

8. L'azione di AGIP: risarcimento o bonifica?

di Roberto CARRARA

Il disastro ambientale prodotto dal blow out del pozzo TR24d ha indubbiamente compromesso l'immagine di Agip, che immediatamente si è attivata per pulire le macchie lasciate dall'eruzione non solo e non tanto sull'ambiente ma soprattutto sulla sua credibilità, in particolare nei confronti del mondo ambientalista. Un esempio dello sforzo, ingenuamente sproporzionato a fronte dei risultati conseguiti, dedicato al ripristino della propria immagine "ambientalista" è fornito dal documento Agip-Geda del 23 marzo 1994 in cui si fa il "Punto sulla situazione dell'emergenza faunistica": "L'emergenza faunistica causata dall'incidente al pozzo Trecate 24 è stata gestita agendo su due fronti: recupero degli esemplari imbrattati e cura degli stessi, allontanamento degli individui sani dalla zona impattata per evitare loro danni. Per ovviare alle due esigenze sono state organizzate, con l'aiuto di esperti LIPU (Lega Italiana Protezione Uccelli), n° 15 pattuglie di volontari ciascuna, incaricate da venerdì 11 marzo, con turni dalle 6,30 alle 19, per la perlustrazione dell'area impattata e del recupero degli animali imbrattati. Questi, dopo un primo pronto soccorso prestato presso il Centro olio in un'improvvisata infermeria, sono poi stati inviati all'oasi WWF di Vanzago dove esiste un centro di recupero animali selvatici in grado di offrire cure ed assistenza adeguate agli esemplari. Nelle residue pozze di acqua con olio in superficie

che potrebbero attrarre alcune specie di uccelli, sono stati poi sistemati numerosi paletti recanti alla sommità dei nastri colorati che dovrebbero fungere da deterrenti ed evitare l'imbrattamento di ulteriori esemplari; sono allo studio misure per scongiurare ogni pericolo di danno agli uccelli migratori in arrivo e per gestire al meglio il problema della fauna eteroterma che in questo periodo, finito il periodo di latenza invernale, sta risalendo in superficie. Da un primo approssimativo bilancio risultano recuperati circa 30 uccelli, alcuni dei quali deceduti, appartenenti a diverse specie (Germano, Alzavola, Marzaiola, Gabbiano comune, Airone cenerino, Nitticora, ecc.), 20 biscie dal collare, 2 Bicchieri ed una tartaruga esotica."

Ben diverso è stato l'atteggiamento di Agip nei confronti della popolazione e dell'impegno nella bonifica. Qui l'enormità del danno e delle risorse necessarie al ripristino non consentivano troppe gentilezze e attenzioni; l'obiettivo Agip è stato quello di ottenere il massimo risultato in termini di consenso con il minimo impiego di risorse.

I RISARCIMENTI

Fin dai primi giorni successivi all'emergenza, non appena l'eruzione si interruppe e cominciò a manifestarsi la rabbia della popolazione colpita dal disastro, Agip istituì con magistratale rapidità un servizio di risarcimento dei danni più evidenti causati dalla

pioggia di petrolio. Nei due "uffici reclami" come li definì Agip, i suoi funzionari, adeguatamente istruiti da avvocati e forniti di moduli da fare sottoscrivere agli incauti cittadini, che vennero istituiti presso i Comuni di Trecate e Romentino; con cifre irrisorie (si parla di 500.000 lire per ogni nucleo familiare residente nella zona di ricaduta della nube tossica) e buoni per il lavaggio gratuito dell'auto, si cercò di convincere la popolazione disastrosa a sottoscrivere dichiarazioni liberatorie da ogni ulteriore addebito a carico di Agip. I coltivatori vennero rassicurati che i danni ai loro raccolti sarebbero stati risarciti senza difficoltà e con larghezza. Agip cercò in tal modo di contrastare le azioni che si stavano avviando attraverso la formazione di comitati spontanei e che già stavano avviando l'azione legale nei confronti dei colpevoli del disastro.

E tale azione sortì un indubbio successo, riuscendo a convincere la maggioranza della popolazione, ancora ignara della reale dimensione del danno alla salute e dei danni permanenti all'ecosistema, ad affidare i propri interessi immediati e il proprio futuro a mamma Agip.

Quasi trecento abitanti dei comuni colpiti dalla catastrofe non caddero nella rete e si costituirono parte lesa presso i legali messi a disposizione da Legambiente, WWF e Medicina Democratica.

IL MONITORAGGIO E LA BONIFICA

Nei primi giorni successivi all'arresto del blow out, Agip attuò alcuni primi interventi di emergenza, consistenti nel recupero del greggio dalle pozze disseminate nell'area di maggior ricaduta, per complessive 7933 tonnellate, e nella pulizia delle sponde dei principali canali di irrigazione, delle strade e degli edifici imbrattati dell'abitato di Trecate. Unitamente al personale del Consorzio d'Irrigazione Est-Sesia, si provvide a sbarrare con panne e argilla le uscite dei canali, isolando idraulicamente la zona inte-

ressata dalla ricaduta di greggio, e a proteggere gli scaricatori di fondo delle risaie (pozzi perdenti) attraverso i quali la contaminazione passava direttamente nella falda sottostante.

Agip non fu invece in grado di provvedere da sola agli interventi necessari per determinare l'entità e l'estensione della contaminazione ambientale derivante dall'eruzione di greggio al pozzo TR24d e alla predisposizione del progetto per la bonifica. Il gruppo ENI, di cui Agip è parte, disponeva tuttavia di importanti società quali



“Ambiente S.p.A.” ed “Eniricerche S.p.A.” di S. Donato Milanese, vicine al campo petrolifero di Trecate e dotate di competenze e strutture adeguate. Se Agip avesse preso sul serio lo studio di impatto ambientale, avrebbe potuto rendersi conto della utilità di prevedere il coinvolgimento di Eniricerche e Ambiente negli interventi di monitoraggio e di bonifica conseguenti ad un blow out. Invece, probabilmente a causa della rivalità che da sempre contrassegna l'azione delle singole società del gruppo ENI e che motivò anche la scelta Agip di non affidare alla società Saipem l'attività di perforazione del pozzo TR24d, venne escluso il coinvolgimento di società sorelle ma “rivali”, con la conseguenza di dirottare all'estero le risorse economiche e il patrimonio di esperienze che altrimenti sarebbero rimaste all'interno del gruppo pubblico, con grande vantaggio anche per il Paese. Agip si appoggiò infatti all'Istituto

“Battelle Europe” di Ginevra, che godeva di un’esperienza internazionale, prevalentemente assunta dalla casa madre negli U.S.A. nell’ambito del programma “SUPERFUND” per la bonifica dei siti contaminati, e di un prestigio che si riteneva avrebbe giovato all’obiettivo di fare accettare le soluzioni meno impegnative per Agip, per una rapida chiusura della vicenda. In realtà il colosso Battelle mostrò subito i piedi di argilla; i suoi Piani di monitoraggio e di bonifica, presentato dall’Agip nell’aprile 1994, si rivelaro-



no superficiali e del tutto inadeguati ad una seria tutela e recupero dell’ambiente, come attestano le ripetute bocciature subite da parte delle amministrazioni competenti alla valutazione, e vennero alla fine approvati solo per impedire ulteriori ritardi nell’avvio degli urgenti interventi di messa in sicurezza.

Non migliore esito Agip ottenne con il coinvolgimento di due società americane, “esperte” in *bioremediation*, che predisposero la terza versione del progetto di bonifica, anch’esso bocciato dalla Regione Piemonte.

Riassumiamo cronologicamente i piani/progetti presentati da Agip.

1. 7 Aprile 1994: “Progetto di bonifica- Linee Guida” predisposto da Battelle;
2. 20 Aprile 1994: “Piano di monitoraggio suoli, acque superficiali, acque sotterranee, atmosfera e risorse biologiche” predisposto da Battelle;
3. 29 Aprile 1994: “Progetto prelimi-

nare di bonifica” predisposto da Battelle allo scopo di consentire ad Agip di definire il capitolato d’appalto per l’assegnazione degli interventi di bonifica;

4. 19 Settembre 1994: “Progetto preliminare di bonifica ambientale di Trecate” - luglio 1994, predisposto da Enserch Environmental Corp. e Integrated Science & Tecnology, Inc. che si erano aggiudicate l’appalto per la bonifica, e presentato da Agip come “Progetto esecutivo di bonifica”.

BONIFICA DEL SUOLO.

