CIVICO MUSEO DI VOGHERA

GRUPPO GEO-PALEONTOLOGICO VOGHERESE

QUADERNI

DELLA SEZIONE DI SCIENZE NATURALI

CON INFORMAZIONI DI

PALEONTOLOGIA - GEOLOGIA - ARCHEOLOGIA
ZOOLOGIA - BOTANICA - ECOLOGIA
DELL'OLTREPÒ PAVESE

ANNO VIII - N. 1 - 2 DICEMBRE 1985

CIVICO MUSEO DI VOGHERA

GRUPPO GEO-PALEONTOLOGICO VOGHERESE

QUADERNI

DELLA SEZIONE DI SCIENZE NATURALI

CON INFORMAZIONI DI

PALEONTOLOGIA - GEOLOGIA - ARCHEOLOGIA
ZOOLOGIA - BOTANICA - ECOLOGIA
DELL'OLTREPÒ PAVESE

ANNO VIII - N. 1 - 2 DICEMBRE 1985

CIVICO MUSEO DI VOGHERA
Gruppo Geo Paleontologico
Vogherese

QUADERNI

della Sezione
di Scienze Naturali

Direttore responsabile
Giuseppe Orlandi

Redazione e Amministrazione
Casella Postale 113
27058 Voghera

Semestrale

Stampa
Tipografia Orlandi Editrice
Via Prinetti, 8 - Voghera

Registrazione N. 52
Tribunale di Voghera
del 10 Marzo 1978

Anno VIII - N. 1-2 Dic. 1985

Sommario

Coccini T.
Malaspina C.
Gazzaniga V.
Inquinamento. Influenze e ripercussioni nell'ambiente . . . pag. 8

Domenico Tropeano
L'Orizzonte torboso tardo - wurmiano nella pianura di Po e Ticino in territorio pavese. Note preliminari . . . . . » 27

Massimo Tizzoni
La Processionaria (Thaumetopea pityocampa) . . . . . » 33

Sergio Mussini
Le formazioni geologiche presenti nell'Oltrepò pavese . . . » 38

Renato Lesmo
Criteri e limiti nella valutazione delle risorse e riserve geotermiche . . . . . » 46

STAMPATO NEL MARZO 1987

LA STAMPA

ALESSANDRIA E PR

Continua l'inchiesta dei giudici sui gravi episodi

Sedici comunicazioni giudiziarie per i fusti velenosi di Carbonara

Inviate dal magistrato anche a un petroliere tortonese tornato in carcere da alcuni giorni e ad alcuni responsabili dell'Ecolibarna, l'industria smaltimento rifiuti tossici di Serravalle Scrivia

Carbonara di Tortona, trovati 1500 fusti nel deposito clandestino

Con maschera antigas cercano i bidoni di veleno nello Scrivia

Cigno reale abbattuto a fucilate a Caravaggio

Piogge acide Milano come la Ruhr

L'ITALIA DELLE SOFISTICAZIONI E DELL'INQUINAMENTO

Altri due morti per il vino Prime misure del governo

Con decreto immediato il ministro dell'Agricoltura Pandolfi ha istituito un certificato Sanità - I viticoltori annunciano provvedimenti d'autocontrollo (sui prezzi e l'origine)

17 Marzo 1986

L'Enpa presenta un esposto sull'uccisione delle 600 volpi

Cane buttato nel Po con una pietra al collo

Incredibile gesto di crudeltà nei confronti di un giovane lupo - Era riuscito a tranciare la corda, ma, ferito, era ormai allo stremo delle forze - Salvato dagli agenti dell'Usl

Un «lager» per serpenti nel rettilario di Stazione Termini

Incredibili condizioni di vita per gli animali

Quattro arresti per acquedotto inquinato: chiesto lo stato di calamità

A Casale quarantamila persone almeno per un mese senz'acqua

Un operaio di Rivalta ucciso dal vino con alcol metilico

Per quanti avessero dubbi sul comportamento umano verso gli animali, l'ambiente ed i propri simili basterebbe leggessero i giornali per avere una precisa opinione in proposito.

Con la prepotenza che lo contraddistingue tra gli esseri viventi l'uomo contamina e avvelena l'ambiente, con rara efficacia sevizia gli animali con incredibile crudeltà, abbatte a fucilate uccelli che la legge protegge senza curarsi dell'estinzione di numerose specie e, per denaro, avvelena in massa i propri simili senza il minimo scrupolo.

