1989 emergono una strategia a medio termine, che individua le possibilità immediate di riutilizzo della marmettola nei cementifici e nell'abbattimento dell'acidità dei reflui industriali, ed una strategia a lungo termine, mirata alla individuazione di un'ipotesi di impianto di trattamento della marmettola capace di ricavarne "materie prime secondarie" per una vasta gamma di processi industriali (REGIONE TOSCANA, 1991 a).

Lo "stato dell'arte" delle soluzioni di smaltimento della marmettola al marzo 1991 è riassunto nelle tab. 12 e 13 (REGIONE TOSCANA, 1991 b); per quanto riguarda i costi di conferimento in altre località va precisato che essi sono fortemente dipendenti da diversi fattori: accordi diretti tra singola azienda e

singoli trasportatori (costi più bassi, ma maggiori difficoltà organizzative: sono i costi riportati nella tab. 12) oppure conferimento in un unico centro di stoccaggio locale (maggior razionalità, ma costi più elevati), possibilità o meno di organizzare i viaggi di ritorno a pieno carico, impegno a conferire determinati quantitativi ed entità della penalità in caso di inadempienza, ecc.; i costi reali potranno quindi discostarsi, anche sensibilmente, da quelli riportati nella tab. 12.

Il rapporto conclude con le seguenti osservazioni:

- già da oggi possono essere attivati riutilizzi di vario tipo per quantitativi significativi;
- soluzioni oggi non immediatamente attuabili (es. industria chimica) possono diventare nel futuro competitive;
- attualmente le aziende sopportano costi di smaltimento abusivo variabili da un costo nullo (aziende collocate presso corsi d'acqua) ad un massimo di 30.000 £/t;
- l'attivazione di almeno una discarica controllata è importante sia per garantire lo smaltimento di tipologie non recuperabili, sia per determinare una base minima di costo, sia per fornire una possibilità legale di smaltimento e mettere quindi allo scoperto chi continua a puntare sullo smaltimento abusivo;
- qualsiasi soluzione definitiva al problema fanghi richiede l'attivazione di una gestione informatica del "magazzino" dei fanghi, che interconnetta la produzione con i riutilizzi;
- appare essenziale nel futuro attivare un "sistema integrato" (gestito da una società a partecipazione mista pubblica/privata) che garantisca una gestione unitaria del conferimento, riutilizzo e smaltimento; ciò consentirebbe di praticare un unico costo di conferimento, indipendente dalla destinazione finale dei fanghi, favorendo quindi una corretta destinazione per ogni tipologia.

A seguito dell'intensificarsi della pressione sociale, amministrativa e legale esercitata sulle segherie e sui laboratori nel corso degli anni '80 (vedi tab. 7 e pag. 22), tra gli imprenditori si è fatta strada la consapevolezza che lo scarico incontrollato nell'ambiente dei residui di lavorazione non sarebbe stato possibile ancora a lungo e che occorreva adoperarsi per soluzioni concrete, se si voleva evitare la paralisi produttiva o, comunque, rigidi vincoli allo sviluppo.

Tab. 11 - Vincoli tecnici per il riutilizzo dei fanghi di lavorazione dei lapidei (situazione al 1985-87)

| CAMPO D'IMPIEGO                                      | TIPO DI FANGO  | COMPOSIZIONE   | UMIDITA'  | GRANULOMETRIA   | NOTE   |
|--|--|--|---|---|--|
| <b>AGRICOLTURA (deacidificazione terreni)</b>        | marmi bianchi e colorati   | adeguata   | adeguata  | adeguata  | Conferibile allo stato fangoso; i costi di trasporto limitano l'area di utilizzo   |
| <b>PRODUZIONE CEMENTO</b>                            | marmi bianchi e colorati   | adeguata (se Mg < 2,5%)  | 35% per processo umido; < 7% per processo secco   | residuo del 5% su setaccio da 4900 maglie/cm <sup>2</sup> | Conferibile allo stato fangoso o essiccato (a seconda del processo utilizzato); necessità di cementifici a distanze non elevate  |
| <b>RIPIANI DI CUCINE (con resine poliestere)</b>     | marmi bianchi e colorati   | adeguata   | < 1%  | attorno al 20% tra 0,6 e 0,35 μ                           | Da conferire parzialmente essiccata (umidità 15%); possibilità fondate per fanghi filtropressati, ma assorbimenti limitati   |
| <b>CARICHE PER PRODUZIONE CARTA</b>                  | marmi bianchi  | CaCO <sub>3</sub> > 95%<br>Assenza di impurezze alteranti colore e brillantezza della patinatura   | prodotto "slurry" 30%;<br>prodotto secco circa 1% | 50-90% (a seconda del prodotto finale) < 2 μ              | Utilizzo in atto (allo stato fangoso); allo stato essiccato e macinato (per prodotto secco) necessita verifica esistenza produzione carta grezza che tolleri le impurità |
| <b>CARICHE PER IDROPITTURE E VERNICI</b>             | marmi bianchi (e colorati)   | CaCO <sub>3</sub> > 90%<br>Assenza di impurezze alteranti colore e brillantezza della patinatura   | prodotto secco 1%                                 | < 60 l e 50% < 2 μ  | Conferibile allo stato fangoso; l'impiego appare problematico  |
| <b>CARICHE PER PLASTICHE (polipropilene)</b>         | marmi bianchi  | CaCO <sub>3</sub> > 90%<br>Fe < 0,02-0,04% per le produzioni più estetiche   | < 1% circa  | < 2 l per il 50-90% del secco del prodotto finale)        | Da conferire allo stato essiccato e macinato; necessita di sperimentazione per verificare la tolleranza delle impurità   |
| <b>CARICHE PER PLASTICHE (PVC)</b>                   | marmi bianchi e colorati   | CaCO <sub>3</sub> > 90%  | < 1% circa  | < 40 l e 20-90% (a seconda del prodotto finale) < 2 μ     | Da conferire allo stato essiccato e macinato; necessita di sperimentazione per verificare la tolleranza delle impurità   |
| <b>PRODUZIONE SODA</b>                               | marmi bianchi  | CaCO <sub>3</sub> > 90%<br>MgCO <sub>3</sub> = 0-6%<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0-3% | < 1% circa  | compattazione e pezzatura del diametro (10-15 cm)         | Economicamente non competitivo per necessità di compattazione in bricchette  |
| <b>SETTORE METALLURGICO (fondente per altoforno)</b> | marmi bianchi e colorati + eventuale ferro di recupero segagione graniti | adeguata   | < 1% circa  | compattazione e pezzatura del diametro (6-30 mm)          | Economicamente non competitivo per necessità di compattazione in pellets   |
| <b>ABBATTIMENTO REFLUI ACIDI (Tioxide)</b>           | marmi bianchi  | CaCO <sub>3</sub> > 95%  |   | < 100 μ   | Conferibile anche allo stato umido (25% di acqua); impiego improbabile a Scarlino per il basso costo del calcare attualmente utilizzato                                  |
| <b>DESOLFORAZIONE FUMI CENTRALI A CARBONE</b>        | marmi bianchi e colorati   | CaCO <sub>3</sub> 90-95%   | adeguata  | adeguata  | Si sono aperte possibilità concrete dopo l'emanazione della normativa del luglio 1986  |
| <b>TETRAPODI</b>                                     | mista (mar-mo+granito)   | adeguata   | < 15%   | 10%: <50 μ<br>30%: 50-250 μ<br>50%: 250-500 μ             |  |
| <b>CORDOLI E PAVIMENTAZIONI</b>                      | granito  | adeguata   | < 15%   | 2%: < 100 μ<br>30%: 100-300 μ<br>58%: 300-500 μ           |  |

Tab.12- Aggiornamento al 1991 delle ipotesi di riutilizzo diretto

|  | <b>TIOXIDE<br/>(Scarlino)</b>  | <b>SACCI<br/>(Greve in Chianti)</b>  | <b>ENICHEM<br/>(Ravenna)</b>  |
|--|--|--|---|
| <b>Tipologia riutilizzo</b>              | neutralizzazione fanghi acidi  | produzione cemento (a secco)   | produzione cemento (a umido)  |
| <b>Fanghi utilizzabili</b>               | di solo marmo bianco(o selezione di marmi colorati)  | di marmo bianco e colorato, con quota di residui solidi  | 90% marmo bianco e colorato<br>10% di granito   |
| <b>Quantitativi annui assorbibili</b>    | almeno 50.000 t<br>con prospettiva di aumento  | 200.000 t  | 200.000 t   |
| <b>Costi di conferimento praticabili</b> | circa 12.000 £/t<br>(costo di trasporto meno contributo Tioxide di 8.000 £/t)  | circa 19.000 £/t<br>(costo di trasporto)   | circa 12.000 £/t<br>(costo di trasporto meno contributo Enichem di 6.000 £/t)   |
| <b>Tempi di fattibilità</b>              | 2-3 mesi   | immediati  | immediati   |
| <b>Note</b>                              | <i>Recente accresciuto interessamento della Tioxide, conseguente all'incertezza futura dell'approvvigionamento dalle cave di calcare di Campiglia. Nel sett. '91 stipulati contratti con aziende di Seravezza (costo finale di conferimento 14.000 £/t).</i> | <i>La SACCI non offre alcun contributo ai conferitori, poichè deve accollarsi il costo di essiccamento (il processo a secco richiede umidità max del 7%). L'opportunità di un impianto di essiccazione dilata i tempi di fattibilità; il cocciame misto a marmettola in parti uguali è, invece, utilizzabile immediatamente.</i> | <i>Attuabile già dal 1988, ma non accolto dagli imprenditori (l'attuale scarico incontrollato è a costo zero). Nel caso di realizzazione di un centro di stoccaggio locale, il costo finale di conferimento salirebbe a circa 20.000 £/t.</i> |

Fonti: - REGIONE TOSCANA, 1991 b  
- altre fonti per i testi in corsivo (COOPERATIVA AMBIENTE di Massa per i costi).

Tab.13- Aggiornamento al 1991 dei progetti di impianti di trattamento ai fini del riutilizzo in altri comparti

|                                       | <b>MARMECO<br/>(soc. pubblica/privata)</b>  | <b>SCAVITER<br/>(soc. privata)</b>   | <b>RIMAP<br/>(soc. privata)</b>  |
|---------------------------------------|---|--|--|
| <b>Tipologia impianto</b>             | disidratazione/essiccazione fanghi  | essiccazione, miscelazione e attivazione con bentonite                                 | miscelaz./addittivaz. chimica per produzione calcestruzzi  |
| <b>Fanghi trattabili</b>              | marmo + granito   | marmo + granito  | granito o<br>marmo + granito   |
| <b>Utilizzo finale</b>                | cementifici, edilizia, ecc.   | impermeabilizzaz. discariche   | tutti gli usi del calcestruzzo   |
| <b>Quantitativi annui assorbibili</b> | 1.500.000 t   | 1.300.000  | 800.000 t  |
| <b>Investimenti privati</b>           | 30 miliardi   | 20 miliardi  | 1,5 miliardi   |
| <b>Area necessaria</b>                | 50.000 m <sup>2</sup>   | 50.000 m <sup>2</sup>  | 30.000 m <sup>2</sup>  |
| <b>Occupazione</b>                    | 50 addetti  | 35 addetti   | 15 addetti   |
| <b>Costi conferimento</b>             | 30.000 £/t  | 15.000 £/t   | 5.000 £/t  |
| <b>Note</b>                           | - perplessità sugli alti costi di investimento e di conferimento, stante il basso valore aggiunto dei prodotti finali;<br>- perplessità per la richiesta di monopolio del conferimento dei fanghi | - perplessità sugli alti costi di investimento, stante l'incertezza del mercato finale | - giudizio positivo, stanti i bassi costi d'investimento e conferimento e la potenzialità di assorbimento della totalità dei fanghi di granito |

Fonte: REGIONE TOSCANA, 1991 b

Sono così sorti recentemente alcuni consorzi di aziende lapidee (prevalentemente medio-grandi) finalizzati al recupero degli scarti di lavorazione. Proprio quest'anno l'amministrazione comunale di Carrara ha assegnato un'area all'Ecomineraria Apuana che intende affrontare il recupero del cocciame prodotto dalle segherie e dai laboratori (oltre 700.000 t/anno); la società, essendo costituita dagli stessi produttori dei residui, si pone l'obiettivo di giungere ad azzerare i costi del conferimento, tramite il ricavo della vendita di granulati.