Sulla base dei dati analitici relativi alla concentrazione nel terreno dei soli idrocarburi totali (TPH), Agip suddivise il territorio contaminato, ai fini della bonifica, in tre zone caratterizzate da livelli di contaminazione crescenti:

- Zona 1: costituita dalla fascia esterna di terreni in cui la concentrazione di TPH risultava inferiore a 50 mg/kg, valutabile in 800÷1000 ettari;
 - Zona 2: costituita dalla fascia intermedia di terreni in cui la concentrazione di TPH risultava compresa fra 50 e 10.000 mg/kg, valutabile in 500 ettari;
 - Zona 3: costituita dal nucleo centrale circostante al pozzo TR24d in cui la concentrazione di TPH superava i 10.000 mg/kg, valutabile in 40 ettari.
- Per ciascuna zona Agip propose interventi diversificati e precisamente (il testo è estratto dal doc. 3; ci scusiamo con i lettori per il linguaggio spesso scorretto, ma Agip ha pedesantemente tradotto il documento Battelle senza alcun riguardo alle regole della nostra lingua. Ancora peggiore e a tratti incomprensibile è il documento 4):

ZONA 1

“Esperienze per suoli contaminati al di sotto dei 100 mg/kg indicano che le concentrazioni diminuiranno rapidamente nel corso di una singola stagione di coltura convenzionale. Non è da attendersi inoltre nessun impatto sul-

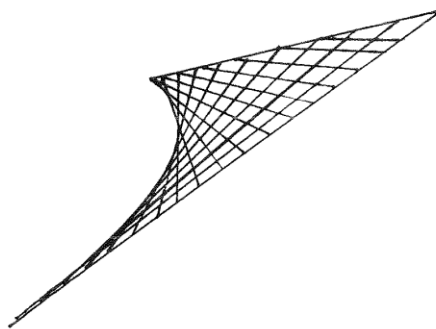
la produttività agricola o bioaccumulo nelle piante. Si è dunque stimato che una coltura tradizionale accoppiata ad un monitoraggio dovrebbe essere perfettamente idonea al recupero di questa zona offrendo le necessarie garanzie di salvaguardia ambientale.”

“La zona è potenzialmente coltivabile con qualunque tipo di coltura; prudenzialmente si propone, nel primo anno, di limitare le coltivazioni a quelle tradizionali asciutte. Si ritiene che questa zona, nel giro di una stagione agraria, potrà rientrare in tenori di idrocarburi corrispondenti al livello di fondo. Il monitoraggio comporterà il prelievo di campioni di suolo in sei punti scelti a caso all'interno di ogni area di campionamento che daranno luogo a un campione composito. Mediamente si disporrà di un campione composito ogni quattro ettari, per un totale di 250 campioni per ogni campagna di controllo. I campioni di suolo verranno prelevati in superficie fino ad una profondità di 15 cm. Sui campioni verrà effettuata un'analisi GC/FID (gascromatografia con rilevatore a ionizzazione di fiamma; N.d.R.) per la quantificazione degli idrocarburi totali. I campionamenti successivi saranno eseguiti negli stessi punti. Durante il primo anno il campionamento verrà fatto trimestralmente verificando di volta in volta le aree che saranno da considerare riqualificate. Dopo il primo anno il campionamento sarà annuale fino a che gli idrocarburi totali non siano ridiscesi ai livelli di fondo. La decisione di interrompere il monitoraggio verrà presa in base ad un confronto statistico con le analisi dei livelli di fondo, come descritto nel piano di monitoraggio.”

ZONA 2

“Le esperienze con la messa a coltivo evidenziano che non vi sono impatti significativi sulle colture per concentrazioni inferiori a 10.000 mg/kg. Alcuni dei lavori pubblicati confermano questa constatazione anche nel caso di colture a riso. Gli idrocarburi co-

munque si biodegraderanno più rapidamente in terreni asciutti che non nelle condizioni di saturazione dei suoli proprie delle risaie. Pertanto si è deciso di effettuare in questa zona delle colture diverse dal riso per accelerare i processi di biodepurazione naturale. Benché non vi sia evidenza comprovata di bioaccumulo di greggio nelle colture, a titolo precauzionale si è deciso che per questo primo anno si coltivino varietà non destinate alla alimentazione. Il monitoraggio di queste specie vegetali coltivate, qualora


















confermi il non-accumulo di idrocarburi nelle piante e nei grani, permetterà di prendere in considerazione di mettere a coltivo questi terreni per la prossima stagione, prendendo in considerazione la possibilità di coltivare anche specie destinate all'alimentazione.”

“Si propone che la bonifica della Zona 2 comporti la coltivazione di una specie secca, che permetterà una migliore aerazione del suolo rispetto al riso (condizioni di aerobicità). Questa coltura non dovrà essere destinata al consumo. Si apporteranno nutrienti sotto forma di fertilizzanti adatti al tipo di coltura. La Zona 2 verrà suddivisa in campi che corrispondono ad una ripartizione pratica sul terreno di relativa omogeneità all'interno di ogni campo. Probabilmente la suddivisione coinciderà in gran parte con campi separati idraulicamente da argini. In via preliminare si può ipotizzare che ogni campo abbia mediamente l'estensione

di due ettari. Durante la campagna di campionamento iniziale si preleveranno, in 10 punti scelti a caso, 10 campioni di terreno da ciascun campo. Questi campioni verranno miscelati ed il campione composito di ciascun campo verrà analizzato. In aggiunta, in tre campi si effettuerà l'analisi di 4

campioni triplicati per determinare la variabilità fra campioni risultanti da questa miscelazione. Il monitoraggio della Zona 2 comporterà un'analisi con cadenza trimestrale per il primo anno ed annualmente per il seguito. Per questi campioni l'analisi riguarderà gli idrocarburi totali, l'azoto e il

Tab. I: IPA da determinare nella Zona 2

Composti	Peso Molecolare	Solubilità (acqua)	Potenziale cancerogeno	Struttura molecolare
Naphthalene	128	31700		
Acenaphthene	154	3930		
Fluorene	166	1980	"nessuno"	
Anthracene	178	73	"nessuno"	
Phenanthrene	178	1290	"nessuno"	
Fluoranthene	202	260	"nessuno"	
Pyrene	202	135	"nessuno"	
Benzo(a)anthracene	228	14	debole	
Chrysene	228	2	debole	
Benzo(b)fluoranthene	252		forte	
Benzo(k)fluoranthene	252		"nessuno"	
Benzo(a)pyrene	252	3,8	molto forte	
Dibenzo(a,h)anthracene	278	2,5	molto forte	
Benzo(g,h,i)perylene	276	0,3		
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	276		debole	

fosforo totali. Si valuteranno annualmente i dati relativi a ciascun terreno e, allorchè le concentrazioni scenderanno sotto i valori assunti come criterio di differenziazione (50 mg/kg; N.d.R.), i terreni verranno trasferiti dalla Zona 2 alla Zona 1 ed il tipo di monitoraggio verrà modificato in conseguenza. Si condurranno delle prove di trattabilità in laboratorio utilizzando i suoli della Zona 2. Gli obiettivi di queste prove sono i seguenti:

a) *permettere* uno studio più dettagliato della cinetica di degradazione degli inquinanti nelle condizioni di bonifica applicate a questa zona;

b) *esaminare* la degradazione dei composti policiclici aromatici del greggio.

Le prove di trattabilità verranno effettuate in 18 containers di 50 cm di profondità e di almeno 50 cm di diametro. Verranno prese in considerazione le due tipologie pedologiche rappresentative dei terreni di quest'area e due differenti livelli di inquinamento (indicativamente 400 e 8000 mg/kg). Analisi effettuate sui due differenti suoli permetteranno di stabilire la necessità di avere o meno condizioni di "land farming" differenziate. Per ogni tipologia pedologica sei containers conterranno i suoli inquinati della Zona 2 (tre per ogni livello di inquinamento), mentre i restanti tre containers conterranno i suoli provenienti da un'area non contaminata non lontana dall'area di indagine. In questi containers verrà coltivata la stessa specie (cerealicola o prativa) scelta per la coltura nei campi, con lo stesso regime di fertilizzazione. L'aratura verrà simulata mediante mescolamento del terreno. Si presume che la durata di queste prove sarà di circa un anno (due stagioni agrarie), ma potrà dipendere dalla velocità di degradazione degli inquinanti. Si studierà la cinetica di degradazione degli inquinanti attraverso la misura della scomparsa dei composti nel suolo in funzione del tempo. Da ciascun container inizialmente si preleveranno tre cam-