COCCINI T. MALASPINA C.** GAZZANIGA V.****

INQUINAMENTO: INFLUENZE E RIPERCUSSIONI NELL'AMBIENTE

SOMMARIO - Definizione di inquinamento. Inquinamento idrico. Sostanze che consumano ossigeno. Microorganismi. Composti organici di sintesi. Stima dei carichi di fosforo. Indice di Vollenweider. Caratteristiche di un bacino idrografico e indici di eutrofizzazione. Carico di fosforo di alcuni laghi italiani. Petrolio. Sostanze radioattive. Sostanze inorganiche. Calore. Inquinamento atmosferico. Composizione dell'aria. Anidride carbonica. Inquinanti da combustione. Consumo di ossigeno atmosferico. Variazioni della temperatura. Rumore. Classificazione dell'intensità dei rumori. Radioattività. Antiparassitari. Inquinamento del suolo. Salvaguardia della natura. Riserve di materie prime. Riserve naturali generali. Riserve naturali particolari. Doveri dell'uomo.

SUMMARY - Definition of pollution. Water pollution: substances which consume Oxygen. Microorganisms. Organic synthesis compounds. Estimation of phosphorus aumount. Vollenweider's index. Charateristics of a drainage-basin and «Eutrofizzation» index. Amount of phosphorus of some italian lakes. Oil. Radioactive substances. Inorganic substances. Heat. Atmospheric pollution: composition of atmospheric air. Cambonic anhydride. Combustion pollutors. Consumption of atmospheric oxygen. Changes in temperature. Noises. Classification of noises intensity. Radioactivity. Antiparaxitics and pesticides. Soil pollution: natura protection. Stock of rough materials. General natural stocks. Particular natural stocks. Man's duties.

INQUINAMENTO

Con il termine generico di «inquinamento» si intende comunemente la presenza, in un determinato mezzo (aria, acqua, suolo e alimenti, ecc.), di sostanze estranee alla composizione normale del mezzo stesso. Ciò può determinare un'alterazione delle proprietà del mezzo considerato, così come una compromissione delle possibilità di utilizzazione dello stesso.

Data la estrema complessità del problema, in questa sede ci limiteremo ad affrontare determinati aspetti, relativi ad alcune possibili conseguenze derivanti dalla contaminazione ambientale.

---

* Istituto di Igiene Università di Pavia
** U.S.S.L. 79 - Voghera
*** Gruppo Geopaleontologico Voghera

INQUINAMENTO IDRICO

L'acqua deve essere considerata l'alimento indispensabile per ogni essere vivente rappresentando il solvente in cui avvengono gran parte delle reazioni chimico-biologiche di un organismo, oltre che il reagente di un buon numero di tali reazioni. La percentuale di acqua di qualunque organismo è solitamente elevata: dal 60% in peso nell'uomo fino al 95% di alcune specie marine quali gli Ctenofori.

Non va dimenticato inoltre che mari e oceani coprono il 72% della superficie del globo, il 97% circa del volume delle acque è costituito da acque salate, il 2% da acqua dolce, l'1% da neve e ghiacciai e lo 0,02% da vapore (nuvole, umidità atmosferica) (1).

Il quantitativo di acqua che viene utilizzato giornalmente è estremamente elevato: oltre alla richiesta idrica di qualunque organismo per la sua propria sopravvivenza, sempre più ingente ne appare l'impiego tecnologico per svariate lavorazioni industriali.

A ciò si contrappone il progressivo impoverimento delle riserve idriche, la cui affidabilità peraltro risulta sempre più compromessa anche sotto l'aspetto qualitativo.

Naturalmente i fiumi, i laghi ed i mari non sono in grado di autoinquinarsi, ma vengono trasformati in veri e propri collettori di rifiuti dall'uomo e dalla sua apparentemente avanzata tecnologia.

Ad un disastro ecologico legato alla morte di forme di vita acquatiche e vegetali fino ad estinzione di certe specie si arriva anche alla inutilizzazione di queste acque per la zootecnia, l'irrigazione e le svariate funzioni cui possono essere destinate (1).

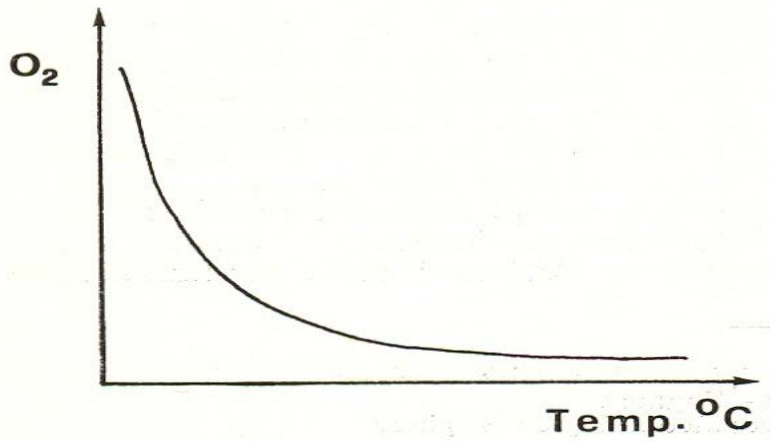
I possibili inquinanti dell'acqua possono essere così suddivisi:

Sostanze che consumano Ossigeno

Appartengono a questo gruppo i rifiuti che contengono carbonio i quali in acqua provocano una reazione del tipo:

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2.$$

La quantità di O_2 normalmente presente nell'acqua può essere valutata in circa 5 mg/litro (5ppm), tenendo però conto che un aumento di temperatura dell'acqua provoca una diminuizione della quantità di ossigeno disciolto secondo una relazione di tipo:



Per avere una valutazione sul grado di inquinamento di un'acqua si può pertanto procedere alla determinazione della quantità di ossigeno consumato da parte delle sostanze in essa presenti.

Tale consumo viene espresso in BOD_5 (Biochemical Oxigen Demand), esso comprende la totale richiesta di O_2 delle sostanze inorganiche (che sono ossidate molto rapidamente) e solo una parte della richiesta di ossigeno delle sostanze organiche (le quali richiedono un tempo più lungo). L'ossidazione di 1 g. di carbonio richiede ad esempio 3 g. di ossigeno: questo vuol dire che in una normale macchia d'olio (pochi microlitri) sono necessari 5 litri di acqua per complessare il carbonio.

La BOD_5 rilevabile in liquami urbani raggiunge valori circa 200 volte superiori rispetto a quello dell'acqua pura; rilievi effettuati su scarichi di industrie alimentari hanno evidenziato valori circa 10.000 volte più elevati di quest'ultimo.

Al di sotto di una determinata concentrazione di ossigeno disciolto nell'acqua si verificano dei caratteristici fenomeni biologici quali la riduzione nello sviluppo degli organismi aerobi (procarioti vegetali e animali) ed il conseguente incremento delle forme di vita anaerobiche.

In tali condizioni l'ossidazione del carbonio porta alla formazione in prevalenza di composti tipici quali metano (CH_4), ammoniaca (NH_3) e idrogeno solforato (H_2S) responsabili delle alterazioni organolettiche facilmente percepibili.

Microorganismi

La flora microbica presente in qualunque acqua naturale può essere suddivisa in: Flora naturale o AUTOCTONA o ENDOGENA e Flora alloctona o di Contaminazione.

La flora autoctona comprende due tipi di microorganismi: germi autotrofi e germi oligotrofi.

I germi autotrofi hanno scarsa importanza igienistica. Sono germi ambientali che vivono normalmente in un'acqua. Sono difficili da classificare e sui normali terreni di coltura non crescono perchè gli aminoacidi ed i polipeptidi inibiscono la loro crescita.

I germi oligotrofi richiedono per il loro sviluppo quantitativi, se pur minimi, di sostanze organiche. Sono nella maggior parte dei casi germi Gram negativi, bastoncellari, non sporigeni, aerobi obbligati o facoltativi, psicrofili. Appartengono a quattro generi: Pseudomonas, Xanthomonas, Acinetobacter e Flavobacterium.

Esistono anche dei Gram positivi che sono dei micrococchi.

Non son mai stati segnalati casi patologici determinati da ta li germi ingeriti con l'acqua. Ciò per due motivi: a) sono germi psicrofili e perciò all'interno dell'organismo non riescono a svilupparsi bene e b) perchè subiscono la concorrenza vitale della flora batterica intestinale. Hanno significato perchè ogni acqua possiede una sua mappa batterica costante. Se vi è variazione dei germi oligotrofi significa che vi è stata immissione di sostanze organiche o contaminazione.

La flora alloctona è quella che dà gli elementi più attendibili per valutare il grado di potabilità di un'acqua.

Essa risulta costituita da tre tipi di germi: germi saprofiti che non appartengono alla flora autoctona, germi saprofiti indi-

catori di contaminazione (coliformi, enterococchi e clostridi anaerobi), germi patogeni (Salmonella).

Composti organici di sintesi

Queste sostanze provocano il fenomeno dell'EUTROFIZZAZIONE; molto conosciuto per la sua importanza è quello che si verifica nei bacini lacustri. Con questo termine si intende un «arricchimento in nutrienti», sostanze cioè indispensabili per la crescita della flora acquatica.

Tale arricchimento provoca, nelle acque di un lago, un rigoglioso sviluppo del fitoplancton, ripercuotendosi su tutti i livelli successivi della catena alimentare e determinando un incremento nella biomassa complessiva degli altri microorganismi, compresi i pesci.