Attualmente il cocciame recuperato, dopo una "frantumazione" molto grossolana (mediante passaggio di un cingolato), viene impiegato in riempimenti. Nello stabilimento di imminente realizzazione verrà effettuata, invece, una vera e propria frantumazione controllata con produzione di granulati (per circa l'80% di granito) di granulometrie ben definite.

I macinati grossi (poco più di 1 cm) troveranno impiego nei bitumi e nei riempimenti; quelli medi (alcuni mm) in intonaci per esterni; i macinati fini di granito (inferiori al mm), essendo equiparabili a sabbie di ottima qualità, troveranno sbocchi in numerosi campi di applicazione e, in particolare (assieme ai macinati medi), nella realizzazione di asfalti particolarmente durevoli. I macinati di marmo verranno assorbiti nella produzione del cemento. L'elevato valore aggiunto dei macinati fini di granito, determinato dalle ottime qualità meccaniche e dalla richiesta del mercato, consentirebbe in pochi anni l'azzeramento dei costi di conferimento del cocciame.

L'impianto, in via di realizzazione, dovrebbe iniziare l'attività tra poco più di un mese; sono già assicurate consistenti commesse per granulati grossolani. In futuro tale impianto potrebbe accettare anche i residui dei non soci, soddisfacendo le esigenze dell'intero comprensorio; uno sbocco significativo della produzione potrebbe essere assorbito da grossi lavori pubblici, specialmente di infrastrutture viarie.

L'utilizzo di materiali di recupero consente il duplice vantaggio ambientale di evitare sia il consumo di territorio derivante dalla messa in discarica degli scarti di lavorazione, sia quello legato all'apertura di nuove cave per l'approvvigionamento di inerti. Una situazione favorevole all'utilizzo di materiali sostitutivi, ottenuti dal recupero, si sta determinando oggi anche grazie alla politica della Regione Toscana e alla crescente oppo-

sizione sociale alle cave di roccia o di inerti fluviali; già oggi in Toscana molti lavori pubblici restano fermi per mesi proprio per la mancanza di inerti.

Anche per il riutilizzo della marmettola le soluzioni appaiono molto più vicine che nel passato; oltre all'evidente interesse dei riutilizzi in campi più "scontati" (es. cementifici, calcestruzzi), meritano una particolare citazione alcune iniziative più innovative.

E' di imminente costituzione una società (che dispone già dell'area necessaria, del brevetto industriale e dei partners industriali) per la realizzazione di un impianto sperimentale di produzione di manufatti compressi per l'edilizia industriale e l'arredo urbano. La marmettola di marmo, di granito o mista (in varie proporzioni), miscelata con impasto cementizio, leganti e coloranti e pressata in stampi, verrebbe utilizzata per produrre una vasta gamma di manufatti di aspetto gradevole e, a detta dei proponenti, di ottima resistenza. La gamma dei prodotti, ulteriormente ampliabile con l'aggiunta di macinati medi o fini di granito e/o di marmo, comprende pannelli e mattoni con faccia a vista, tegole di elevata impemeabilità e durata, pavimentazioni industriali e urbane, oggetti di arredo urbano. Per il materiale finale è stato coniato il nome "Martone" per richiamare la materia prima (marmettola) e il mattone, inteso come simbolo dei materiali da costruzione (CO.RE.S. MARMI, 1989). Il maggior costo dei manufatti rispetto ai materiali tradizionali da costruzione sarebbe compensato dalle migliori proprietà idro e termoisolanti e dal fatto che tali manufatti non necessitano di rivestimento con intonaco.

Considerato che l'edilizia civile è molto legata ai materiali tradizionali, il mercato più promettente per i nuovi materiali sembra quello dell'edilizia industriale e dell'arredo urbano. In pratica, quindi, il termine sperimentale, riferito all'impianto, non designa tanto la ricerca di nuove tecnologie produttive, ormai già associata, quanto l'individuazione di tipologie di oggetti che più facilmente possano trovare sbocchi sul mercato.

Una seconda iniziativa di notevole interesse è quella della società Scaviter che ha avanzato la richiesta dell'area necessaria: il procedimento brevettato produrrebbe il "Geoimp", un materiale per la costruzione di sottofondi impermeabilizzanti di discariche, a partire dal 70-80% di fanghi di graniti, dal 14-16% di fanghi di marmi e da bentonite sodica (SCAVITER, 1990).

Tab.14

Confronto tra la capacità di rimuovere metalli pesanti dalle soluzioni delle miscele sabbia-bentonite e marmettola-bentonite

| METALLO         | MISCELA SABBIA-BENTONITE                      |        |             | MISCELA MARMETTOLA-BENTONITE                  |         |               |
|-----------------|---|--------|-------------|---|---------|---------------|
|                 | Concentrazione (mg/l) in ingresso e in uscita |        |             | Concentrazione (mg/l) in ingresso e in uscita |         |               |
|                 | ingresso                                      | uscita | rimozione % | ingresso                                      | uscita  | rimozione %   |
| <b>Piombo</b>   | 1,0   | 0,8    | <b>80</b>   | 3,0   | 0,01    | <b>99,667</b> |
| <b>Rame</b>     | 0,2   | 0,2    | <b>0</b>    | 1,50  | 0,01    | <b>99,333</b> |
| <b>Zinco</b>    | 6,8   | 4,4    | <b>35,3</b> | 1,50  | 0,01    | <b>99,333</b> |
| <b>Cromo</b>    | 0,2   | 0,2    | <b>0</b>    | 4,0   | 0,0008  | <b>99,980</b> |
| <b>Cadmio</b>   | 0,1   | 0,1    | <b>0</b>    | 1,35  | 0,00015 | <b>99,989</b> |
| <b>Mercurio</b> | -   | -      | -           | 5,6   | 0,0069  | <b>99,877</b> |
| <b>Nickel</b>   | 1,6   | 1,6    | <b>0</b>    | -   | -       | -             |

Fonte: CELSI S., 1989.

L'interesse del prodotto non sta tanto nel suo utilizzo come semplice sostituto dei materiali impermeabilizzanti attualmente impiegati nelle discariche di rifiuti solidi urbani o tossici e nocivi (argilla o miscela sabbia-bentonite), quanto nelle sue elevate proprietà disinquinanti del percolato. La tab. 14 mostra l'assoluta superiorità di una miscela marmettola-bentonite, rispetto alla tradizionale miscela sabbia-bentonite, nel trattenere i metalli pesanti (CELSI, 1989).

Se a ciò si aggiunge l'elevato potere assorbente nei confronti dei fosfati e dei tensioattivi e l'impermeabilità oltre 10 volte superiore a quella richiesta per legge (coefficiente K di permeabilità del Geoimp =  $8,45 \cdot 10^{-8}$  cm/s, contro il K di legge =  $10^{-6}$  cm/s) l'utilizzo del Geoimp fornirebbe indubbi vantaggi di protezione delle falde nel caso, non infrequente, di lacerazione delle geomembrane poste al fondo delle discariche.

Per consentire tale utilizzo, la marmettola deve essere filtropressata (umidità circa 20%), stoccata in strati non superiori a 1,5 m periodicamente rimossi con pala meccanica per migliorarne la palabilità e favorire la carbonatazione della calce che, altrimenti, precipiterebbe la montmorillonite pregiudicando il rigonfiamento e l'azione impermeabilizzante. La miscelazione della marmettola e della bentonite verrebbe effettuata direttamente in discarica con una fresa ad alto numero di giri; un primo strato di Geoimp verrebbe rullato mentre lo strato superiore verrebbe irrorato con acqua a pioggia per saturare la miscela (CELSI, 1989).

Il progetto della soc. Scaviter sarebbe in grado di trattare l'intero quantitativo di fanghi prodotto nel

comprensorio (1.300.000 t/anno), coprendo il 22-24% della domanda nazionale di materiali per sottofondi di discariche; il prezzo sarebbe remunerativo per aree di mercato distanti fino a 300-350 km dallo stabilimento.

Una miscela in parti uguali di Geoimp e di granulati può essere usata per rimuovere il cromo esavalente dalle scorie delle acciaierie, trasformandole in un inerte adatto per la produzione di calcestruzzi per costruzione. Aumentando la percentuale di marmettola di marmo si possono realizzare filtri per depurare gli scarichi di lavanderie e di concerie.

Mentre i progetti "Martone" e "Geoimp" hanno riscosso apprezzamenti favorevoli da parte degli ambientalisti, al progetto della MARM.ECO di realizzazione di un grande cementificio, capace di assorbire l'intera produzione di marmettola, sono state rivolte da varie parti critiche, riguardanti principalmente:

- l'inquinamento atmosferico derivante dal grande forno progettato per l'essiccazione della marmettola e dal previsto utilizzo di combustibile contenente materie plastiche di recupero (RDF);
- la pretesa della società proponente di avere il monopolio, per una decina d'anni, di tutta la marmettola prodotta ostacolerebbe la ricerca di altre soluzioni di riutilizzo, potenzialmente più convenienti dal punto di vista economico e/o ambientale.

Un altro sbocco potenziale per l'intera produzione di marmettola (del solo marmo bianco) è individuabile nella desolfurazione dei fumi delle centrali termoelettriche. L'ENEL ha in programma un progetto di desolfurazione a secco che utilizza il carbonato di calcio (sostituibile con marmettola) per trattenere

l'anidride solforosa; il gesso risultante (solfato di calcio) verrebbe impiegato nell'edilizia.

Il decreto del Ministero dell'Industria del 31.1.1991 per la desolforazione delle centrali termoelettriche a carbone prevedeva espressamente che il carbonato di calcio dovesse essere reperito preferenzialmente nella provincia di Massa Carrara; sebbene il decreto non sia stato ratificato e, nel frattempo, sia cambiato il ministro, è da ritenere probabile una sua riproposizione. Da parte dell'ENEL, comunque, è già stata effettuata la sperimentazione ed è già stato sottoscritto un accordo per l'utilizzo della marmettola apuana.

E' stata sperimentata anche la pavimentazione stradale con marmettola addizionata di modeste quantità di cemento (meno del 10%); la miscola, preparata in betoniera, è stata messa in opera con le normali tecniche per stendere il conglomerato bituminoso; la strada è stata aperta al traffico trenta minuti dopo averne rullato il manto superficiale (GARRUTO, 1989). La mancata realizzazione di nuovi tratti e la comparsa di alcuni cedimenti del manto stradale inducono a ritenere insoddisfacente, almeno per il momento, tale forma di riutilizzo.