pioni di terreno e successivamente ogni tre mesi. L'analisi riguarderà gli idrocarburi totali mediante GC/FID ed i policiclici aromatici mediante GC/MS (gascromatografia e rilevatore a spettrometria di massa; N.d.R.). Si calcoleranno i quantitativi di idrocarburi totali e policiclici aromatici rimossi per kg di suolo. I singoli componenti dei policiclici aromatici nel suolo verranno analizzati inizialmente e, successivamente, con frequenza trimestrale. I principali composti da monitorare sono elencati nella Tabella 1.:



particolare attenzione dovrà essere rivolta ai composti che sono potenzialmente cancerogeni. Si misurerà la degradazione dei composti della famiglia di quelli elencati nella Tabella 1. La crescita delle colture verrà monitorata nei suoli inquinati e non inquinati per valutare l'effetto dell'inquinamento. Dal momento che la Zona 2 verrà coltivata, è importante capire se gli inquinanti abbiano un impatto sulle rese di coltivazione. Verrà fatto un monitoraggio comparativo sulla crescita delle colture nei due tipi di suolo. I risultati di queste prove di trattabilità permetteranno di prevedere il tempo per la bonifica dell'area. L'indagine sui policiclici aromatici nel suolo è importante, poiché questi composti sono relativamente tossici ed alcuni di essi sono persistenti e solo molto lentamente degradabili. Indicativamente, ci si può attendere che, nel giro di due anni, almeno i 3/4 della zona avranno potuto essere ricondotti alla Zona 1."

ZONA 3

“Le esperienze sulla crescita delle specie coltivate evidenziano un impatto negativo per concentrazioni elevate di greggio, tipicamente nel range (intervallo; N.d.R.) da 10.000 a 100.000 mg/kg. Si è pertanto deciso che nella zona caratterizzata da questi livelli di contaminazione si proceda ad un *land farming* (trattamento del suolo con tecniche agrarie forzate; N.d.R.) intensivo controllato. Inoltre, laddove sono presenti suoli fortemente impregnati di olio, si propone lo



scoticamento di questi suoli ed il loro (dei suoli rimossi; N.d.R.) trattamento in “*bioheap*” “*on site*” (bio-cumuli da realizzarsi nel sito; N.d.R.).”

“In questa zona la bonifica consisterà in un *land-farming* con frequente rivolgimento del terreno per mantenere concentrazioni di ossigeno superiori al 5% nei suoli. Naturalmente l'area non verrà coltivata. In funzione dei risultati dello studio di caratterizzazione si stabilirà in quale porzione di questa zona si renderà necessaria l'asportazione (scoticamento) di uno strato superficiale del terreno. Il terreno asportato potrà venire bonificato “*on site*” con una tecnologia del tipo a pila o mucchio “*bioheap*”, o rimosso per trattamento “*off site*” (fuori dal sito; N.d.R.). La bonifica del suolo superficiale (lo strato superiore di 30÷50 cm) nella Zona 3 comporterà un approccio *land-farming* con frequente rivolgimento del terreno. Verranno aggiunti nutrienti sotto forma di fertiliz-

zanti a base di azoto e fosforo in quantitativi annuali di circa 500 kg di azoto e 50 kg di fosforo per ettaro. I quantitativi esatti verranno stabiliti in funzione dei risultati di analisi dei suoli e delle prove di trattabilità e tenendo conto di eventuali problemi di infiltrazione dei composti usati nel sottosuolo.

Il monitoraggio di questa zona comprenderà:

- *prelievo di un campione di suolo* da ogni terreno con frequenza trimestrale durante il primo anno. Dopo il campionamento e l'analisi di cinque campioni successivi si azzereranno statisticamente i dati e si valuterà l'adeguatezza o meno della frequenza di campionamento adottata. Questa potrà venire variata in base ai risultati analitici. L'analisi dei campioni sarà relativa ad idrocarburi totali GC/FID, azoto e fosforo totali;
 - *un monitoraggio “in situ”* (senza asportazione del campione di terreno; N.d.R.) dell'umidità dei suoli per determinare le esigenze irrigue. I risultati delle prove di trattabilità per la Zona 3 permetteranno di stabilire le esigenze sul piano dell'irrigazione. L'umidità verrà monitorata mediante installazione di sonde “*salt block*”;
 - *determinazione “in situ”* delle concentrazioni di ossigeno per determinare la frequenza di rimescolamento del suolo. A tale scopo verranno predisposte nel terreno sonde per la misura dell'ossigeno. L'esatta localizzazione ed il numero di queste sonde verrà determinato in base alla localizzazione e alla dimensione dei terreni definitivamente inclusi nella Zona 3;
 - *monitoraggio della temperatura* dei suoli installando termocoppie in corrispondenza delle sonde per l'umidità e l'ossigeno.
- Oltre alla bonifica “*in situ*”, nella Zona 3 è prevedibile che una parte del suolo superficiale fortemente inquinato dovrà venire asportata e bonificata “*on site*” o “*off site*”. Si stima che circa 50.000 m² di terreno fortemente in-

quinato dello spessore di 10 cm possano presentare una concentrazione di idrocarburi > 50.000 mg/kg. Questo volume di circa 5.000 m³ di suolo verrà rimosso e trattato sul posto mediante una tecnologia di tipo "bioheap". Il progetto di un sistema di questo tipo richiederà l'installazione di condotte d'aerazione, apporto di nutrienti, eventuali agenti di consolidazione, materia organica addizionale e/o tensioattivi, e la realizzazione di un "mucchio" (pila) di terreno che permetta un'adeguata aerazione e dotato di opportuna impermeabilizzazione del fondo della vasca di trattamento. La geometria e struttura della pila di terreno sarà fatta in modo tale da controllare il deflusso superficiale ed il percolato. Un disegno schematico di questa struttura viene presentato in Figura 1. Il monitoraggio comprenderà:

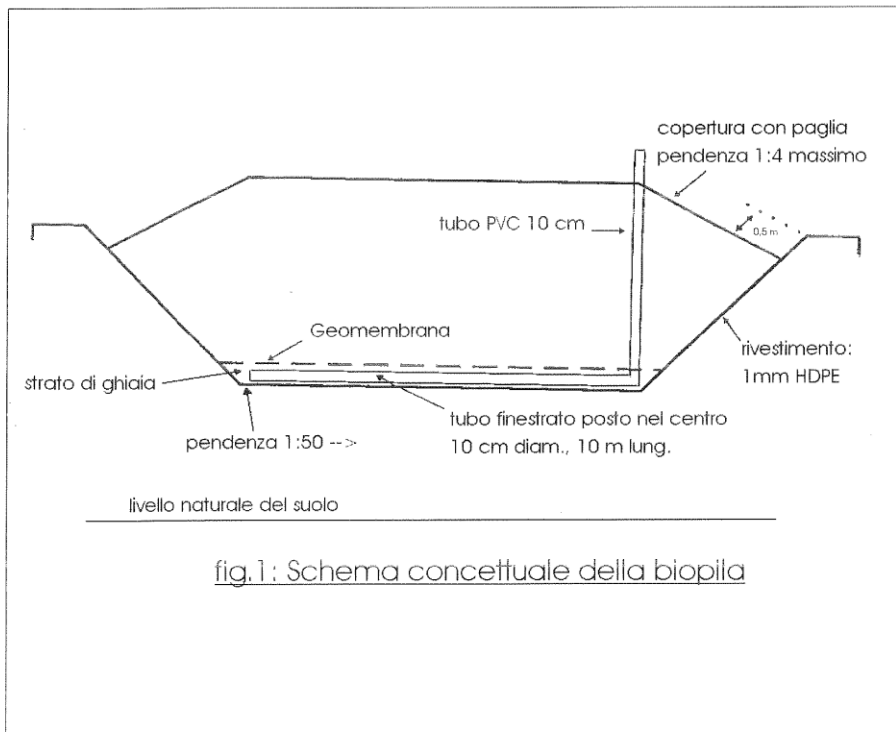
- *analisi dell'acqua di deflusso* superficiale (eventuale) e del percolato per la determinazione di idrocarburi totali, di benzene, toluene, etilbenzene e xileni (BTEX) mediante

- *monitoraggio "in situ"* di ossigeno e di CO₂ mediante GC/TCD (gascromatografia con rilevatore a conducibilità; N.d.R.) o mediante sensore elettrochimico e degli idrocarburi nel gas interstiziale dei suoli mediante GC/FID o sonde elettrochimiche.

La natura esatta e la frequenza di questi monitoraggi verrà fornita nel progetto esecutivo di bonifica.