L'eutrofizzazione fa sì che un lago oligotrofico, cioè scarsamente rifornito di nutrienti con produzione biologica limitata e caratterizzato da acque trasparenti, cambi le sue caratteristiche raggiungendo una alta produzione di fitoplancton, un intorbidimento delle acque e una riduzione del contenuto in ossigeno disciolto nelle acque profonde. In particolare i detersivi, ricchi di fosforo ed i fertilizzanti, ricchi sia di fosforo che di azoto, provocano, per l'eccessiva immissione di questi elementi l'abnorme sviluppo di alghe che per la fioritura richiedono elevati quantitativi di fosfati (Fig. 1); a ciò va aggiunto il notevole consumo di ossigeno caratteristico di tali organismi.

Tra gli effetti legati all'eccessiva «fertilizzazione» delle acque lacustri, va tenuta presente la modificazione della flora algale con prevalenza di Cianoficee (alghe azzurre) sulle altre specie di alghe.

Va ricordato, a tale proposito, che talune cianoficee sono in grado di sintetizzare sostanze tossiche che appaiono in grado di fissare l'azoto atmosferico per il loro metabolismo.

FONTE	TONNELLATE PER ANNO	PERCENTUALE
SCARICHI DOMESTICI	35 837 { 19 598 - DETERSIVI 15 239 - METABOLICI	60 65 { 33,17 27,48
TERRENI AGRICOLI	10 518	17,80
ZOOTECNICA	7884	13,34
INDUSTRIA	3584	6,07
SUOLI INCOLTI	1265	2,14

Fig. 1 - Stima dei carichi di fosforo, per il territorio nazionale, riversati nei bacini idrici. Il carico domestico risulta il più gravoso e l'apporto dei detersivi in cui il fosforo svolge il ruolo di tenisoattivo (sarebbe sostituibile con altri composti chimici) è quantitativamente pesante. (2)

Il cambiamento qualitativo e quantitativo della vegetazione provoca altresì modificazioni nel patrimonio ittico con progressiva scomparsa delle specie più pregiate ed esigenti in termini di purezza dell'acqua ed incremento delle specie più resistenti, ma di qualità inferiori.

Per esempio partendo da acque pulite e poco produttive, caratterizzate da popolazioni di salmonidi (esempio trote), con lo aumento della trofia del lago, si tende sempre di più verso una popolazione ittica dominata da ciprinidi (esempio scardola) (2).

Studi condotti da ricercatori dell'Istituto italiano di Idrobiologia di Pallanza hanno messo in luce la situazione trofica dei laghi subalpini sulla base dei consumi ipolimnici (cioè relativi alla zona più profonda e fredda del lago) di ossigeno ed hanno stabilito la seguente graduatoria: lago di Garda, d'Iseo, Maggiore, di Como.

Il lago di Garda rappresenterebbe, di gran lunga, il bacino con acque più limpide e meno produttive e il lago di Como appare il più eutrofico. Per le piante superiori gli elementi minerali indispensabili richiesti in maggiore quantità sono: fosforo, azoto, calcio, potassio, zolfo, magnesio.

Nel caso delle alghe planctoniche azoto e fosforo sembrano essere gli elementi limitanti, cioè quelli presenti nell'habitat acquicolo in quantità più ridotta rispetto alle richieste fisiologiche dei popolamenti fitoplanctonici.

Si intuisce che riducendo l'immissione di questi elementi nelle acque superficiali si affronterebbe alla radice il problema del controllo dell'eutrofizzazione.

Prendendo in considerazione il rapporto $\frac{N}{P}$ delle acque, il fosforo appare limitante per valori di tale rapporto maggiori di 10, mentre l'azoto lo è per valori inferiori a 5 (condizione rara in corpi idrici naturali non soggetti a immissione di liquami).

Attualmente si tende a ritenere il fosforo l'elemento limitante nella maggior parte dei casi dello sviluppo algale.

Per determinare le concentrazioni di fosforo nelle acque vanno considerati i processi di afflusso e di perdite.

Le perdite sono dovute all'utilizzazione del fosforo da parte dei vegetali, alla sedimentazione e alle uscite dall'emissario del lago.

Gli afflussi derivano dalle sorgenti di fosforo situate a monte del lago e possono essere suddivise in due tipi: «puntiformi» e «diffuse».

Quelle «puntiformi» hanno una precisa dislocazione sul territorio e si identificano con gli scarichi fognari, zootecnici e industriali; da qui si può vedere quanto sarebbe semplice, mediante un censimento, risalire al carico di fosforo inviato al lago con opportuni calcoli.

Per contrasto quelle «diffuse» consistono nella liberazione di fosforo dagli stessi terreni agricoli (2).

In termini tecnici il carico di fosforo relativo ad un bacino idrografico viene espresso in «carico specifico in superficie» e viene valutato generalmente in grammi di fosforo immesso ogni anno per ogni metro quadrato dello specchio di acqua considerato.