Strati di circa un metro di marmettola bianca sono, invece, stati utilizzati per il riempimento di ampi scavi rettangolari al fine di realizzare il sottofondo dei piazzali (successivamente asfaltati) di depositi lapidei. La diffusione di tale impiego ha dimostrato la capacità della marmettola di sopportare senza

deformazioni carichi molto elevati.

Anche per i detriti di cava -previamente macinati o polverizzati- possono essere, naturalmente, individuate tutte le possibilità di riutilizzo dei granulati e della marmettola di marmo bianco.

Un passo importante sulla strada del riutilizzo è rappresentato dalla deliberazione n. 3963 del 7/5/90 della Regione Toscana "Identificazione dei residui delle lavorazioni lapidee come materia prima secondaria in cementificio, nell'industria dell'edilizia ed in altri cicli produttivi (art. 3 L.R. n. 60/88)": le «materie prime secondarie» individuate (da mantenere separate durante lo stoccaggio e il trasporto) e i rispettivi campi di utilizzo sono riportati nella tab. 15.

E' evidente che alcuni interessanti campi di applicazione (ad es. sottofondi impermeabilizzanti per discariche) non sono stati inseriti nella delibera regionale; appare invece essenziale, affinché essa non finisca per divenire un vincolo al riutilizzo, un suo tempestivo aggiornamento man mano che vengono individuati nuovi campi di applicazione.

Per concludere, le possibilità del riutilizzo degli scarti di lavorazione dei lapidei sono oggi ben più numerose e concrete di quanto fosse immaginabile anche solo pochi anni fa. Alcune soluzioni sono già immediatamente realizzabili o lo sono addirittura da alcuni anni (es. conferimento al cementificio ENICHEM di Ravenna), ad un costo inferiore a quello previsto per il futuro conferimento in discarica (che è di circa 18.000-20.000 £/t, trasporto compreso),

**Tab. 15**

**Scarti di lavorazione dei lapidei individuati come «materie prime secondarie» dalla Regione Toscana e campi di utilizzo**

| MATERIA PRIMA SECONDARIA  | CAMPO DI UTILIZZO  |
|---|--|
| - Cocciami e fanghi di soli marmi bianchi   | - cementificio<br>- cariche nell'industria della carta, delle materie plastiche, della soda, delle idropitture<br>- industria ceramica<br>- abbattimento reflui acidi (fumi e soluzioni)<br>- correzione acidità dei terreni |
| - Cocciami e fanghi di soli marmi bianchi e colorati e del travertino                                   | - cementificio<br>- cariche per materie plastiche<br>- correzione acidità dei terreni  |
| - Cocciami e fanghi misti (marmo+granito)<br>- Cocciami e fanghi di granito, travertino o pietra serena | - produzione di miscele, conglomerati e prodotti per l'edilizia  |

Fonte: Deliberazione Regione Toscana n. 3963 del 7/5/1990

ma non sono state attuate per la tolleranza della magistratura che consentiva il più comodo scarico a costo zero; considerato che anche le recenti condanne si traducono in multe non rilevanti, risulta tuttora più conveniente per gli imprenditori proseguire nella pratica dello scarico incontrollato.

E' da temere quindi che il castello di "buone intenzioni" e di seri progetti di riutilizzo costruito negli ultimi anni rischi di crollare nel caso che un mancato deciso rafforzamento della pressione sociale e, soprattutto, amministrativa e legale facesse intravedere agli imprenditori la possibilità di proseguire ancora per anni lo smaltimento indiscriminato nell'ambiente dei loro residui.

In quest'ottica il pronto allestimento delle discariche di marmettola, lungi dal risultare in contraddizione con la filosofia del riutilizzo, ne rappresenterebbe lo stimolo più efficace, inducendo finalmente la magistratura a compiere il proprio dovere e gli imprenditori a realizzare rapidamente i progetti di riutilizzo (più convenienti).

Probabilmente la miglior scelta sta nel puntare sull'adozione di diverse tecnologie; ciò renderebbe il riutilizzo più flessibile e meno vulnerabile dalle oscillazioni del mercato, stimolerebbe la ricerca di nuove soluzioni e, consentendo sbocchi differenziati di mercato, ridurrebbe il raggio territoriale necessario a ciascun prodotto e i relativi costi di trasporto.

### **3 INQUINAMENTO ACUSTICO DA SEGHERIE E LABORATORI**

Le segherie e i laboratori rientrano, per la rumorosità, fra le lavorazioni insalubri di 1<sup>a</sup> classe (D.M. 2.3.87), da ubicare pertanto a distanza dai centri abitati. L'irresponsabile latitanza delle Amministrazioni Locali, sicuramente non priva di dirette complicità, e la pioggia di condoni edilizi hanno favorito per decenni una disordinata crescita urbanistica: aziende lapidee si sono insediate in centri abitati, abitazioni sono sorte accanto alle aziende. Anche il P.R.G. per la zona industriale marmifera, consentendo, con inopportune deroghe alle leggi urbanistiche, l'edificazione al confine della proprietà (senza rispettare le distanze regolamentari tra gli edifici), ha favorito una compenetrazione ancora più stretta tra aziende e abitazioni (spesso a diretto contatto fisico) e acuito la

conflittualità sociale.

A partire dai primi anni '80 si sono intensificate le proteste degli abitanti per la molestia derivante da rumore e vibrazioni, particolarmente mal tollerati nelle ore notturne. In una prima fase la protesta si estrinsecò in contenziosi legali individuali tra residenti e aziende; successivamente vennero coinvolti sempre più gli enti locali e i cittadini si organizzarono in un comitato contro l'inquinamento acustico.

In linea generale, fino all'emanazione del DPCM 1.3.1991, la procedura adottata dagli enti locali può essere così riassunta (ANDREANI, 1991; DELLA PINA, 1991): a seguito di esposto dei cittadini, il comune richiede all'USL misurazioni dei livelli di pressione sonora all'esterno del perimetro aziendale; in caso di superamento dei limiti indicati nel regolamento di polizia urbana, che ha recepito la Circ. Min. San. 162/71 [60 dB(B) di giorno, 45 dB(A) di notte], il sindaco ordina alla ditta la presentazione di un progetto esecutivo per il contenimento dei rumori; in caso di non ottemperanza, una nuova ordinanza regolamenta l'orario di lavoro (sospingendolo nelle ore notturne) fino alla presentazione del progetto di insonorizzazione; l'idoneità di questo viene sottoposta al parere dell'USL che, dopo la comunicazione di fine lavori, verifica anche l'efficacia degli interventi effettuati.

Dagli accertamenti dell'USL emerge che la grande maggioranza delle aziende supera i limiti di rumorosità diurni e, ancor di più, quelli notturni, della circolare ministeriale. I macchinari più rumorosi risultano, in generale, monolame, dischitagliablocchi, telai, fiammatrici, frese.

Nei fatti, la procedura amministrativa messa in atto dai comuni, che pur appare ispirata da buonsenso e realismo, si interrompe spesso, per diversi motivi, in una delle sue tappe senz'altro raggiungimento dell'abbattimento del rumore.

Nel biennio '89-'90 viene emanato dai sindaci di Carrara e di Massa un centinaio di ordinanze di presentazione del progetto di insonorizzazione; a fronte dei 25 progetti presentati, vengono emesse circa 50 ordinanze di limitazione d'orario, in parte revocate a seguito della successiva presentazione del progetto; la quasi totalità dei progetti viene ritenuta insufficiente dall'USL, soprattutto per il contenimento del rumore notturno; segue la richiesta di nuovo

progetto e, in diverse aziende, la realizzazione di interventi parziali di insonorizzazione.

Perché la procedura amministrativa non venga lasciata cadere sono spesso necessari ripetuti solleciti da parte dei cittadini. In alcuni casi di mancato rispetto delle ordinanze di limitazione d'orario si deve ricorrere all'installazione di timer per l'interruzione del lavoro notturno.

Una parte di aziende impugna le ordinanze sindacali e muove ricorsi, ancora pendenti, al TAR. Un'altra parte ignora semplicemente le ordinanze e viene denunciata alla magistratura: la maggior parte delle denunce è ancora sospesa mentre in alcuni casi è stata espressa sentenza assolutoria, motivata dalla preesistenza dell'azienda rispetto alle abitazioni. In alcuni casi, denunciati dall'USL per la rumorosità all'interno dell'ambiente di lavoro, sono stati posti sotto sequestro temporaneo dei telai di segherie (una decina, per 2-3 mesi).

Nel complesso, una trentina di aziende, soprattutto segherie, effettua interventi di insonorizzazione, piuttosto consistenti in 4-5 aziende e molto parziali nelle altre. Le tipologie d'intervento comprendono principalmente: chiusura dei telai con tendoni plastici appesantiti fonoisolanti, doppi vetri con inserto plastico fonoisolante alle finestre, chiusura dei timpani dei capannoni, schermatura delle monolame.

I risultati concreti, in termini di effettiva riduzione della rumorosità, sono senz'altro modesti e non commisurati all'intensa attività amministrativa svolta dai comuni e dall'USL; tuttavia le ricadute complessive, in termini più generali di sensibilizzazione delle aziende alle problematiche ambientali, non appaiono trascurabili. Al raggiungimento di tale risultato ha fornito un notevole contributo la scelta della commissione Nuovi Insediamenti Produttivi dell'USL di non concedere alcuna autorizzazione a nuovi insediamenti (compresi gli ampliamenti e le modifiche di quelli esistenti) finché l'azienda non rispondesse a tutte le prescrizioni di legge di carattere ambientale.

L'iniziativa pubblica sul rumore, unita a quella sugli scarichi idrici, sulle emissioni atmosferiche e sui rifiuti solidi, esercitando una continua pressione sulle aziende e realizzando una sorta di "accerchiamento" sui temi ambientali, ha svolto un'efficace azione di convincimento; a differenza del passato, molti imprenditori hanno compreso che il rispetto delle leggi am-

bientali diviene sempre più vincolante per la stessa prosecuzione e sviluppo della loro attività produttiva.

L'uscita del DPCM 1.3.1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" ha, nell'immediato, determinato una situazione di stallo. La procedura amministrativa sopra descritta è stata, infatti, interamente sospesa in attesa che scada il termine di 6 mesi concesso dal DPCM alle aziende per mettersi in regola o presentare in Regione un piano di risanamento acustico (attuabile in 30 mesi o, in caso di delocalizzazione, in 5 anni) e che i comuni recepiscano il testo del DPCM nel regolamento di polizia urbana e definiscano la zonizzazione del territorio nelle 6 zone a diversa destinazione d'uso (per ciascuna delle quali il DPCM fissa limiti di rumorosità).

Le difficoltà di zonizzazione di un territorio con una così stretta commistione tra abitazioni e aziende rumorose, la mancata previsione di sanzioni per gli inadempienti ed altri limiti del DPCM (LOTTI, 1991) lasciano intuire che il problema della rumorosità non sarà di semplice soluzione. Solo il recepimento nei regolamenti comunali di polizia urbana dei limiti di rumorosità previsti dal DPCM consentirà ai sindaci di riacquisire potere d'intervento e capacità sanzionatoria in materia.

Il comune di Carrara, comunque, ha già individuato 46 aziende che, per la particolare collocazione nel territorio o, soprattutto, per l'accentuata vetustà degli impianti, ben difficilmente potranno essere ricondotte alla compatibilità con l'ambiente circostante; per esse è stata proposta la ricollocazione in aree industriali dismesse, il che, effettivamente, appare l'unica soluzione ragionevole, in grado di consentire, oltretutto, la razionalizzazione produttiva e la realizzazione di infrastrutture e servizi consortili per lo smaltimento dei residui di lavorazione.