Per la costruzione di una struttura di bonifica del tipo "bioheap" si condurranno delle prove di laboratorio simili a quelle previste per il land farming. Prove di trattabilità verranno condotte in laboratorio usando suoli della Zona 3. Gli obiettivi di questi studi saranno i seguenti:

- a) *ottimizzare* la bonifica del suolo esaminando le variabili di processo in piccoli reattori di laboratorio;
- b) *determinare* la cinetica della degradazione degli idrocarburi totali e dei



poli-ciclici aromatici nei suoli della Zona 3.
(.....)”

BONIFICA DEL SOTTOSUOLO

Nel citato progetto preliminare di bonifica (doc. 3), Agip cita solo marginalmente, come se scaramanticamente non volesse evocare il demonio, gli interventi di bonifica del suolo in profondità:

“Durante lo studio di caratterizzazione del sito si esaminerà la distribuzione verticale degli idrocarburi per sta-



bilire l'eventuale esigenza di una bonifica a maggiore profondità. Il land farming sopradescritto verrà applicato solamente a suoli inquinati fino a una profondità di 50 cm o meno.

Se è necessaria una bonifica a profondità maggiore, diversi approcci sono possibili. Nella zona insatura il “*bioventing*” (ventilazione forzata del sottosuolo per estrarre i vapori di idrocarburi e aiutare i microrganismi aerobici a demolire le frazioni non vaporizzabili; N.d.R.) è il metodo più probabile. Il monitoraggio associato comporterà l'analisi *soil-gas* di ossigeno, anidride carbonica e idrocarburi. Il gas in equilibrio col suolo verrà raccolto attraverso tubi in acciaio fenestrati inseriti di volta in volta manualmente nel suolo o attraverso dispositivi permanentemente installati per il monitoraggio del gas interstiziale dei suoli. L'ossigeno e l'anidride carbonica verranno analizzati mediante GC/TCD o sensori elettrochimici. Gli

idrocarburi potranno venire analizzati mediante GC/FID, GC/PID, FID o sensori elettrochimici. Oltre a progettare un sistema di bioventing si potranno effettuare, in funzione delle esigenze, prove di permeabilità soil-gas.”

Nel successivo “progetto esecutivo di bonifica” (doc. 4), elaborato nel luglio 1994 ma presentato da Agip in settembre 1994, si specifica con qualche maggior dettaglio il processo di bioventing, pur ribadendo che la sua applicazione è solo una ipotesi non necessaria (ci scusiamo nuovamente per la pessima qualità del testo presentato da Agip):

“La presenza di petrolio sotto il profilo del suolo poco profondo non è stata, fino ad oggi, documentata. Un sistema di bioventing verrà installato, se necessario, per risolvere questo potenziale problema. Bioventing è una tecnica di bonifica “in situ” che combina un venting convenzionale del suolo con biodegradazione. (...) Nel sistema proposto, l'aria verrà iniettata per aumentare la concentrazione di ossigeno nei suoli di superficie ed aumentare così la biodegradazione. L'applicazione dell'aspirazione servirà a distribuire l'ossigeno uniformemente. L'introduzione di aria stimolerà i microbi indigeni e promuoverà degradazione in situ.

I vapori di idrocarburi possono essere estratti dalla superficie tramite l'applicazione di un aspiratore sull'area affetta. L'applicazione dell'aspirazione fornirebbe l'opportunità per creare punti di corto circuito intenzionale attraverso il quale l'aria dell'ambiente fluirebbe nella superficie. Questo risulterebbe nella diretta rimozione di idrocarburi attraverso volatilizzazione e flusso di aria avvezionata attraverso la zona vadosa. Poiché non ci sono esempi piloti condotti in sito di Trecate 24, il disegno concettuale del sistema di bioventing è basato su alcune assunzioni. Alcune assunzioni chiave per il sistema proposto di bioventing sono:

a) l'area su cui il sistema di bioven-

ting verrà costruito è di 2 ettari;

b) l'idrocarburo nell'area si estende dalla superficie ad una profondità di 3 m uniformemente;

c) la profondità delle acque sotterranee (falda) nell'area è di 10 m;

d) la zona di influenza raggiungibile ha un raggio tra 10 e 30 m;

e) il punto singolo di tasso di flusso d'aria è $0,3 \text{ m}^3/\text{min}$.

Se sarà stabilito che un sistema di *bioventing* è necessario, sarà preparato un piano che includa il numero e la locazione dei *biovents* e la frequenza di monitoraggio. Il sistema bioventing sarà installato usando un 'Geoprobe' ...Questo pezzo di attrezzatura è uno strumento guidato idraulicamente a spinta verticale che può essere usato per raccogliere i campioni di suolo e di acque sotterranee e installare campioni e strumenti di bonifica....Assumendo che la zona di influenza è approssimativamente di 30 m, sarà necessario installare 20 punti di iniezione d'aria. Ad ogni punto di iniezione d'aria, una punta da pozzo scanalata di 2,5 cm sarà spinta idraulicamente ad una profondità di 3 m. Il metro superiore della punta di pozzo sarà cementato in loco per creare un sigillo di superficie. Le tubature da ciascuno dei punti di iniezione saranno connesse ad un compressore d'aria. Tutte le tubazioni saranno collocate sopra il suolo e saranno indirizzate in modo da minimizzare la interferenza con le operazioni di cantiere. Il compressore necessario a fornire l'aria per l'area di 2 ettari dovrà essere capace di produrre almeno un totale di $6 \text{ m}^3/\text{min}$. Il compressore sarà equipaggiato con meccanismi di misurazione del flusso per registrare il volume d'aria che viene iniettato nella superficie. Il sistema di iniezione sarà equipaggiato con valvole e strumentazione per regolare il flusso d'aria a ciascuno dei punti di iniezione.

Il progresso del bioventing verrà valutato tramite punti di monitoraggio installati adiacenti a ciascun biovent. (...) Questi punti di monitoraggio saranno

costruiti da dispositivi di raccolta di plastica schermata connessi alla tubatura di nylon che si estende sulla superficie. A ciascuna locazione di monitoraggio, saranno installate sonde individuali a tre intervalli di profondità equamente spaziate. La tubatura avrà codici di colore per profondità. Gli intervalli saranno isolati da tappi di bentonite e i buchi saranno cementati alla superficie. Il monitoraggio sarà condotto mensilmente per ossigeno, anidride carbonica e idrocarburo nei gas estratti dal suolo. Le misurazioni saranno fatte se-



condo i metodi descritti in precedenza. In aggiunta a questi parametri, saranno eseguiti esami di respirazione. In questi esami, la iniezione d'aria verrà fermata ed il tasso di decadenza di ossigeno verrà determinato come una funzione del tempo. Queste informazioni saranno usate per determinare i tassi di biodegradazione. Determinazioni dei tassi mensili saranno usate per valutare il progresso della bonifica. Una riduzione nel tasso significherà che c'è un problema col sistema o che la bonifica si avvicina al completamento. In aggiunta, i campioni di suolo saranno raccolti come determinato dal piano di lavoro e verranno analizzati per BTEX (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene) e TPH (Idrocarburi totali) per stabilire il progresso della bonifica."

BONIFICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI

L'argomento viene affrontato da Agip solo come necessità di monitoraggio;

non viene nemmeno preso in considerazione il problema della depurazione della contaminazione (doc. 3):

“Oltre al monitoraggio del suolo sopra descritto, si effettuerà il monitoraggio delle acque di deflusso superficiale e verrà compiuta una indagine idraulica di superficie. Siti sospetti per infiltrazione verranno identificati e mappati. Il monitoraggio del deflusso superficiale consisterà in un campionamento e analisi delle acque raccolte durante o immediatamente dopo un evento piovoso. Questi campioni verranno



analizzati per i BTEX mediante GC/PID e per gli idrocarburi totali mediante GC/FID. Verranno tenute in debito conto le problematiche legate alla tossicità dei prodotti ed alla loro eventuale mutagenicità. Il numero preciso di campioni e le relative ubicazioni verranno determinati dopo che siano stati esaminati i tracciati dei drenaggi. Si stima che i campioni verranno raccolti da 10 stazioni opportunamente ubicate all'interno dell'area contaminata, cinque volte durante il primo anno. Il campionamento non proseguirà qualora durante l'analisi del deflusso superficiale del primo anno verrà rinvenuta una contaminazione inferiore a 1 mg/l (rif. d.P.R. 515/82). Se viene osservata una contaminazione superiore in alcuni o in tutti i campioni, il programma di monitoraggio continuerà ed il relativo programma verrà modificato in maniera adeguata. Nel caso che siano osservati quantitativi rilevanti di idro-

carburi in fase libera nel flusso superficiale, potrebbe essere raccomandabile la costruzione di separatori temporanei olio/acqua.”

BONIFICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Anche questo argomento viene inizialmente affrontato da Agip come necessità di monitoraggio; l'eventualità di un intervento di bonifica della falda viene delineata solo in linea di principio (doc. 3):

“Campioni di acqua verranno prelevati ogni tre mesi da ciascun pozzo per il primo anno. La frequenza di campionamento diminuirà ad intervallo annuale dopo il primo anno, se le concentrazioni di idrocarburi saranno basse o rimarranno stabili. Verranno implementati dei protocolli di standard di campionamenti e di spedizione dei campioni onde assicurare risultati di alta qualità. I campioni verranno sottoposti ad analisi BTEX e idrocarburi totali impiegando le medesime procedure usate per i campioni di acque superficiali. Verranno tenute in debito conto le problematiche legate alla tossicità dei prodotti ed alla loro eventuale mutagenicità.

La soggiacenza delle acque sotterranee verrà determinata per ogni pozzo disponibile con frequenza mensile per il primo anno e con cadenza trimestrale dopo il primo anno. Questo programma di rilievi potrà essere modificato in accordo coi risultati dei dati del primo anno. Si prevede l'installazione di un rilevatore semi-continuo della soggiacenza della *water table* (falda; N.d.R.) presso il punto centrale del blow-out allo scopo di monitorare a lungo e breve termine le variazioni del livello in special modo quelli susseguenti ad eventi piovosi.

Se l'olio è arrivato alla “*water table*” in quantità sufficiente da essere recuperato come fase libera si valuterà la possibilità di impiegare una serie di tecniche di recupero come lo *skimming*, il pompaggio con doppia pompa, il recupero ad aspirazione bifase

sotto vuoto e quello manuale. Se è necessaria una bonifica delle acque sotterranee, si richiede l'utilizzo di varie tecnologie tra cui il *pump and treat*, la *bioremediation in situ* e l'*air sparging*. Se è richiesta la bonifica per il recupero dell'olio in fase libera surnatante sull'acquifero, verrà presentato un piano di monitoraggio adeguato all'uso di queste tecnologie.

Qualora si accertasse che si è avuta una contaminazione significativa a carico della parte più profonda della zona insatura, oppure della superficie freatica, verranno impiegate le opportune tecniche di intervento. Nella zona insatura, i suoli verranno bonificati mediante impiego di tecniche di *soil venting* o *bioventing*. Qualora poi sia avvenuto il trasporto di quantità significative di idrocarburi sotto forma di fase libera galleggiante sulla superficie freatica, ne verrà attuato il recupero.

Se si riscontreranno quantitativi sufficientemente elevati di olio recuperabile in fase libera surnatante sull'acquifero (maggiori di 10/15 litri/giorno) verrà impiegato un sistema di recupero "*dual-phase vacuum-assisted*" (es. *bio-slurper*). Questo sistema unisce le tecniche di soil venting o bioventing alla tecnica del recupero di olio in fase libera.

Se, invece, si riscontreranno quantità più contenute di olio recuperabile, questo verrà pompato o estratto da pozzi utilizzando uno *skimmer* o altra tecnica di recupero di solo olio.

Se si riscontreranno idrocarburi in fase disciolta, provenienti dal blow-out e la loro concentrazione verrà ritenuta tale da rappresentare un serio problema per le acque sotterranee, si procederà ad effettuare una valutazione del rischio rappresentato dalla presenza di questi idrocarburi.

Questa analisi consisterà nella valutazione della destinazione degli idrocarburi e nella previsione delle dimensioni finali del plume attraverso l'acquifero, utilizzando un modello del tipo di "BIOPLUME II".

Qualora si accertasse che il plume

(piuma o pennacchio: forma assunta dalla diffusione dei contaminanti a valle del punto di contatto con la superficie della falda; N.d.R.) di idrocarburi in fase disciolta non rappresenti un problema, verrà preparato un programma di monitoraggio delle acque sotterranee allo scopo di verificare le previsioni modellistiche e per assicurarsi che non si abbiano sviluppi indesiderati del fenomeno. Se, poi, dovesse essere verificato che gli idrocarburi disciolti rappresentino un rischio per le acque sotterranee, verrà instal-



lato un sistema di "*pump and treat*" per assicurare la presenza di una barriera idraulica e per accelerare la bonifica dell'acquifero.

Si propone l'esecuzione di test idraulici per stabilire le caratteristiche di flusso e trasporto dell'acquifero. In ciascun piezometro (o pozzo) verranno effettuati test rapidi di rimozione di cuscini d'acqua impiegando una attrezzatura pneumatica, allo scopo di stimare la conduttività idraulica. Questi test forniranno dati per paragonare la distribuzione della conduttività idraulica per ogni piezometro/pozzo e come base per la programmazione di un test di pompaggio. Quest'ultimo verrà realizzato, a portata costante, in un pozzo prossimo al sito di blow-out, ma non in area contaminata e verrà effettuato con un pozzo ed almeno due piezometri di controllo. Verranno rilevati i tempi di risposta del pozzo e dei piezometri al pompaggio. Verranno inoltre rilevati periodicamente para-

metri come temperatura, pH e conducibilità, al fine di osservare eventuali variazioni della qualità dell'acqua sotterranea. L'acqua scaricata durante il test verrà campionata periodicamente per determinare variazioni della concentrazione di BTEX e idrocarburi totali nell'acqua.

Qualora venissero riscontrate concentrazioni significative di idrocarburi disciolti nell'acquifero, occorrerà procedere ad una modellizzazione del flusso e del trasporto delle acque sotterranee. I modelli attualmente disponibili



possono simulare il trasporto e la degradazione biologica degli idrocarburi in fase disciolta entro l'acquifero. Può essere simulata la bioattenuazione naturale del plume di idrocarburi e, sempre sulla base delle simulazioni modellistiche, possono essere efficacemente determinate le possibili tecniche di bonifica."

Successivamente, nel "progetto esecutivo" del luglio 1994, viene fornito qualche ulteriore informazione sulle tecniche di bonifica, ma nulla di preciso e tanto meno di "esecutivo" (doc. 4): "Bioslurping".

Non è noto se il petrolio ha raggiunto la falda acquifera. Comunque, un metodo verrà definito per trattare il petrolio che fosse migrato nella falda acquifera. Il piano di bonifica propone l'applicazione di bioslurping per recuperare petrolio di fase separata dalla falda acquifera.

In questo approccio, un pozzo di recupero appositamente disegnato verrà

installato nell'area affetta. Questo pozzo sarà equipaggiato con un tubo di scarico terminante dentro, o appena sopra, la falda acquifera. Il terminale del tubo sarà tagliato ad angolo per facilitare l'azione di slurping. L'intervallo schermato del pozzo di recupero si estenderà nella zona vadosa affetta. Il tubo di scarico sarà connesso con una pompa ad alta aspirazione con un sigillo d'acqua (pompa ad anello liquido). La pompa applicherà una aspirazione molto forte (63 cm Hg) al tubo di scarico. L'aspirazione ritirerà il petrolio a fase separata ed una piccola quantità di acqua. Il petrolio recuperato, l'acqua, ed i vapori passeranno attraverso un'unità di separazione dei liquidi. La fase vapore sarà scaricata nell'atmosfera e la fase liquida passerà attraverso un separatore petrolio/acqua. Il petrolio sarà mantenuto nel separatore e l'acqua verrà trattata in fase liquida attraverso particolari filtri a carbonio attivato prima dello scarico.

L'applicazione della forte aspirazione e del deacquamento del pozzo risulterà nello sviluppo di una pressione negativa nella zona vadosa sopra la falda acquifera. Questa aspirazione aspirerà i gas di suolo che possono contenere idrocarburi volatili. L'applicazione dell'aspirazione aspirerà anche aria ambiente che stimolerà i batteri indigeni a favorire la biobonifica nella zona vadosa e nella zona macchiata. Il bioslurping otterrà il recupero degli idrocarburi di fase separata ed in più bonificherà la zona vadosa e la zona macchiata.

Le assunzioni che sono state fatte per il sistema bioslurping proposto sono le seguenti:

- Petrolio recuperabile è presente nella falda acquifera;
 - La profondità dell'acqua sotterranea al sito è approssimativamente di 8 m;
 - Non è necessario il trattamento dei vapori che risultano dal procedimento;
 - Un singolo bioslurper verrà installato.
- Se si dovesse scoprire prodotto libero nella falda acquifera, si appronterà un

piano di lavoro per realizzare la bonifica utilizzando un sistema di bioslurping. Il piano di lavoro includerà il numero e la locazione dei pozzi di bioslurping. Il piano di lavoro identificherà anche se si preferisce trattare l'acqua dal pozzo di bioslurper per lo scarico in un canale vicino o trasportare l'acqua a "Trecate 24".