Vollenwaider su questa base ha evidenziato una relazione tra

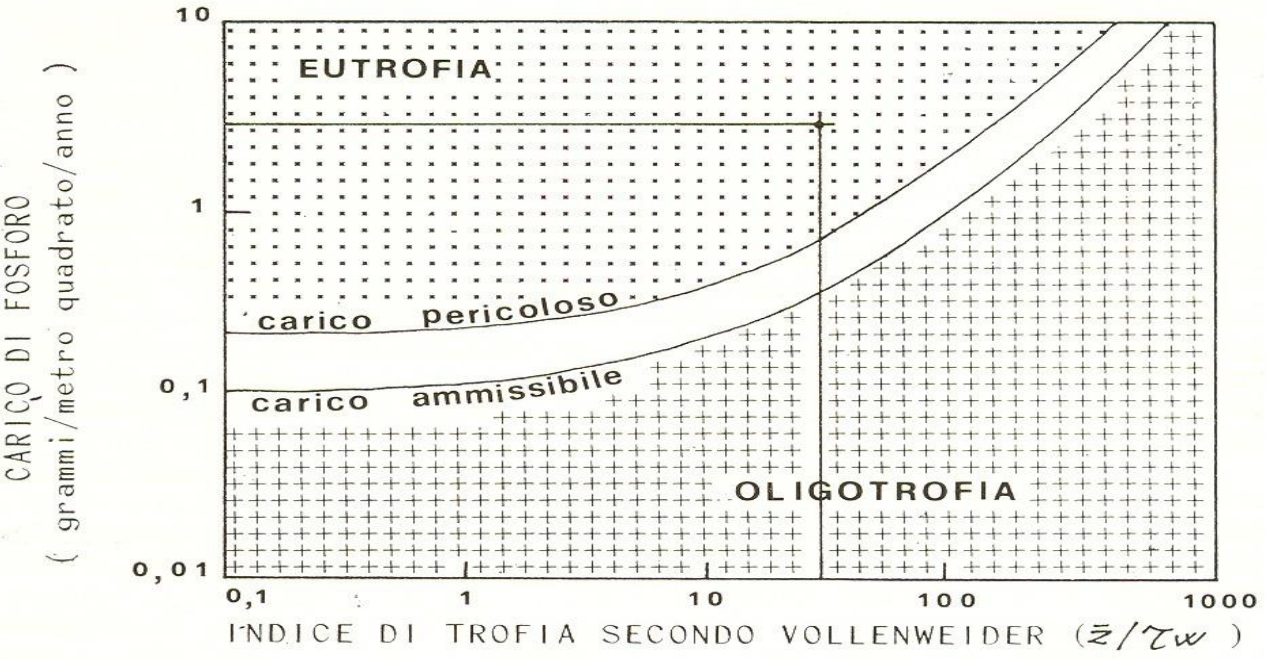


Fig. 2 - Uno dei più noti modelli di Vollenweider permette di prevedere la situazione trofica di un lago, partendo dai dati di afflusso di fosforo e dalle caratteristiche idrauliche del bacino. Al di sotto della curva di «carico ammissibile», il lago conserva condizioni oligotrofiche. Il superamento della curva di «carico pericoloso» porta all'eutrofia. Facciamo un esempio impiegando valori relativi al lago d'Iseo. Questo bacino ha una profondità media, z, uguale a 124 metri; un tempo teorico di rinnovo delle acque, rw, pari a circa 4,1 anni. Il rapporto z/rw vale quindi 30. Una plausibile stima del carico di fosforo in superficie dà 3 grammi per metro quadrato per anno. Riportando in grafico i due valori (linee in colore) si individua un punto al di sopra della linea di carico pericoloso. E' quindi prevedibile una evoluzione delle condizioni del lago di Iseo verso l'eutrofia (2).

la profondità media dei laghi e il loro stato trofico (Fig. 2).

La relazione evidenziata nello schema permette di individuare a quale delle tre categorie: oligotrofia, mesotrofia, eutrofia, appartiene un lago in funzione della sua profondità media, del carico di nutrienti immessi e, fattore molto importante del tempo teorico di rinnovo delle acque.

Bisogna tuttavia tener presente che in natura non esistono solo questi tre casi, ma un «continuum» di situazioni che vanno dalla estrema oligotrofia all'eutrofia più spinta.

Nel campo della limnologia si è avvalsi di una più precisa definizione per stabilire il livello di trofia.

Questa formulazione generalizzabile a tutti i laghi è stata introdotta da R. E. Carlson con il termine: «indice di stato trofico» (TSI, Trophic State Index).