L'indefinitezza dei tempi e dell'impegno finanziario fanno tuttavia presumere che il cammino della delocalizzazione sarà lungo e difficile. D'altronde già le previsioni del PRG di Massa del 1980, di delocalizzare entro 10 anni tutte le aziende situate nei centri abitati, sono rimaste totalmente lettera morta, confermando che gran parte dei problemi ambientali è la diretta conseguenza della mancata volontà o capacità di gestire razionalmente il territorio.

### 4.1 INQUINAMENTO DELLE SORGENTI DERIVANTE DALL'ESCAVAZIONE

La fig. 4 mostra gli affioramenti dei marmi bianchi, grigi e venati presenti nel settore nord apuano e l'ubicazione dei principali gruppi di cave, situate in gran parte poco a monte delle sorgenti. La fig. 5 ne schematizza la struttura idrogeologica: la formazione calcarea (cp), comprendente i marmi e le altre rocce calcareo-dolomitiche della successione mesozoica, costituisce un acquifero di notevole capacità il cui

deflusso è assicurato dalle numerose sorgenti carsiche allineate al piede del rilievo apuano (RAGGI, 1990), che riforniscono gli acquedotti cittadini.

L'elevata permeabilità della formazione, dovuta alle ampie fratture ed ai condotti carsici nei quali si infiltrano e circolano le acque, favorisce la copiosa alimentazione dell'acquifero e ne determina, al tempo stesso, la spiccata vulnerabilità, accentuata dall'assenza di una efficace filtrazione attraverso minute fratture nella roccia. Sul fondo delle vasche di decantazione

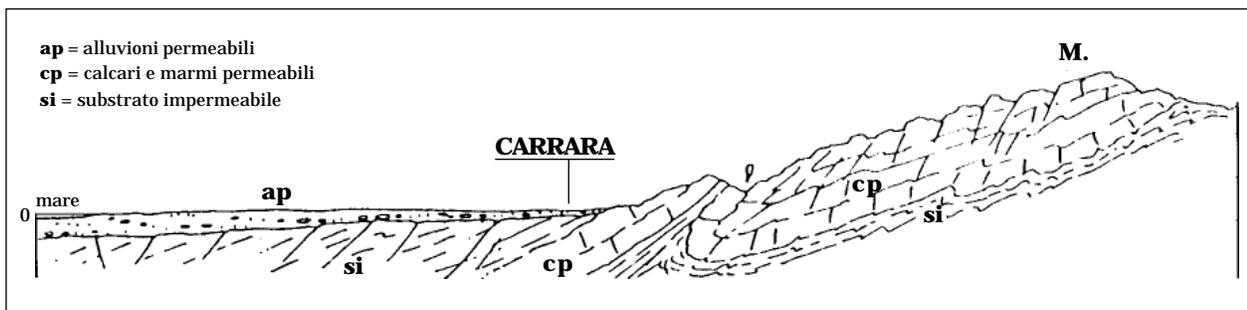
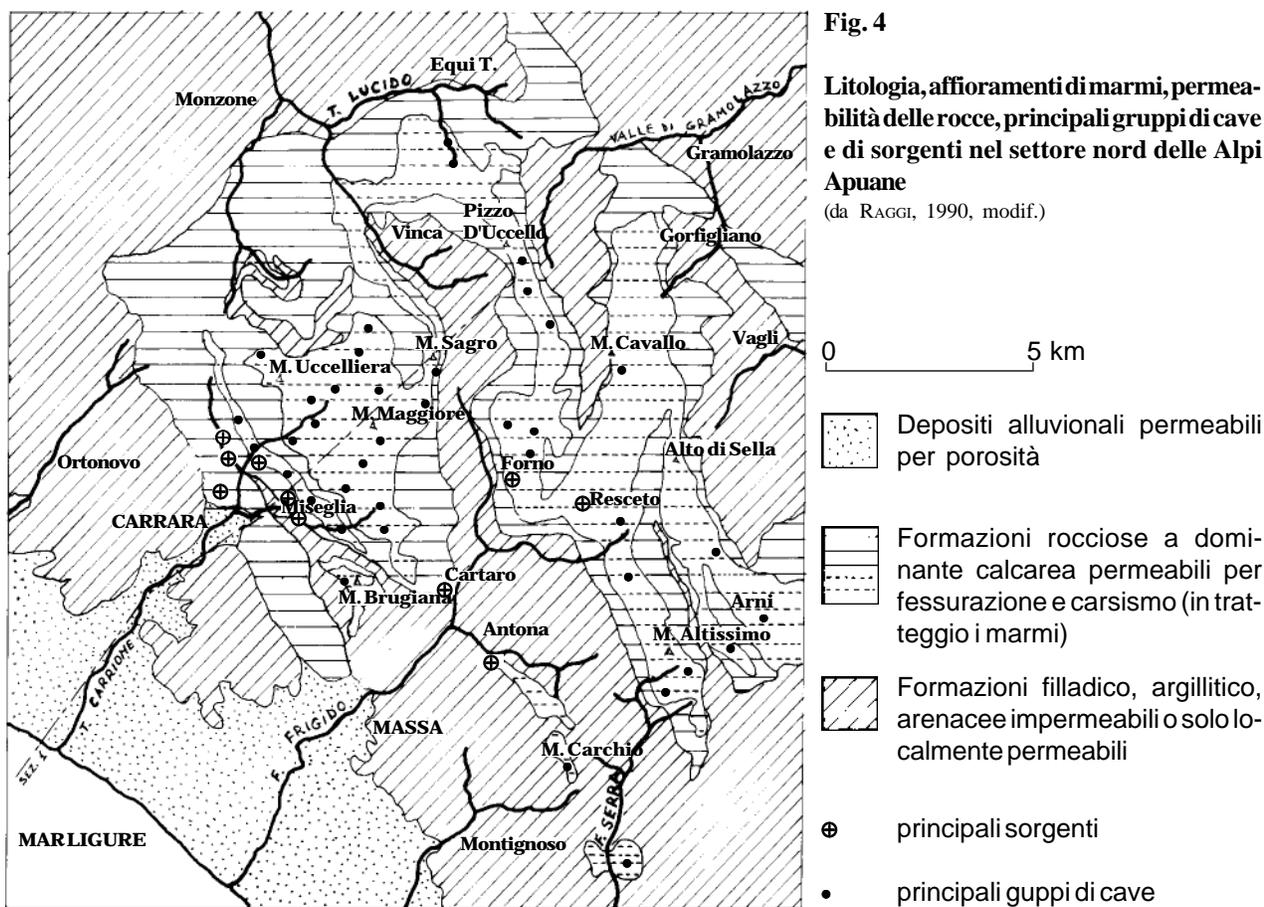


Fig. 5 - Sezione idrogeologica schematica del bacino apuano (da RAGGI, 1990)

delle sorgenti giace, infatti, uno strato del limo calcareo proveniente dalle cave sovrastanti (e, un tempo, della sabbia silicea usata per il taglio col filo elicoidale).

Tale prova della diretta connessione tra cave e sorgenti avrebbe dovuto indurre all'adozione di rigorose misure di protezione delle sorgenti, mirate soprattutto a prevenire ogni sversamento in cava. L'azione preventiva dell'USL e delle Amministrazioni locali non è stata, alla prova dei fatti, commisurata all'entità del rischio ambientale: nel maggio 1991, infatti, si è registrata la comparsa di idrocarburi (3-4 lg/l, ma avvertibili già dall'odore) nelle sorgenti del Cartaro, che alimenta l'acquedotto di Massa; nel giugno compaiono oli anche in numerose sorgenti di Carrara (fig. 6), ove si è dovuto rifornire la cittadina con autocisterne di acqua potabile.

La diffusione spaziale della contaminazione, che interessa numerose sorgenti ubicate in diverse valli e in entrambi i comuni, esclude l'ipotesi di uno sversamento accidentale o occasionale e fa pensare ad un fenomeno di più vasta portata; il fatto che un inquinamento di tale natura ed entità non si fosse mai verificato in passato induce a ricercarne le cause nelle modifiche dei metodi di escavazione intercorse negli ultimi anni.

Allo stato attuale delle conoscenze è possibile tentare una ricostruzione dei meccanismi causali, da sottoporre alla verifica delle indagini (ancora in pieno corso).

Fino al periodo dell'escavazione con esplosivi e col filo elicoidale e del trasporto animale o mediante la ferrovia marmifera i quantitativi di idrocarburi ed oli nelle cave erano minimi e l'inquinamento da escavazione si limitava ad un forte intorbidamento delle sorgenti da limo carbonatico, sabbia di segazione e terriccio smosso negli sbancamenti e nei ravaneti.

A partire dagli ultimi anni '50 i camion si affermano come unico mezzo di trasporto; negli ultimi anni '70 vengono introdotte le tagliatrici a filo diamantato e a catena, il cui uso si diffonde rapidamente negli anni '80; soprattutto, si assiste ad un massiccio incremento delle macchine da movimentazione (pale meccaniche cingolate e gommate e, negli ultimi anni, grandi escavatori utilizzati per il ribaltamento delle bancate). La tab. 16 riporta alcuni dati parziali relativi al parco macchinari presente nelle cave apuane.

In sintesi, l'impennata della produttività per addetto

**Tab. 16**

**Alcuni macchinari presenti nelle cave apuane**

|                                      | 1988*      | 1991**     |
|--------------------------------------|------------|------------|
| <b>Tagliatrici a catena</b>          | <b>59</b>  | <b>80</b>  |
| <b>Tagliatrici a filo diamantato</b> | <b>327</b> | <b>400</b> |
| <b>Gru Derrick</b>                   | <b>22</b>  |            |
| <b>Pale meccaniche + escavat.</b>    |            | <b>300</b> |

\*\* Fonte: I.M.M., Carrara

\*\* Fonte: L. Cipriani, Serv. Ig. Sicur. Luoghi Lavoro, USL 2 (dati stimati).

registratasi nelle cave nell'ultimo quindicennio (dalle 315 t/addetto del 1975 alle 1.091 del 1989: vedi fig. 7), a fronte di una riduzione del 40% dell'occupazione, è stata possibile proprio grazie al notevole aumento della meccanizzazione (CIPRIANI, PATRUCCO, 1991).

L'attuale livello di meccanizzazione differisce quindi sostanzialmente dal passato ed ha comportato negli ultimi 15 anni l'utilizzo al monte di ingenti quantitativi di oli e idrocarburi: ogni cava ha i suoi serbatoi di combustibile e i suoi bidoni di oli (e grassi) lubrificanti e idraulici, per lo più tenuti all'aperto e privi di alcun dispositivo precauzionale contro gli sversamenti accidentali.

Estese chiazze di terreno intriso di oli e carburanti sono disseminate nelle cave presso i bidoni, i serbatoi, le pale meccaniche (tab. 17); nei ravaneti sono ancora visibili, semisepolte dai detriti, fusti di oli esausti e ammassi di marmettola intrisa dei grassi lubrificanti delle tagliatrici a catena. Il dato più preoccupante, ricavato con sorpresa da diverse interviste, è tuttavia l'abitudine diffusa del puro e semplice smaltimento nel terreno di gran parte degli oli esausti, al momento del cambio dell'olio motore o per liberarsi dei fusti di oli usati.