Il sistema bioslurping per il sito di Trecate sarà disegnato nella maniera descritta precedentemente. Un pozzo di recupero di diametro di 15cm PVC, verrà installato ad una profondità di 10 m usando tecniche di perforazione a stelo cavo. Il pozzo avrà un intervallo schermato di 6 m e verrà sigillato alla superficie con malta liquida. La testa del pozzo sarà equipaggiata con uno speciale adattamento per accomodare il tubo di scarico. Dopo che il pozzo è stato installato e sviluppato interamente, verrà installato il tubo di scarico. Questo sarà costituito da un tubo di PVC di 5 cm di diametro e sarà lungo 8 m. Il tubo di scarico conetterà ad una pompa d'aspirazione ad anello liquido capace di produrre una pressione negativa di 63 cm Hg. Lo scaricamento della pompa passerà attraverso un separatore vapore/liquido ad un separatore petrolio/acqua. Il petrolio recuperato rimarrà nel separatore per la disposizione. L'acqua sarà pompata dal separatore attraverso un filtro particellare entro un sistema di carbonio attivato in fase liquida.

Recupero e trattamento delle acque del suolo.

Un sistema di recupero e trattamento delle acque del suolo è presentato in questo piano in caso di contaminazione della falda. Se si manifesterà il bisogno di recupero e trattamento delle acque della falda, il sistema qui descritto è applicabile. Come nel caso degli altri sistemi di bonifica, vengono fornite assunzioni per considerazioni generali di disegno. Le assunzioni di bonifica delle acque della falda sono le seguenti:

- La profondità della falda a Trecate è di 8 m;

- Tassi sostenibili di pompaggio sono approssimativamente di 20 litri per minuto;

- Le acque trattate possono essere scaricate in un canale vicino se conformi alla normativa vigente.

Il recupero, trattamento e scaricamento delle acque di falda sono pratiche standard. Il piano di bonifica include l'uso di pozzi di recupero delle acque di falda per estrarre le acque di falda contaminate. Si presuppone che la massima profondità del recupero delle acque di falda sia di 15 m sotto la



superficie del suolo.

Una pompa convenzionale sommersibile verrà installata in ciascun pozzo di estrazione. La pompa verrà equipaggiata con controlli di livello.

L'acqua di falda estratta sarà pompata attraverso un sistema di trattamento. Il tipo di sistema di trattamento dipenderà dalle contaminazioni presenti nelle acque del terreno. Se sono scoperti composti organici non volatili, verrà usato un sistema di carbonio attivato. In base alla natura del petrolio versato, le condizioni del sito, e la esperienza con altri casi del genere, si presuppone che le contaminazioni saranno altamente volatili. Pertanto, il piano prevede che il sistema di trattamento consista di una torre di stripping d'aria e compressore.

La torre di stripping sarà equipaggiata con materiali di plastica resistenti all'incrostazione. Le acque di falda trattate saranno scaricate in un canale vicino in concordanza con i permessi

di scarico. Campioni delle acque di scarico saranno raccolti e analizzati periodicamente per documentare il rendimento del sistema.

Completamento delle Attività di Bonifica.

Quando le attività di bonifica saranno completate in ciascuna delle tre zone, esami ed ispezioni verranno eseguiti a documentazione del raggiungimento degli obiettivi di bonifica.

Una valutazione ed un esame saranno condotti per accertare gli obiettivi di bonifica prestabiliti. Campioni saranno



raccolti ed analizzati. I dati prodotti durante il progetto saranno valutati ed esaminati statisticamente a documentazione dei risultati del progetto.

Dopo aver determinato che la bonifica è completa, i punti di controllo saranno rimossi, le attrezzature saranno smantellate, e le strutture di supporto, il monitoraggio ed i pozzi di estrazione saranno pure rimossi.”

COMMENTO

Un commento critico ai piani e progetti presentati da Agip fu elaborato unitamente da Legambiente e WWF nel giugno 1994. In quel documento (*“Oil Spill Pozzo Agip Trecate 24. Piano di bonifica e di monitoraggio” -11 giugno 1994*) si formulava anche un contropiano, che prevedeva una diversa suddivisione delle aree contaminate e una diversa strategia di monitoraggio e di risanamento.

Fra le critiche più forti espresse nei confronti dei piani Agip, la cui incon-

sistenza comportava inammissibili ritardi negli interventi di bonifica, vi era la sottovalutazione dei rischi derivanti da:

-*inadeguata e riduttiva* delimitazione dell'area di intervento, che esclude dal monitoraggio e dalla bonifica ampie zone di territorio interessate dal fall-out (ricaduta dei contaminanti);

-*limitazione ai soli idrocarburi* come parametro guida per la definizione delle zone e delle misure di bonifica; mancata valutazione dei metaboliti e delle sostanze tossiche e cancerogene che si possono sintetizzare nel processo biologico in presenza di fertilizzanti azotati e diserbanti; conseguente accesso al mercato di derrate alimentari coltivate nelle aree contaminate anche da bassi livelli di idrocarburi ma con presenza di particolari metaboliti originati dalla degradazione del greggio, non presi in considerazione nel monitoraggio;

-*errata scelta* di destinare a coltivazione la vasta area di territorio meno contaminata (Zona 1) con conseguente rallentamento del processo di degradazione biologica spontanea e allungamento dei tempi di bonifica;

-*inefficacia* e notoria lentezza del processo di bioheap (biopile) per terreni fortemente contaminati rispetto al processo dei bioreattori;

-*diffusione* su aree sempre maggiori degli inquinanti non ancora rimossi e loro trasporto verso la falda acquifera;

-*prosecuzione dell'attività petrolifera.*

Le proposte presentate dalle due associazioni ambientaliste, che qui riprendiamo, sono assai precise e dettagliate e avrebbero potuto aiutare Agip a correggere la sua impostazione, se essa avesse avuto tale obiettivo, onde giungere ad una più rapida e completa bonifica. Purtroppo Agip non ne tenne alcun conto, con gli effetti disastrosi che non tardarono a manifestarsi.

PROPOSTA DI NUOVA ZONAZIONE E STRATEGIE DI INTERVENTO

La zonazione proposta da AGIP, oltre

a essere definita in base ad un'indagine non sufficientemente caratterizzata, risulta anche inadeguata perche:

-Le differenti zone previste da AGIP, ad ognuna delle quali corrisponde una specifica tipologia di intervento, comprendono range di inquinamento troppo ampi per usare un identico metodo di bonifica.

-Come limite minimo di inquinamento: usa un valore (50 mg/Kg di idrocarburi totali) che è piu del doppio dell'unico limite di legge esistente in Italia (Supplemento Ordinario al Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n° 36 del 16.06.1993, che sancisce un limite di idrocarburi totali per le zone agricole pari a 20 mg/Kg).

-L'appartenenza dei vari appezzamenti contaminati ad una zona o all'altra, dopo l'intervento di bonifica, è determinata sostanzialmente con la sola concentrazione di idrocarburi totali. Come si è detto, viceversa, il buon andamento di ripristino deve esser misurato su altri e diversi parametri (IPA, loro metaboliti, ecc...).

-Non è chiaro cosa si intenda per "area non inquinata" e cosa si voglia fare in essa.

Per quanto riguarda le strategie previste da AGIP per le varie zone in cui ha suddiviso i terreni agricoli contaminati si può osservare che:

-Nella Zona 1 (con idrocarburi totali inferiori a 50 mg/Kg), la scelta di coltivare senza alcun altro provvedimento è palesemente in contrasto con ogni principio di tutela sanitaria degli ipotetici consumatori di tali derrate.

-In alcune parti delle zone ove sarebbe necessaria una operazione di land farming, il piano consente la coltivazione rendendo impossibile il continuo rivolgimento del terreno per una ossigenazione del suolo.

-Nel piano non esiste alcuna prescrizione sulle operazioni da condurre nei prossimi mesi caldi, quando, l'elevato aumento della temperatura causerà consistenti fenomeni di evaporazione di inquinanti volatili che

dal terreno si trasferiranno all'atmosfera con rischio di inalazione per le popolazioni locali.

-Nella Zona 3, quella con un contenuto di idrocarburi superiore ai 10.000 mg/Kg, AGIP prevede soltanto un land farming.

Nuova definizione zone inquinate.