Il TSI può essere ottenuto partendo da uno dei seguenti parametri correlati tra loro: concentrazione invernale di fosforo, concentrazione estiva di clorofilla e trasparenza estiva dell'acqua (Fig. 3).

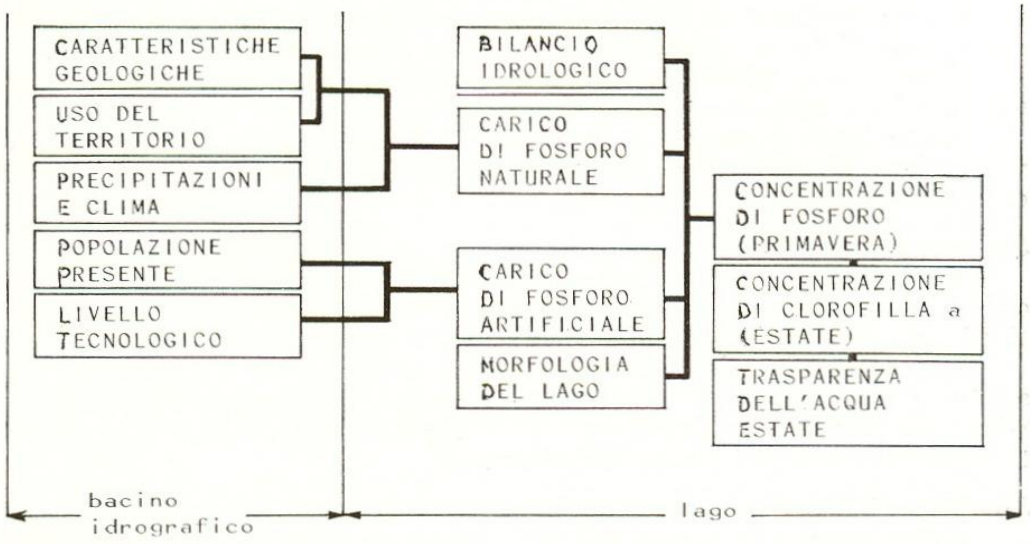


Fig. 3 - Schematizzazione delle connessioni tra le principali caratteristiche di un bacino idrografico e di un qualsiasi lago e alcuni degli indici di eutrofizzazione più comunemente uitilizzati (2).

Nel periodo estivo quando le condizioni di luce e di temperatura sono ottimali per lo sviluppo del plancton, la torbidità è maggiore rispetto a quella invernale e così anche la concentrazione di clorofilla è aumentata a causa della aumentata biomassa planctonica.

Il grado di trasparenza di un'acqua viene valutato utilizzando il disco di Secchi che è bianco e con diametro di 20 cm.

Esso viene calato in acqua con una fune fino a che un osservatore posto sulla verticale non riesce più a distinguerlo.

Esso scompare alla vista ad una diversa profondità proporzionalmente alla massa che intorbidisce l'acqua sovrastante poichè questa assorbe la luce riflessa del disco in modo tale da renderlo non più visibile.

Il TSI può essere calcolato con la seguente formula:

$$TSI = 10 \cdot (6 - \log_2 SD)$$

SD = profondità, espressa in metri, ottenuta con l'impiego del disco di Secchi.

Il TSI così definito assume valori 0 per SD = 64 metri, valore teorico mai raggiunto, valore 10 per SD = 32 metri e valore 60 con 1 metro di visibilità.

I valori compresi tra 0 e 40 indicano condizioni oligotrofiche, da 40 a 50 mesotrofiche, da 50 in su eutrofiche.

Petrolio

E' questo un problema che interessa in particolare le acque salmastre. Nel mare infatti si versano migliaia di tonnellate di petrolio e catrame che provengono dalle acque di lavaggio dei serbatoi delle petroliere.

Secondo statistiche italiane risalenti agli anni settanta nel nostro Paese in un anno venivano scaricati circa 101 milioni di ton-

nellate di petrolio di cui secondo valutazioni ottimistiche solo 360 mila tonnellate si disperderebbero nel Mediterraneo.

Non vanno però dimenticati gli altri Paesi che si affacciano nel Mediterraneo stesso.

Altre fonti ritengono che il solo lavaggio delle cisterne determinerebbe l'immissione nei nostri mari di circa 6.000 tonnellate di petrolio.

Sostanze radioattive

Può trattarsi sia di rifiuti radioattivi di industrie varie scaricati direttamente nei corpi idrici sia resdui contenuti in recipienti di non sicura tenuta alla pressione e corrosione.

La dispersione in mare di queste sostanze, soprattutto se presentano un tempo di decadimento lungo, costituisce un pericolo rilevante per la vita degli animali e vegetali marini con conseguenti ripercussioni sul globo terrestre.