Il DPR 691/82 che istituisce l'obbligo della consegna degli oli usati all'apposito Consorzio Obbligatorio è rimasto totalmente inapplicato. Solo nel 1988, a seguito dell'allarme lanciato dall'USL nel corso della conferenza di organizzazione del Servizio Multizonale di Prevenzione, il comune di Carrara, con una tempestiva ordinanza, prescrive alle cave il conferimento periodico degli oli usati in punti di raccolta appositamente istituiti. Il comune di Massa, invece, emette un'analogia ordinanza solo nel maggio 1991, dopo il rinvenimento di idrocarburi nella rete di distribuzione dell'acquedotto cittadino.

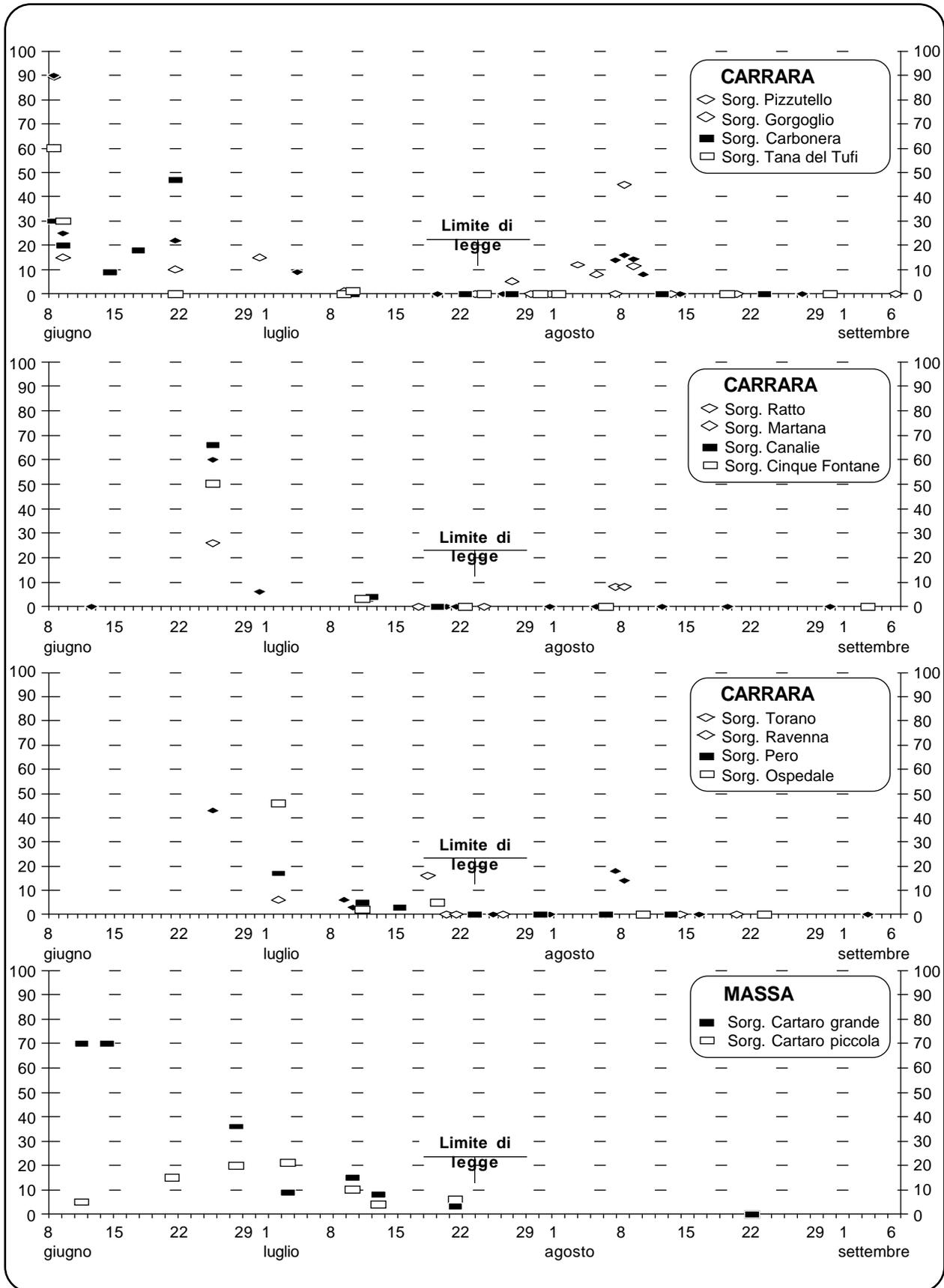


Fig. 6 - Andamento temporale degli oli (inµg/l) nelle principali sorgenti di Carrara e di Massa  
(Limite di legge = 10 µg/l)

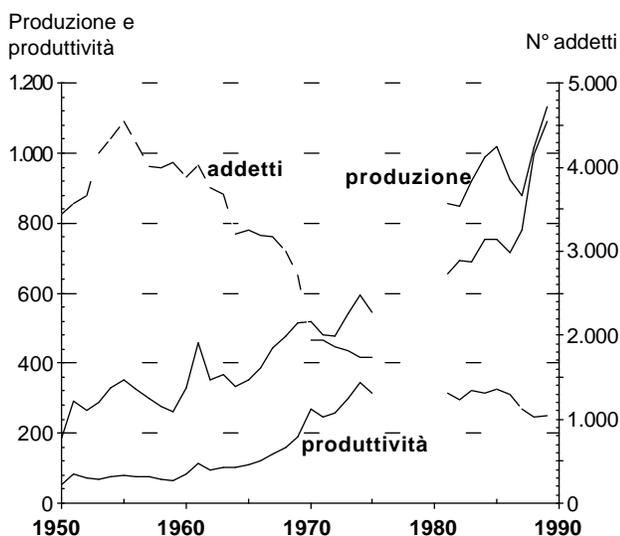
Fonte: Servizio Multizonale di Prevenzione, USL 2, Massa.

**Tab. 17 - SINTESI DEI PRIMI SOPRAL-  
LUOGHI DELL' USL ALLE CAVE**

| <b>CAVA<br/>N°</b> | <b>OLI</b>  | <b>CARBU-<br/>RANTI</b> | <b>MATERIALI<br/>ABBANDONATI</b>   |
|--------------------|---|-------------------------|--|
| 1                  | fusti oli esausti all'aperto e senza chiusura   | discreti sversati       | 1 compressore, copertoni, molti rottami  |
| 2                  | pozza di olio (3-4 litri) per gocciolamento da rubinetto bidone nuovo; fusti oli all'aperto | gocciolamento continuo  | molti rottami  |
| 3                  | abbondanti sversati; fusti oli all'aperto   | chiazze visibili        | filtri olio, molti rottami, 3 autoveicoli  |
| 4                  | fusti oli all'aperto  |                         | filtri olio  |
| 5                  | fusti oli all'aperto  |                         | 2 trasformatori, abbondanti rottami, batterie, 1 autoveicolo, mezzi meccanici sepolti da frana |
| 6                  | fusti oli al coperto  | chiazze visibili        | 1 trasformatore; macchinari e 1 serbatoio sepolti da frana                                     |
| 7                  | discreti sversati (da ruspa in riparazione); fusti oli all'aperto                           | modesti sversati        | 5 automezzi, molti rottami   |
| 8<br>(inattiva)    | fusti oli all'aperto  | abbondanti sversati     | bidoni vuoti   |
| 9                  | bidone colmo di filtri e fusti oli esausti all'aperto, senza chiusura                       | sversati non visibili   | 4 batterie, bidoni vuoti   |
| 10                 | abbandonato   | evidenti sversati       | copertoni, bruciatore di olio esausto  |
| 11<br>(inattiva)   |   |                         | bidoncini, rottami   |
| 12                 | sversati evidenti, fusti oli all'aperto   | modesti sversati        | 2 batterie, 2 pale cingolate, molti rottami  |
| 13                 | sversati minimi, fusti oli all'aperto   | modesti sversati        | bidoni vuoti   |

Fonte: Serv. Ig. Pubbl. Territ., USL 2, Massa Carrara, 1991.

(Dal numero 1 al 6: cave in comune di Massa; dal 7 al 13: cave in comune di Carrara).



**Fig. 7**  
**Addetti, produzione e produttività nelle cave apuane.**

I valori della produzione (in migliaia di t/anno) e della produttività (in t annue/addetto) sono da leggersi nella scala a sinistra; il numero di addetti va letto nella scala a destra.

Fonti: - fino al 1975: Reg. Tosc. (Progetto Marmi);  
- dal 1981: Reg. Tosc. (Serv. Attiv. Estrattive)

Dall'andamento del conferimento degli oli usati alla ditta incaricata della raccolta nel comune di Carrara (tab. 18) si traggono preoccupanti considerazioni:

- nel corso dell'intero triennio maggio 1988-maggio 1991 solo il 34% delle cave carraresi (46 su 135) hanno effettuato almeno una consegna di oli usati;
- i quantitativi di oli consegnati variano enormemente da una cava all'altra (da un minimo di 30 kg ad un massimo di 10.420 kg);
- il 66% delle cave non ha effettuato nessuna consegna; il 5% ha consegnato quantitativi irrisori e un altro 9% ha verosimilmente consegnato solo parte degli oli usati;
- ammettendo che le rimanenti consegne (superiori a

500kg nel triennio) corrispondano alla totalità degli oli consumati ed estrapolando il consumo medio risultante (2.111 kg/cava) a tutte le 135 cave attive di Carrara, ne risulta un consumo totale di 284.985 kg (94.995 kg/anno), di cui solo il 21,9% (62.410 kg nel triennio) riconsegnato e i restanti 222.575 kg (74.191 kg/anno) presumibilmente sversati nel terreno;

- estrapolando tali dati alle 165 cave di Carrara e di Massa, ne risulta un consumo totale di 116.105 kg annui di oli (di cui 90.641 presumibilmente sversati);
- da tali stime sono ovviamente escluse le perdite dei martinetti idraulici (spesso caricati con oli esausti) e di altri macchinari, come pure quelle legate alle approssimative operazioni manuali di rifornimento carburante, rabbocco e cambio olio, alle rotture dei circuiti oleodinamici e ad altri incidenti; interamente escluse sono pure le immissioni nel terreno di grassi lubrificanti dalle tagliatrici a catena.

Una verifica dell'affidabilità di tale stima può essere intrapresa ricavando per altra via i consumi di olio. Dalla tab. 19 si ricava che una pala meccanica medio-grande, utilizzata per 4 ore giornaliere e per 200 giorni annui, consuma 397 kg di olio all'anno. Ammettendo per le pale meccaniche piccole un consumo inferiore del 25%, il consumo annuo del parco-pale apuano risulta di 104.250 kg (tab. 20); aumentando tale dato del 10% per tener conto del consumo degli altri macchinari, si giunge a stimare il consumo totale di oli delle cave apuane in 114.675 kg all'anno.

Il confronto di tale stima con quella (116.105 kg/anno) ricavata in base ai quantitativi di olio riconsegnati è molto soddisfacente e depone per l'attendibilità delle stime effettuate, almeno per l'ordine di grandezza.