Una corretta bonifica richiede una peculiare divisione del territorio inquinato in fasce meno disomogenee di quelle proposte da AGIP, al fine di un corretto ripristino delle condizioni ambientali precedenti al blow out.

Inoltre il risultato della bonifica deve essere commisurato con altri parametri ben piu specifici e significativi dei soli idrocarburi totali o di certi IPA.

Zona a : < 50 mg/Kg di idrocarburi totali-Monitoraggio.

La zona seppur delimitata con un parametro doppio rispetto a quello della Regione Toscana, può essere interessata da un monitoraggio accurato che segua le naturali operazioni di biodegradazione.

La zona dovrà essere monitorata per un periodo non inferiore ai 10 anni.

È però necessario procedere ad uno studio che provi la non tossicità e nocività delle derrate provenienti da detti campi prima dell'accesso al mercato alimentare.

Zona b : 50 - 100 mg/Kg di idrocarburi totali.

Volendo considerare il bioaccumulo di idrocarburi nel riso in questa zona limitato (fatto che comunque meriterebbe un'analisi più approfondita, non essendo un fatto ovvio e scontato), resta il rischio di uno sporcamento "meccanico" del riso con idrocarburi presenti nel terreno, surnatanti nella risaia allagata, disciolti in acqua, al momento del suo prelievo con i macchinari agricoli.

Tale rischio è inaccettabile e va assolutamente impedito l'accesso al mercato di tali derrate che potrebbero costituire un rischio sanitario più elevato del normale.

Oltre al monitoraggio è però possibile far coltivare certe specie adatte ad au-

mentare la rimozione degli inquinanti, essendo questa la fase critica, visto che scendere sotto tali concentrazioni risulta difficile.

Il terreno deve essere previamente rivoltato abbondantemente per favorire processi di ossidazione e biodegradazione di quegli inquinanti che sono mineralizzabili o metabolizzabili da parte della microfauna locale.

Zona c : 100 - 3.000 mg/Kg di idrocarburi totali.

Per questa zona deve essere assolutamente esclusa la coltivazione.

Attraverso il *land farming* ci si propone di mantenere una aerazione ottimale nel terreno, per favorire i processi di ossidazione e biodegradazione.

È necessario inoltre controllare e mantenere il pH su dei valori prossimi alla neutralità, seguendo comunque le caratteristiche pedologiche della zona, tamponando l'acidità determinata dal processo di biodegradazione.

Si tenga presente che l'acidificazione del terreno seguente la degradazione biologica degli idrocarburi sversati, può "mobilizzare" i metalli tossici e nocivi contenuti nei fitofarmaci comunemente utilizzati in notevoli quantitativi per le colture tradizionali della zona.

La decomposizione del greggio, inoltre, provoca un aumento notevole di carbonio nel terreno.

Questo fatto rende necessario un aggiustamento della composizione dei nutrienti presenti nei suoli e nelle acque, al fine di rendere appetibile il petrolio per i microrganismi che realizzano la biodegradazione.

Qualora i contenuti in fosforo e azoto risultassero insufficienti, si dovrà provvedere alla loro integrazione, ma solo dopo accurate verifiche analitiche. Infatti c'è ragione di ritenere che la zona, essendo coltivata intensivamente, sia già molto ricca in nutrienti quali fosforo, azoto, potassio ed altri microelementi.

Due altri parametri importanti sono la temperatura e l'umidità del suolo. Nel periodo estivo che si sta per affronta-

re, il parametro da seguire sarà soprattutto l'umidità, bisognerà infatti evitare una eccessiva essiccazione del terreno. Per i periodi freddi, invece diventa importante non far scendere troppo la temperatura del terreno.

Zona d : 3000 - 10000 mg/Kg di idrocarburi totali.

In questa zona, oltre ad interventi di Land Farming, si può realizzare un Biopile/ Soil Heaping al fine di decontaminare il suolo con dei contenuti ragguardevoli di idrocarburi e altri inquinanti.

In riferimento alla figura 2 si tratta di realizzare una buona impermeabilizzazione del terreno sottostante, per eliminare i rischi di filtrazione del percolato. Ciò si realizza con una membrana polimerica impermeabile e sufficientemente spessa per contenere gli inquinanti liquidi che andranno altresì raccolti e trattati in apposito impianto.

E' poi necessario fornire dell'aria supplementare alla massa di terra e se necessario parlarla durante tutto il periodo di residenza nel sito prescelto per il Biopile/Soil Heaping.

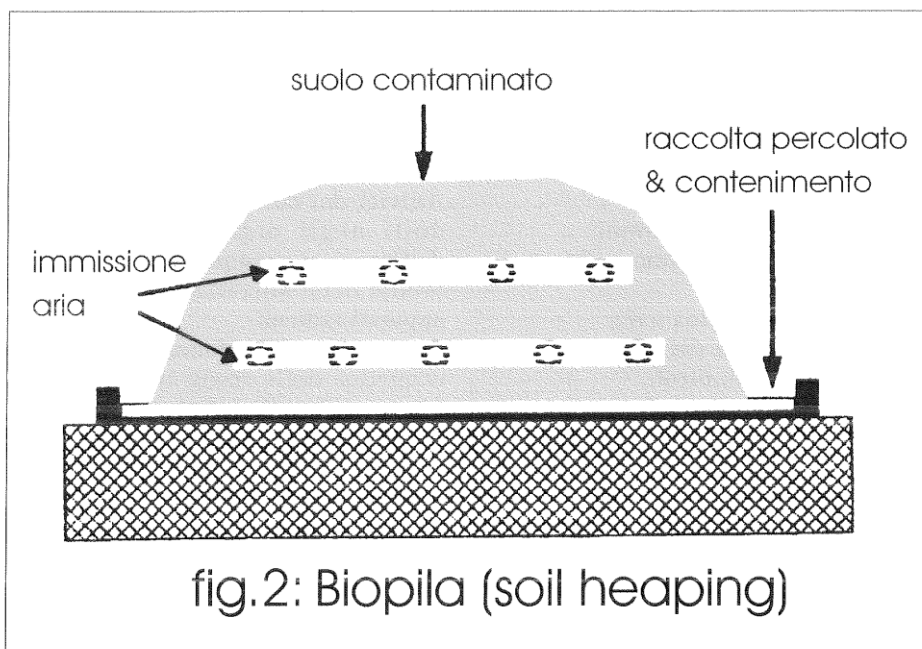
Il terreno destinato a tale rimedio biologico, deve essere asportato e portato nell'area prescelta. Si dovrebbe asportare il terreno fino ad una profondità di almeno 50 cm.

Zona e : > 10.000 mg/Kg di idrocarburi totali.

Essendo questa la zona pozzo, cioè fortemente e profondamente inquinata si rende necessario un trattamento drastico.

Dopo l'asportazione del suolo fino ad almeno una profondità di 1 m, in un slurry reactor (vedi figura 3). Al suolo si aggiungono, se necessario, nutrienti ed una opportuna quantità di acqua. Poi nel reattore si immette aria arricchita in ossigeno per favorire la degradazione della sospensione da trattare alimentata all'impianto.

L'impianto come si vede in figura 3, deve avere una linea di trattamento dell'aria inquinata in uscita. Poi, il suolo, tolta l'acqua in eccesso, è ripo-



sto nella spontanea sede dove si provvede ad una aerazione per il completamento, nel tempo, della biodegradazione.