Sostanze inorganiche

Attualmente le acque del Reno trasportano al Mare del Nord 85.000 kg di Mercurio, 1 milione di kg di Arsenico, 200.000 kg di Cadmio, 1 milione e mezzo di kg di Piombo, 2 milioni e 900.000 kg di Rame, 9 milioni di kg di Zinco e 20.000 kg di Cromo (3).

Già nel 1953 in Giappone si verificarono episodi di intossicazione dovuti alla ingestione di prodotti ittici contaminati da mercurio che portarono al decesso di centinaia di persone (Minamata-disease). Analoghe segnalazioni negli anni scuccessivi sono pervenute da svariate altre regioni della terra.

Calore

Questo tipo di contaminazione è diventato via via più rilevante in questi ultimi anni a causa delle applicazioni sperimentali dell'energia nucleare.

La continua immissione di calore «artificiale» nelle acque è in grado di provocare un'alterazione dei processi biologici quali ad esempio i cicli di maturazione delle uova; è evidente comunque che qualsiasi reazione chimica risulta influenzata dalla temperatura.

INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Il discorso relativo all'inquinamento idrico appare strettamente correlato a quello atmosferico in quanto l'acqua piovana, all'origine assimilabile all'acqua distillata, attraversando gli strati atmosferici tende ad inquinarsi progressivamente ed anche questo concorre a peggiorare la situazione idrica mondiale.

La composizione dell'aria atmosferica è:

N_2	78,03%
O_2	20,94%
CO_2	0,03%
gas rari	1,00% (soprattutto argon) e quantità variabili di vapor acqueo.

Questa composizione percentuale è relativa agli strati dell'atmosfera più vicini alla Terra che costituiscono la cosiddetta TROPOSFERA, alta circa 10-12 km SM (Sopra il livello del Mare), nel-

la quale il continuo rimescolamento dell'aria prodotto dai venti e dai moti convettivi ascendenti e discendenti annulla gli effetti delle cause che dovrebbero portare alla disuniformità nella composizione dell'atmosfera.

Tra queste cause vi sono le combustioni ivi comprese le respirazioni degli esseri viventi che tendono ad aumentare il tasso di CO_2 ed a diminuire quello di O_2 anche se questo in parte viene compensato dalla utilizzazione della CO_2 da parte delle piante con conseguente produzione di O_2.

Anidride carbonica

L'inquinamento atmosferico può avvenire in due modi: o in seguito alla immissione di sostanze normalmente assenti nell'aria o a causa delle variazioni nella composizione percentuale dei gas normalmente presenti.

Entrambi questi due fenomeni possono verificarsi in seguito alla combustione di carburanti e petrolio dovuti alla circolazione di un numero sempre maggiore di mezzi di trasporto quali autoveicoli e aeroplani.

Già in Italia nel 1970 la combustione di 12 miliardi di litri di carburante e 45 miliardi di Kg di petrolio e derivati ha prodotto oltre 129 milioni di tonnellate di sostanze inquinanti (Fig. 5), 2.240 chilogrammi per ogni cittadino italiano.

anidride carbonica	107.500.000 tonn.
ossido di carbonio	17.500.000 »
anidride solforosa	1.630.000 »
nitriti	675.000 »
carburante incombusto . . .	2.000.000 »
piombo tetraetile	6.000 »
	129.311.000 tonn.

Fig. 5 - Principali prodotti inquinanti derivati dalla combustione di carburanti liquidi in Italia (1).

Il velenosissimo ossido di carbonio (CO) che viene prodotto e scaricato annualmente nell'aria nella quantità di 200.000 tonnellate, solo in scarsa misura viene usato da determinate specie di microorganismi per il loro metabolismo secondo modalità ancora non del tutto chiare.

Ogni anno secondo alcuni ricercatori si consuma tutto l'O_2 dell'atmosfera sovrastante un territorio di 1.700.000 Kg^2 cioè come i territori della Italia, Svizzera, Francia, Spagna, Germania occidentale messi insieme (Fig. 6).

Principali utilizzazioni di ossigeno atmosferico	tonnellate di ossigeno consumato
si bruciano 1.500.000.000.000 di tonn. di carboni fossili e legna	4.000.000.000.000
si bruciano 2.000.000.000 di tonn. di prodotti petroliferi	7.300.000.000
si ossidano materie varie per un totale presunto di	1.000.000.000
si respirano 600 litri/giorno di ossigeno per 3.000.000.000 di uomini	1.000.000.000
per la respirazione di animali e piante (presunta)	1.000.000.000
combustione di 800.000.000 mc di metano naturale (presunta) .	2.000.000
Totale annuo del consumo di ossigeno	4.010.302.000.000

Fig. 6 - Consumo di ossigeno atmosferico annuale secondo Montelucci (1).