Una stima, sia pure molto grossolana, dei quantitativi di grassi lubrificanti riversati nel terreno può

**Tab. 18**  
**Carrara: quantitativi di oli usati riconsegnati da ciascuna cava nel triennio maggio 1988-maggio 1991**

| kg olio riconsegnati | 0 kg<br>(nessuna consegna) | da 1 a<br>250 kg | da 251 a<br>500 kg | da 501 a<br>1000 kg | da 1000 a<br>5000 kg | più di<br>5000 kg |
|----------------------|----------------------------|------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| N° cave              | 89                         | 7                | 12                 | 12                  | 12                   | 3                 |
| % delle cave         | 65,93                      | 5,18             | 8,89               | 8,89                | 8,89                 | 2,22              |

Fonte: Comune di Carrara, Ufficio Ambiente, 1991 (dati rielaborati).

Nota: la tabella va letta nel modo seguente: 89 cave, pari al 65,93% delle cave totali, non hanno riconsegnato nemmeno un kg di olio usato; 7 cave (5,18% del totale) hanno restituito, in una o più riconsegne, un quantitativo totale di olio compreso tra 1 e 250 kg; e così via ...

Tab. 19

Consumo medio di olio di una pala meccanica medio-grande (tipo Caterpillar 988)

| Olio                  | Frequenza del cambio<br>(ore di utilizzo) | Entità del cambio<br>(kg per cambio) | N° cambi annui<br>(x 800 h di utilizzo) | Consumo kg/anno<br>(x 800 h di utilizzo) |
|-----------------------|---|--------------------------------------|---|--|
| Motore                | 250                                       | 45                                   | 3,2                                     | 144                                      |
| Differenziale         | 2.000                                     | 204                                  | 0,4                                     | 82                                       |
| Converter (trasmiss.) | 1.000                                     | 66                                   | 0,8                                     | 53                                       |
| Circuito idraulico    | 2.000                                     | 295                                  | 0,4                                     | 118                                      |
| <b>Totale</b>         |   |                                      |   | <b>397</b>                               |

Fonte: L. Cipriani, Serv. Prev. Ig. Sicur. Luoghi Lavoro, USL 2, Massa Carrara, (stima 1991)

essere ricavata nel modo seguente: considerando prudenzialmente un consumo orario di 1 kg di grasso per ciascuna tagliatrice a catena e un utilizzo per 4 ore al giorno e per 200 giorni all'anno, risulta che le 80 tagliatrici (tab. 16) immettono ogni anno nei piazzali di cava o, assieme alla marmettola, nei ravaneti almeno 64.000 kg di grasso lubrificante.

Considerata l'entità di tale quantitativo, da solo superiore alla metà del consumo totale di oli, la prosecuzione della sua dispersione nel terreno è decisamente inaccettabile. Occorre quindi, in prospettiva, sostituire le tagliatrici esistenti con altre lubrificate ad acqua e, nell'immediato, operare il ricircolo delle acque contaminate, procedendo alla separazione e al corretto smaltimento dei grassi lubrificanti.

L'impressione ricavata da interviste a cavaatori è quella di una colossale sottovalutazione del problema: i quantitativi di oli sversati in cava sono ritenuti molto modesti e incapaci di spiegare l'inquinamento delle sorgenti, che viene attribuito ad un ipotetico sversamento accidentale di rilievo. Gli imprenditori dell'escavazione respingono ancor più decisamente ogni imputazione; illuminante del loro atteggiamento è la dichiarazione alla stampa del presidente dell'As-

sociazione Industriali «*insomma, se sono comparsi idrocarburi nelle sorgenti, penso li abbiano portati dal piano*» (Quotidiano IL TIRRENO, 26.7.91).

A dispetto di tali convinzioni, il quadro sopra fornito permette di escludere, almeno come causa principale, la responsabilità di sversamenti accidentali e di individuare, al di là di ogni ragionevole dubbio, la causa dell'inquinamento delle sorgenti negli oli sversati dalla generalità delle cave.

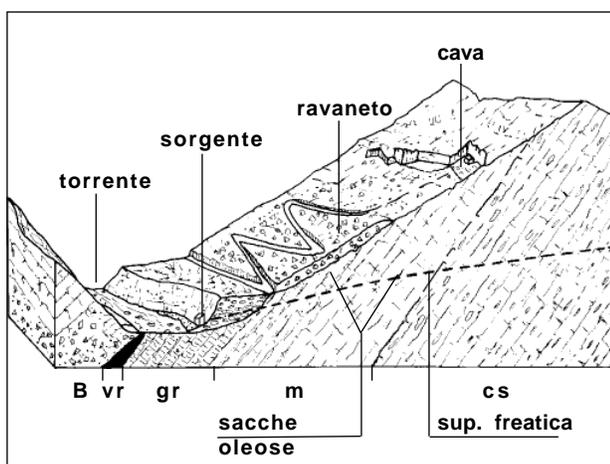
Per spiegare il carattere improvviso e contemporaneo della contaminazione di numerose sorgenti viene qui avanzata, in attesa dei risultati dell'indagine, un'ipotesi basata principalmente sul comportamento degli oli nel sottosuolo. A causa della loro bassa densità ed elevata viscosità, gli oli penetrano molto lentamente nel terreno e tendono a restare intrappolati nelle fessure più strette, dalle quali possono essere spostati solo da elevate pressioni, quali quelle che si verificano a seguito di forti precipitazioni. Lo schizzo della fig. 8 rappresenta un'ipotetica configurazione dell'inquinamento derivante da una cava: il carattere discontinuo degli sversamenti e delle precipitazioni determina la formazione di "tappi" oleosi distanziati che procedono saltuariamente (in occasione di aumenti del carico idraulico) raggiungendo la superficie freatica solo dopo molti anni.

Il continuo aumento della meccanizzazione in cava dal dopoguerra, particolarmente marcato nell'ultimo ventennio, e l'irresponsabile sversamento sul terreno degli oli usati avrebbero pesantemente inquinato, a profondità progressivamente crescenti, l'acquifero fessurato. Nelle precipitazioni insolitamente abbondanti dell'autunno-inverno '90 e della primavera '91, seguite ad alcune annate particolarmente siccitose,

Tab. 20

Consumo annuo di olio delle pale meccaniche apuane

| Tipo pala     | N° pale    | Consumo kg annui/pala | Consumo tot. kg/anno |
|---------------|------------|-----------------------|----------------------|
| medio-grande  | 150        | 397                   | 59.550               |
| piccolo       | 150        | 298                   | 44.700               |
| <b>TOTALE</b> | <b>300</b> |                       | <b>104.250</b>       |



**Fig. 8**  
**Inquinamento delle sorgenti da oli sversati in cava o nei ravaneti.**

Lo schizzo vuole sottolineare la probabile distribuzione discontinua delle sacche oleose nel sottosuolo. Gli oli, raggiunta la zona satura, restano confinati alla superficie dell'acquifero (vedi la fine punteggiatura al di sotto della superficie freatica).

Lo schema idrogeologico, che rappresenta la sorgente Carbonera, nel bacino di Torano, è ripreso da un disegno di G. Raggi. **B**: breccie; **vr**: verrucano (impermeabile); **gr**: grezzoni; **m**: marmi; **cs**: calcari selciferi.

va probabilmente ricercata la spiegazione della comparsa improvvisa dell'inquinamento in un'area così vasta: le piogge, infatti, avrebbero spinto in basso le sacche oleose ed innalzato la superficie freatica, portandola a contatto con esse.

Va precisato, per inciso, che anche per le aziende al piano (lapidee e non), che pur consumano grandi quantitativi di oli, non risulta alcuna riconsegna di oli esausti; ciò configura seri rischi di inquinamento della falda planiziale e impone decise misure preventive.

Un rischio tanto grave quanto sottostimato, infine, deriva dai policlorobifenili (PCB) presenti negli oli dielettrici impiegati nei vecchi trasformatori (fino agli anni '70). Considerata l'estrema genotossicità di tali composti, oggi vietati (DPR 216 del 24 maggio 1988), la presenza di trasformatori abbandonati nelle cave (presso le vecchie cabine elettriche o addirittura sul terreno: vedi tab. 17) non può non suscitare gravi preoccupazioni. Anche in questo caso, sia il DPR 216/88 che il D.M. 11.2.1989 risultano totalmente ignorati, confermando il radicato atteggiamento mentale degli escavatori secondo i quali le leggi non riguardano il "loro" territorio. Anche per i PCB, dunque, occorre adottare tempestivamente rigorose misure per scongiurare rischi sanitari di portata incalcolabile.

#### 4.1 QUALI MISURE PER LA PROTEZIONE DELLE SORGENTI?

La risposta delle Amministrazioni locali all'inquinamento da oli è stata rivolta, da una parte, alla potabilizzazione dell'acqua e, dall'altra, a prevenire ulteriori sversamenti nelle cave.

Al primo scopo, è stato deciso in entrambi i comuni il potenziamento, con l'installazione di filtri a carbone attivo, dell'impianto di potabilizzazione; per il secondo, il sindaco di Massa ha prescritto con ordinanza il conferimento degli oli usati in centri di raccolta appositamente istituiti, il contenimento delle cisterne di carburante in bacini cementati di pari capacità e lo stoccaggio degli oli usati (fino alla riconsegna) in fusti a tenuta in locali chiusi o, se sotto tettoia, in bacino di contenimento cementato.

Complessivamente, come vedremo, la risposta appare debole sotto vari aspetti e contenente nelle premesse i presupposti del fallimento a lungo termine. Anche il movimento ambientalista ha espresso un basso livello di maturità: una parte di esso ha accettato passivamente la scelta dei filtri a carbone attivo, mentre un'altra parte ha addirittura esposto denuncia contro il sindaco ritenuto colpevole di non aver adottato preventivamente tale soluzione.

A Carrara, invece, si è costituito un comitato per la tutela delle risorse idriche che ha espresso non solo una maggiore iniziativa e mobilitazione, ma anche una capacità di analisi e un livello di maturità più elevati. La responsabilità primaria dell'inquinamento non è stata scaricata sull'ente locale, ma individuata negli escavatori, per l'inosservanza della legge sullo smaltimento degli oli usati e dell'ordinanza del sindaco del 1988; è stata formulata una articolata serie di accorgimenti tecnico-gestionali volti a rendere ragionevolmente impossibili ulteriori sversamenti ed è stata espressa una serrata critica alla proposta di impianti fissi di potabilizzazione. In un opuscolo a larga diffusione, con lo slogan "Acqua depurata? No, grazie. Preferiamo l'acqua pura" è stata esplicitamente respinta l'ottica di "medicalizzazione" dei beni ambientali, rivendicando un'acqua che sia anche gradevole al gusto e rifiutando quindi i dispositivi (filtri a carbone) che rischiano di fornire acqua legalmente potabile, ma di sapore e odore sgradevoli (COMITATO DIFESA RISORSE IDRICHE, 1991).

In effetti, una lunga esperienza lascia presumere

che le prescrizioni di misure preventive alle cave saranno spesso disattese; in tal caso il ruolo principale dei filtri potrebbe ridursi a quello di “silenziatore sociale” (la rimozione degli oli dall'acqua consentirebbe la continuità dell'erogazione idropotabile, prevenendo così l'insorgere della protesta dei cittadini), traducendosi, di fatto, in una tacita “licenza di inquinare” per gli escavatori.

Appare, invece, di grande importanza pratica non silenziare la “sirena d'allarme” tecnica e sociale rappresentata da ogni ricomparsa degli oli nella rete acquedottistica; ogni suo suono, infatti, riattiverebbe severi controlli volti a verificare l'effettivo rispetto delle misure preventive nelle cave. E' ragionevole pensare che solo evitando la comoda scappatoia del “tranquillante sociale” (filtri a carbone attivo) e concentrando tutte le energie sulle misure preventive (comprese quelle repressive che, se veramente severe, svolgono un'indubbia efficacia preventiva) sarà possibile evitare l'ulteriore deterioramento delle risorse idriche.