MONITORAGGIO CONTEMPORANEO E POSTERIORE ALLE OPERAZIONI DI BONIFICA

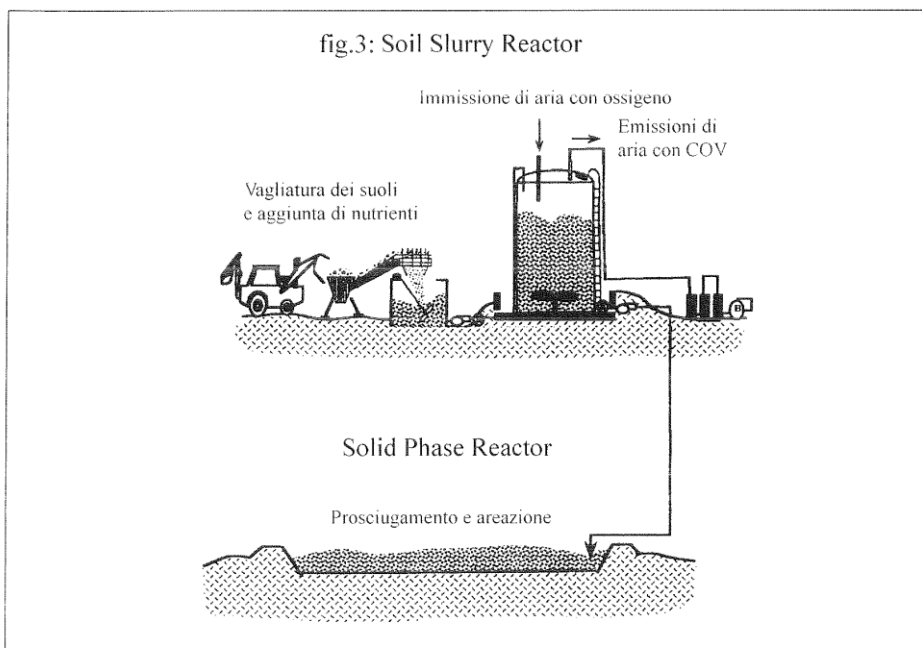
Al fine di monitorare lo svolgimento e il buon andamento delle operazioni di

ripristino è necessario determinare, oltre a quelli già individuati da Battelle:

Indicatori chimici e fisici

In aggiunta a quelli previsti dal piano di AGIP - indicati da quest'ultimo al solo scopo di controllo e non come parametri guida/obiettivo della bonifica - si ritiene di dover monitorare:

- Fenoli;



- Chinoni;
- Nitroso derivati;
- Ammine aromatiche;
- Fitano e Pristano e i loro omologhi, in modo da determinarne i rapporti;
- Dibenzotiofene e benzotiofene;
- Composti solforati;
- Contenuto salino dei terreni;
- Contenuto di ossigeno alle varie profondità;
- pH, potenziale Redox e rH;
- tenore di umidità dei terreni rispetto a quelli integri limitrofi;
- TOC, BOD e COD per le acque e per



gli estratti dei terreni.

- I metalli tossici contenuti nei fitofarmaci e mobilizzati dall'acidificazione del terreno conseguente alla biodegradazione degli idrocarburi, sia nei terreni che nelle acque profonde.
 - Ferro, Manganese e acido solfidrico nelle acque sotterranee, liberati dalla formazione dello stesso acido solfidrico favorito dalla creazione di un ambiente anaerobico a causa della degradazione degli idrocarburi.
- Indicatori biologici*
- Indici di suzione a livello dell'apparato radicale.
 - Indici fogliari per le colture nelle zone colpite a confronto con opportuni controlli in zone non contaminate.
 - Resa fotosintetica.
 - Batteri degradatori del petrolio (ad esempio UFC).
 - Rapporto tra specie di microfauna dei terreni colpiti a confronto con quelle nei terreni integri.
 - Test di tossicità tramite specifici test

di crescita di cellule vegetali e animali da concordare sia in metodologia che in tipologia secondo la migliore ricerca internazionale.

- Test di tossicità su batteri specifici dei terreni considerati.
- Attività dei complessi enzimatici indotti negli organismi superiori dall'esposizione a petrolio.
- Studio delle Micorrize a livello degli apparati radicali.
- Studio sulla microfauna e microflora acquatica delle risaie colpite a confronto con quelle integre.
- Studio della microfauna e microflora per i corpi d'acqua interessati. (Lo ricordiamo, tutte richieste formulate in un ampio rapporto tecnico delle associazioni ambientaliste dal giugno 1994, ma disattese dall'Agip).

Ancora, il 2 giugno 1995 Legambiente getta l'allarme sulla gravità della situazione ambientale della zona contaminata, fornendo nuovi dati originali che mostravano, in particolare, il permanere di un alto livello di inquinamento dei suoli anche dopo il primo anno di attività di bonifica, confermando in tal modo la fondatezza delle critiche a suo tempo mosse ai progetti di bonifica Agip.

Affermava Legambiente nel suo rapporto "Come occultare un disastro ambientale", che ebbe una limitata eco sulla stampa nonostante la gravità del suo contenuto, e nessun effetto sulle indagini ordinate dalla Magistratura che invece giungevano ad un giudizio assolutamente tranquillizzante sulla pericolosità della situazione ambientale e sanitaria:

"In merito agli interventi di Agip, inutili o addirittura dannosi, è significativo il dato da noi rilevato in un campione di terreno prelevato il 16 marzo 1995, a sud del pozzo TR24, in un'area che Agip aveva provveduto a decorticare: ognuno dei cinque tipi di idrocarburi da noi rilevati era presente in concentrazioni superiori al limite che Agip stessa aveva indicato come la massima concentrazione di idrocarburi totali ammissibile per considerare il

terreno "non inquinato". (complessivamente i cinque idrocarburi ammontavano a 326 mg/kg contro i 50 mg/kg che costituiva il limite ammissibile; inoltre la contaminazione dei terreni bonificati risultava uguale a quella del terreno non bonificato e dichiarato coltivabile; N.d.R.). Tra l'altro, a proposito di tale limite che Agip fissava in 50 mg di idrocarburi totali per Kg di terreno, dobbiamo ribadire che esso è comunque più del doppio dell'unico limite di legge esistente in Italia (Regione Toscana) che sancisce per le zone a destinazione agricola il valore ammissibile di 20 mg/kg. Ma anche prendendo per buono il limite proposto dall'Azienda petrolifera, un altro campione da noi prelevato sempre nel marzo di quest'anno, in un'area dichiarata coltivabile, presentava concentrazioni di idrocarburi di gran lunga superiori: 60 mg/kg di fenildecano, 95 mg/kg di tetrametilpentadecano, 84 mg/kg di esadecano. In quell'area era stato effettuato il "Land farming" ed era, appunto, considerata coltivabile...".

Precedentemente, il 7 ottobre 1994, Legambiente aveva eseguito un'indagine sui terreni superficiali e profondi nell'area interessata dal fall-out dell'eruzione, con prelievo di 10 campioni di terreno superficiale (da 0 a 3-5 cm) e tre carote (fino a 30 cm di profondità, spezzate in tre tronconi di 10 cm cadauno) nell'area a sud del pozzo TR24, sui quali erano stati determinate le concentrazioni di quattro idrocarburi alifatici e aromatici (fenildecano, tetrametilpentadecano, esadecano, esadecano) e un idrocarburo policiclico aromatico (benzo(a)pirene), il più tossico e cancerogeno, ottenendo risultati allarmanti: in ogni campione superficiale furono rilevati valori di idrocarburi totali dell'ordine delle decine di grammi per kg di terreno (mille volte superiori al limite ammissibile per i terreni agricoli), mentre gli IPA erano presenti in concentrazioni dell'ordine delle migliaia di mg/kg (diecimila volte superiori al limite).

Anche il punto più distante dal pozzo contiene, nove mesi dopo il blow out, ancora 20.000 mg/kg di idrocarburi (il limite è 20 mg/kg) e più di 3000 mg/kg di benzo(a)pirene (il limite è 0,1 mg/kg)!

"Ancora più preoccupanti i dati rilevati nelle carote di terreno. Infatti in tutti i tre campionamenti si sono rilevate concentrazioni significative di idrocarburi anche in profondità...superiori al limite di 20mg/kg...è il dato più grave perchè conferma tutte le preoccupazioni riguardanti la penetrazione degli stessi o dei loro metaboliti nel terreno, con i conseguenti drammatici effetti per la possibilità di contaminazioni nei coltivi e il rischio di inquinamento della falda acquifera."

La situazione odierna purtroppo mostra tutti gli effetti di un intervento di bonifica improvvisato e insufficiente.

È infatti accertata la permanenza di una forte contaminazione nei terreni decorticati e nei terreni sottoposti a "land farming", e si riscontra la presenza di notevoli concentrazioni di sostanze organiche nell'acqua di falda; la interpretazione ufficiale di tali riscontri è che si tratta di "sostanze organiche non identificate" che non hanno riferimento con gli idrocarburi, ma ciò è risibile in quanto, come si è ampiamente detto, nessuna ricerca o studio è stato eseguito sulle sostanze di degradazione o che si formano per il metabolismo degli idrocarburi nel terreno.

Agip ha finalmente attivato i sistemi di bonifica del sottosuolo e, forse, della falda, anche se non sappiamo nulla dei suoi esiti, come nulla sappiamo degli esiti delle indagini sulla contaminazione delle colture.

Ci auguriamo che questa storia non ripercorra le vergognose tappe del crimine di Seveso, con le sparizioni e soprattutto le amnesie della Pubblica Amministrazione che, come Agip, sembra interessata all'oblio della popolazione cosicché il prossimo crimine possa essere nuovamente definito come "inaspettato, imprevedibile, incolpevole".