Esplicitata così la filosofia d'approccio alla strategia di tutela delle sorgenti, è doveroso fornire indicazioni concrete sugli strumenti necessari al raggiungimento dell'obiettivo. Le principali misure proponibili allo stato attuale delle conoscenze sono riassunte nella tab. 21 mentre altre misure potranno scaturire dall'indagine attualmente in corso; è auspicabile che i sindaci prendano in seria considerazione la loro integrale adozione. Le misure proposte, prima ancora che tecniche, sono finalizzate a formare nei cavautori una corretta metodologia di lavoro e una solida e convinta coscienza ambientalista, fino a rendere superflui, in futuro, i controlli esterni.

Individuate così serie misure per prevenire l'ulteriore inquinamento delle acque, è necessario indicare soluzioni tecniche volte ad assicurare l'approvvigionamento idropotabile, evitando possibilmente ai cittadini i disagi del ricorso alle autocisterne.

A tal fine possono essere avanzate due ipotesi con l'avvertenza che, in ogni caso, per evitare il loro uso come “tranquillante sociale”, esse vanno associate a dispositivi di “allerta sociale”.

Con tale precauzione, una prima ipotesi può essere rappresentata dagli stessi filtri a carbone attivo. Gli inconvenienti sono, però, numerosi e di non poco conto:

- se i carboni attivi granulari non vengono rigenerati

al momento giusto, i composti adsorbiti sulla loro superficie, o loro derivati, vengono nuovamente rilasciati nell'acqua;

- durante la rigenerazione dei filtri possono formarsi diossine e furani, che devono essere eliminati prima della rimessa in esercizio (VOLTERRA, 1991); durante l'esercizio, invece, l'intensa attività biologica nei filtri potrebbe condurre alla formazione di nitrosammine (cancerogene) o di endotossine (MERLO & MEUCCI, 1989);

- i filtri a carbone devono essere caricati il meno possibile di solidi sospesi; la torbidità delle acque sorgive nei giorni successivi alle precipitazioni (dovuta alla marmettola di cava non trattenuta dai filtri a sabbia) comporta l'inconveniente di costringere a frequenti lavaggi in controcorrente dei carboni;

- la grande porosità del carbone attivo favorisce l'annidamento e la proliferazione di batteri, che vengono poi trascinati nell'acqua erogata; a questo inconveniente si può rimediare con lavaggi con acqua fortemente clorata (almeno 15-20 mg/l, contro i 0,2 mg/l consigliabili nell'acqua in erogazione) (MORUZZI, 1989);

- i carboni attivi possono rappresentare dei reattori biologici nei quali avviene il trasferimento dell'antibiotico-resistenza da una specie batterica all'altra; analogamente, aumenta la resistenza batterica ai disinfettanti, rendendo spesso necessario il ricorso a clorazioni pesanti (VOLTERRA, 1991);

- il controllo analitico, assolutamente indispensabile, è molto delicato e richiede attrezzature particolari (assenti negli usuali laboratori) e personale con un'esperienza specifica (MORUZZI, 1989); è quindi di estrema importanza una adeguata e capace struttura laboratoristica (attrezzata per chimica volumetrica, chimica fisica, cromatografia ionica, cromatografia gassosa, cromatografia liquida, assorbimento atomico, spettrometria, batteriologia), anche perché non è ammissibile che il giudizio di potabilità (o non potabilità) venga espresso a posteriori dalle USL, alle quali spetta solo il controllo esterno della gestione (MUSACCI, 1989);

- è spesso necessario dotarsi di moduli filtranti con più tipi di carbone attivo, a diverso spettro d'azione (MUSACCI, 1989);

- la qualità organolettica delle acque trattate con carboni attivi subirebbe probabilmente uno scadi-

## **CAVE: DECALOGO PER LA TUTELA DELLE SORGENTI**

- 1 - contenimento degli oli (nuovi e usati) e dei combustibili in vasche impermeabili, di capacità almeno pari ai volumi stoccati;**
- 2 - dispositivi di travaso per cisterne, fusti e bidoni in utilizzo atti ad evitare sversamenti accidentali (es. pompe con erogatore a pistola, vasche e pozzetti di raccolta); dispositivi di pronto intervento per limitare le conseguenze di sversamenti (es. materiali assorbenti, da smaltire poi secondo legge);**
- 3 - effettuare tutte le operazioni suscettibili di comportare sversamenti accidentali (es. rabbocchi e cambi d'olio, rifornimento combustibili, riparazione macchinari, messa a dimora delle pale meccaniche) esclusivamente in un'area della cava appositamente adibita, impermeabilizzata e dotata di cordolo perimetrale e pozzetto di raccolta;**
- 4 - scrupolosa manutenzione e revisione periodica delle pale meccaniche, dei martinetti oleodinamici e di altri macchinari, mirate soprattutto a prevenire perdite di oli;**
- 5 - istituzione, per tutte le cave (comprese quelle con consumo inferiore a 500 litri/anno), del registro di carico e scarico degli oli, da presentare con periodicità fissa al comune per la trascrizione, onde permettere il controllo dei quantitativi acquistati, stoccati e riconsegnati e delle eventuali perdite; istituzione dell'obbligo dell'autodenuncia entro 24 ore (e delle relative sanzioni) per gli sversamenti accidentali;**
- 6 - migliorare il servizio di raccolta degli oli usati, attrezzando adeguatamente apposite aree, impermeabilizzate e con dispositivi di contenimento e di travaso contro eventuali sversamenti;**
- 7 - rimozione dalle cave di tutti i trasformatori contenenti oli dielettrici con PCB (in particolare di quelli abbandonati) e rigorosa applicazione del DPR 216/88 e del D.M. 11.2.1989 (perizia annua, misure di sicurezza, procedure d'emergenza, sistemi previsti per lo smaltimento, ecc.);**
- 8 - obbligo, per i macchinari che disperdono grassi lubrificanti nell'ambiente (come le tagliatrici a catena), di serbatoi per il ricircolo delle acque contaminate e per la separazione dei grassi; questi ultimi, come pure la marmettola contaminata, vanno smaltiti secondo legge (non nei ravaneti); in prospettiva, sostituzione del parco macchinari con altri lubrificati ad acqua;**
- 9 - previsione di sanzioni per ogni inadempienza; sanzionare le mancate riconsegne di oli usati (e altri sversamenti) non con multe, ma con sospensioni complete dell'attività lavorativa in cava, di durata proporzionale ai quantitativi di cui non è dimostrabile lo smaltimento; sanzionare con la cessazione immediata e definitiva dell'attività le inadempienze di particolare gravità;**
- 10 - istituzione di controlli periodici e di relativi rapporti, su schede dettagliate appositamente studiate.**

mento (non fosse altro che per l'accresciuta clorazione), violando il sacrosanto diritto dei cittadini di considerare l'acqua una bevanda piacevole e dissetante, non un liquido sgradevole da assumere, quasi a scopo farmacologico, per reintegrare le perdite idriche corporee.

Queste osservazioni critiche non vengono avanzate per suscitare allarmismi ingiustificati, ma hanno il solo scopo di sottolineare che, anche dal punto di vista puramente tecnico, la scelta dei carboni attivi non può essere effettuata con leggerezza. Tale tecnologia, infatti, pur offrendo insostituibili prestazioni (soprattutto nella potabilizzazione delle acque superficiali), richiede un netto salto organizzativo dei servizi acquedottistici, per evitare disfunzioni e rischi ancor più elevati di quelli che si intendono risolvere.

Quest'ultimo aspetto sembra sia stato sottovalutato nelle affrettate scelte dei comuni di Massa e di Carrara, convinti forse che l'acquisizione della tecnologia sia sufficiente a risolvere il problema. Evidentemente, la chiara lezione (l'importanza degli aspetti gestionali, spesso superiore a quella degli aspetti impiantistici) derivante dalla totale inefficacia di tutti i loro depuratori montani non è ancora stata recepita dagli amministratori locali.

E' quindi auspicabile che le amministrazioni locali abbiano il coraggio di rivedere l'affrettata scelta dei filtri a carbone attivo o, se proprio intendono mantenerla, di compierla fino in fondo, con un radicale potenziamento quali-quantitativo sia delle attrezzature di controllo che del personale addetto al servizio acquedottistico.

Anche restando nell'ottica dei carboni attivi, comunque, non si comprende perchè, sebbene la comparsa degli oli nelle sorgenti sia molto discontinua, siano stati scelti i filtri fissi a carbone granulare anzichè quelli a carbone in polvere che avrebbero permesso di effettuare il trattamento solo nei periodi di effettivo inquinamento dell'acqua.

Appare, però, indubbiamente preferibile saggiare preventivamente la fattibilità e l'efficacia della seconda ipotesi tecnica: captare l'acqua (con pozzi o cunicoli) ad un livello sensibilmente più basso della superficie freatica, garantendo nel contempo un flusso "a perdere" che drena acqua dall'intera fascia di oscillazione della superficie freatica. In tal modo l'acqua contaminata da oli (più superficiale) verrebbe

fatta sfiorare nei corsi d'acqua mentre quella sottostante (non o meno contaminata) verrebbe utilizzata per l'approvvigionamento idropotabile.

Questa soluzione, della quale è necessario verificare l'efficacia, presenterebbe i seguenti vantaggi: fornire acqua con caratteri organolettici inalterati, non richiedere complessi trattamenti e permettere la, sia pur lentissima, autobonifica della falda.

Il meccanismo di "allerta sociale", necessario per prevenire ulteriori sversamenti di oli in cava che rischierebbero di vanificare nel futuro ogni possibilità di utilizzo dell'acqua, potrebbe consistere nel frequente controllo delle sorgenti e nel predisporre, ad ogni ricomparsa di oli, la pubblicizzazione dell'evento, un tempestivo giro di rigorosi controlli nelle cave del bacino interessato e la pubblicizzazione dei risultati dei controlli e delle misure adottate.

Nel campo della tutela ambientale, infatti, l'esperienza dimostra che se le misure tecniche sono indispensabili per far fronte alle "emergenze" derivanti da inquinamenti già verificatisi, per una prevenzione veramente efficace degli inquinamenti è ancor più importante un elevato livello di informazione, di democrazia e di partecipazione dei cittadini.

## 5 CONCLUSIONI

L'intero comparto lapideo esplica, come si è visto, un pesante impatto ambientale in tutte le sue fasi, dall'escavazione alla lavorazione. Tale impatto, lungi dall'essere inevitabile, è il diretto risultato di un modo di lavorare, al passo coi tempi sotto il profilo della tecnologia finalizzata alla produttività, ma ancora allo stadio preindustriale sotto il profilo del rispetto ambientale.

Il generalizzato degrado dei corsi d'acqua, i costi sociali, le diseconomie indotte su altri settori produttivi, la minaccia all'approvvigionamento idropotabile, impongono a tutti una netta inversione di rotta, nella convinzione che il rigoroso rispetto dell'ambiente sia ormai una condizione ineludibile per la prosecuzione dell'attività di un comparto tanto importante per l'economia locale.

Tale convinzione sta iniziando a farsi strada anche tra gli imprenditori più lungimiranti; compito delle istituzioni è una rigorosa opera di controllo e di programmazione, fondata sulla consapevolezza che

ogni deroga, ogni tolleranza potrà produrre nell'immediato vantaggi per pochi privati, ma in futuro costi sociali ben più elevati. A tal fine, occorre soprattutto avere il coraggio di imporre la cessazione definitiva dell'attività a quegli operatori economici più simili a rapinatori di risorse ambientali che ad imprenditori.

La fase attuale è quanto mai favorevole ad una generalerazionalizzazione dell'intero comparto:

- l'apertura di concrete ed imminenti possibilità di riutilizzo dei residui può contribuire grandemente alla soluzione di pressanti problemi, alla maturazione di una mentalità più rispettosa dell'ambiente e alla crescita dell'occupazione e del tessuto produttivo;
- la disponibilità di aree industriali dismesse può rappresentare un'occasione irripetibile per la ricollocazione di tutte le aziende insediate sulle sponde dei corsi d'acqua e di quelle incompatibili col tessuto urbano circostante;
- la liberazione delle sponde può permettere la rinaturalizzazione dei corsi d'acqua, il recupero del loro potere autodepurante e la loro restituzione alla fruizione pubblica;
- le associazioni imprenditoriali possono svolgere un ruolo essenziale nel superamento di quelle spinte individualistiche che ostacolano la realizzazione di infrastrutture e di servizi consortili;

- la progettata "strada dei marmi" alleggerirebbe l'impatto dell'intenso traffico pesante nel centro cittadino di Carrara e, collegandosi al futuro polo marmifero ad est di Avenza, consentirebbe una maggiore funzionalità produttiva all'intero comparto, compreso il recupero degli scarti di escavazione (CONSORZIO CAVE CARRARA, 1990);

- in un'ottica di razionalizzazione industriale e di tutela ambientale, infine, tutte le aziende dovrebbero praticare il ricircolo delle acque; l'idea della realizzazione dell'acquedotto industriale, nata all'insegna della vecchia logica «usa, inquina e getta», appare pertanto decisamente da abbandonare; attuando il ricircolo delle acque, infatti, l'opera risulterebbe del tutto superflua.

Perché tali possibilità si concretizzino è necessaria però una reale volontà politica da parte dell'amministrazione pubblica che, cogliendo anche le opportunità connesse alla stesura dei nuovi piani regolatori di Massa e di Carrara, deve decidere e perseguire coerentemente l'ordinato sviluppo del territorio, senza indulgere alle pressioni provenienti dai più svariati interessi; sarà questo il miglior "test attitudinale" per verificare la reale idoneità degli amministratori locali a tutelare il nostro territorio da ulteriori, irreparabili, guasti ambientali.

## BIBLIOGRAFIA

AA. VV. - 1990. Atti della tavola rotonda "Riduzione del rumore all'interno delle segherie e nell'ambiente", Marina di Carrara, 1.6.1990.

*USL n. 2 Massa Carrara, S.P.I.S.L.L., Provincia di Massa Carrara, S.N.O.P.*

ANDREANI G. - 1991. Attività amministrative per il controllo di attività rumorose.

Atti Conv. "Interpretazione e applicazione nel comprensorio apuano del DPCM 1 marzo 1991", Carrara, 6.1991. *AGEA* (in stampa).

ASSOCIAZIONE INTERCOMUNALE VERSILIA - 1983. Esperienza pilota in una discarica controllata per lo smaltimento della marmettola. Relazione al Convegno I.M.M., Carrara, 16.4.1983.

CAPUZZI Q. - 1984. La coltivazione dei marmi apuani. *Comunità Montana delle Apuane*, Massa.

CAPUZZI Q., DELL'AMICO C., PIANADEI F. - 1983. Le tagliatrici a filo diamantato nella estrazione del marmo. *Centro Studi Sociali*, Avenza, Carrara.

CELSI S. - 1989. Ipotesi di riutilizzo di fanghi derivanti dalla lavorazione dei materiali lapidei e del granito.

Atti Convegno "Materie Seconde: normativa, ricerca, esperienza", Firenze, 1-2-3 dic. 1988. *Ed. Giunta Reg. Toscana*.

CIPRIANI L., PATRUCCO M. - 1991. Problemi tecnologici e di sicurezza connessi con lo sviluppo di coltivazioni in sotterraneo di pietre ornamentali.

Atti 2° Conv. di Geoingegneria "Attività estrattive nelle nostre montagne", Torino, 29-30 apr. 1991.

COMITATO DIFESA RISORSE IDRICHE - 1991. Alcune proposte per tutelare le sorgenti, perseguire gli inquinatori, risparmiare acqua ed informare i cittadini.

*Opuscolo stampato in proprio*, Carrara, luglio 1991.

CONSORZIO CAVE CARRARA - 1990. Cosa vogliamo fare per Carrara. *(Dattiloscritto)*.

COOP. GEOVERSILIA - 1981. Progetto per la ricerca delle risorse idriche e formazione della Carta delle acque del territorio comunitario.

*Comunità Montana N. 3 Apuo-Versiliese*, Seravezza.

- CO.RE.S. MARMI - 1989. Progetto Martone. Realizzazione di nuovi materiali da costruzione con i residui delle lavorazioni lapidee. (*Dattiloscritto*), Carrara.
- D.P.R. 24 maggio 1988 n. 216. Attuazione della direttiva CEE n. 85/467 recante sesta modifica (PCB/PCT) della direttiva CEE n. 76/769 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183.  
*Suppl. Ord. G. U. n. 143 del 20 giugno 1988.*
- D.M. 11 febbraio 1988. Modalità per l'attuazione del censimento dei dati e per la presentazione delle denunce delle apparecchiature contenenti fluidi isolanti a base di PCB.  
*G. U. Serie gen. n. 49 del 28 febbraio 1989.*
- DELLA PINA A. - 1991. Inquinamento acustico nel territorio comunale di Massa.  
Atti Conv. "Interpretazione e applicazione nel comprensorio apuano del DPCM 1 marzo 1991", Carrara, 6.1991. *AGEA* (in stampa).
- ERTAG - 1983. Problemi e prospettive per il riutilizzo dei residui di lavorazione dell'industria marmifera.  
Ricerca condotta dalla Soc. Coop. Geopisa su commissione ERTAG-Regione Toscana, presentata all'Internazionale Marmi Macchine, Carrara, aprile 1983.
- GARRUTO F. - 1989. Esperienza di riuso nella pavimentazione stradale dei fanghi provenienti dalle acque di lavorazione dei materiali lapidei: problematiche e prospettive.  
Atti Convegno "Materie Seconde: normativa, ricerca, esperienza", Firenze, 1-2-3 dic. 1988. *Ed. Giunta Reg. Toscana.*
- GIUNTA REGIONALE TOSCANA - 1990. Deliberazione n. 3963 del 7/5/90 "Identificazione dei residui delle lavorazioni lapidee come materia prima secondaria in cementificio, nell'industria dell'edilizia e in altri cicli produttivi (art. 3 L.R. n. 60/88)".  
*Boll. Uff. Reg. Tosc.*, n. 39 del 27.6.1990.
- LOTTI L. - 1991. Applicazione del DPCM 1.3.1991: problemi e prospettive.  
Atti Conv. "Interpretazione e applicazione nel comprensorio apuano del DPCM 1 marzo 1991", Carrara, 6.1991. *AGEA* (in stampa).
- MERLO G., MEUCCI L. - 1989. Esperienze applicative dei carboni attivi su acque superficiali: i processi biologici nei filtri a carbone attivo granulare.  
In Atti VII corso residenziale sull'acqua "Trattamenti avanzati per acqua potabile. Laboratori gestionali", Milano, 26-27 ott. 1989. *Ed. Cispel Lombardia-Federgasacqua.*
- MORUZZI L. - 1989. Trattamenti a carbone attivo. Aspetti gestionali ed economici.  
In Atti VII corso residenziale sull'acqua "Trattamenti avanzati per acqua potabile. Laboratori gestionali", Milano, 26-27 ott. 1989. *Ed. Cispel Lombardia-Federgasacqua.*
- MUSACCI A. - 1989. Esperienze applicative dei carboni attivi su acque superficiali.  
In Atti VII corso residenziale sull'acqua "Trattamenti avanzati per acqua potabile. Laboratori gestionali", Milano, 26-27 ott. 1989. *Ed. Cispel Lombardia-Federgasacqua.*
- RAGGI G. - 1990. Valutazione dell'impatto prodotto dalle lavorazioni dell'industria marmifera.  
In Atti 1° corso di aggiorn. "La Valutazione di impatto Ambientale - V.I.A.", Pisa, maggio-giugno 1989. *Ed. ETS, Federaz. Ordini Ing. Toscana, Reg. Tosc., Univ. Pisa.*
- REGIONE TOSCANA - 1976. Progetto Marmi. Relazione sui problemi dello smaltimento dei residui di lavorazione dell'industria marmifera.
- REGIONE TOSCANA - 1988. Reflui della lavorazione lapidea nel comprensorio apuo-versiliese: caratteristiche e possibilità di mercato.  
*Materie Seconde, ed. Giunta Reg. Toscana*, ott. 1988. (Ricerca effettuata dalla Coop. Ambiente di Massa per incarico della Reg. Toscana e dell'Assoc. Intercomunale n. 3, Versilia).
- REGIONE TOSCANA - 1991 a. Reflui della lavorazione lapidea nel comprensorio apuo-versiliese: caratteristiche e possibilità di mercato.  
*Materie Seconde, ed. Giunta Reg. Toscana*, ott. 1988. (Ricerca effettuata dalla Coop. Ambiente di Massa per incarico della Reg. Toscana e dell'Assoc. Intercomunale n. 3, Versilia, come aggiornamento al 1989 della precedente citazione bibliografica).
- REGIONE TOSCANA - 1991 b. Rapporto di lavoro: stato dell'arte soluzioni smaltimento marmettola.  
*Giunta Regionale Toscana*, Firenze.
- SANSONI G. - 1990.  
*(Documento di discussione interna alle associazioni ambientaliste locali sul problema della discarica di Bedizzano, Massa, 18.12.1990).*
- SANSONI G., SACCHETTI P., BARABOTTI P.L. - 1983. Corsi d'acqua del litorale apuano: effetti inquinanti della polvere di marmo.  
*Ed. Comunità Montana delle Apuane*, Massa.
- SCAVITER - 1990. Proposta per il riutilizzo dei fanghi residui di lavorazione di marmi e graniti.  
*(Documento presentato alla Regione Toscana).*
- SCHIECHTL H.M. - 1991. Bioingegneria forestale. Biotecnica naturalistica. *Ed. Castaldi*, Feltre.
- TIOXIDE ITALIA SPA - 1989. L'impegno Tioxide per l'ambiente: a Scarlino si è voltato pagina.  
Atti Convegno "Materie Seconde: normativa, ricerca, esperienza", Firenze, 1-2-3 dic. 1988. *Ed. Giunta Reg. Toscana.*
- VOLTERRA L. - 1991. La potabilizzazione di acque eutrofiche.  
*Biologia Ambientale*, (in stampa).
- ZANIBONI M. - 1991 a.  
*(Documento della costituenda Unità Operativa di Ingegneria Mineraria, Reg. Toscana).*
- ZANIBONI M. - 1991 b. Il problema delle discariche nelle aree di coltivazione del marmo.  
*(Documento della costituenda Unità Operativa di Ingegneria Mineraria, Reg. Toscana, 13.8.1991).*