Secondo altri la situazione sarebbe ancora più drammatica in quanto il consumo annuale di O_2 atmosferico sarebbe a loro avviso di circa il 10% del quantitativo totale presente nell'atmosfera (2). I vegetali però, come detto prima, rappresentano delle buone fonti di O_2 atmosferico. Oltremodo utile appare quindi procedere ad una riduzione della distruzione delle piante e ad un aumento del rimboschimento e delle colture vegetali in genere. In realtà avviene esattamente il contrario, per la forte richiesta di legname sul mercato mondiale, e ciò provoca talvolta lo sfruttamento irrazionale delle foreste.

I due terzi delle foreste del mondo sono state distrutte e solo in parte sostituite con colture agrarie e forestali oppure successivo abbandono delle terre che, dopo essere state disboscate per essere sfruttate con colture agrarie, sono diventate desertiche. Naturalmente il tutto comporta un consumo di ossigeno e aumento del tasso di anidride carbonica nell'aria.

Si calcola che circa 50-70% dell'ossigeno atmosferico sia prodotto dai vegetali acquatici; anche questo processo viene tuttavia ostacolato dal continuo inquinamento specie da idrocarburi che, interponendosi tra aria e acqua, impediscono gli scambi gassosi.

Ciò naturalmente oltre all'azione tossica diretta di queste sostanze sia sui vegetali sia sulla fauna acquatica con conseguente alterazioni del carico biologico.

Secondo Cousteau i danni sono tali che la fauna globale ha avuto una diminuizione di oltre il 30% negli ultimi trent'anni (2).

Ovviamente anche la vegetazione terrestre risente degli inquinamenti atmosferici.

Come conseguenza delle combustioni di ogni tipo nell'atmosfera ogni anno vengono imesse 20 miliardi di tonnellate di CO_2 e si pensa che fra 25 anni la cifra sarà sestuplicata.

E' stato dimostrato come l'aumento di CO_2 nell'atmosfera alteri l'equilibrio termico della terra in quanto essa funziona da schermo unidirezionale. E' cioè trasparente alle radiazioni di lunghezza d'onda comprese nel campo del visibile quindi è permeabile alle radiazioni infrarosse, a lunghezza d'onda più lunga, formando quindi uno schermo opaco alle radiazioni provenienti dalla terra.

Questo fenomeno è detto «Effetto Serra».

J. E. Hansen e colleghi (4) hanno esaminato i dati della temperatura di tutto il mondo nel secolo compreso tra il 1880 e il 1980 e hanno potuto constatare un aumento della temperatura di circa 0,5 ^0C fra il 1885 e il 1940 con un lieve raffreddamento negli anni successivi.

La temperatura media in questo periodo si sarebbe perciò innalzata di 0,4 ^0C, un cambiamento in armonia con i loro calcoli secondo i quali in quello stesso periodo l'aumento della CO_2 nell'atmosfera era valutabile in 43 parti per milione (ppm).

La correlazione fra CO_2 e temperatura però non è del tutto esatta: occorre infatti prendere in considerazione altri fattori come gli aerosol vulcanici i quali anch'essi influiscono sulla temperatura mondiale.

Uu aumento della concentrazione della CO_2 di due o tre volte potrebbe provocare dei danni molto gravi alle diverse latitudini perchè ciò determinerebbe un cambiamento nell'ambiente climatico: alcune regioni ne trarrebbero anche vantaggio mentre altre sicuramente riporterebbero grossi danni.

Una possibile conseguenza dell'aumento climatico, ampiamente discusso, è la scomparsa dei ghiacciai dell'Antartide occidentale, che secondo molti studiosi di glaciologia sono instabili per il fatto che in gran parte si trovano sotto il livello del mare.

Il volume del ghiaccio sopra il livello del mare è pari a circa 2 milioni di Kg^3. Se tutta questa massa si riversasse nell'oceano, il livello del mare salirebbe di circa 5-6 metri, inondando molte città e molti terreni coltivati in particolare in Olanda, Bangladesh, nelle pianure litoranee del sud degli Stati Uniti e in molti delta fluviali popolati di tutto il mondo; la Florida ad esempio sarebbe per metà ricoperta dall'acqua.

Ai pericoli della CO_2 si aggiungono i prodotti di scarico di natura gassosa e polverosa rilevanti soprattutto nei centri urbani, in particolare in presenza di attività industriali.

Nei centri urbani si verificano effetti caratteristici dovuti ad attività umane quali le combustioni per il riscaldamento, l'incenerimento dei rifiuti ecc.

Alcuni ricercatori americani hanno potuto valutare che una centrale termica può emettere ogni giorno circa 500 tonnellate di prodotti solforati.

La stessa fonte riferisce che l'anidride solforosa immessa giornalmente nell'atmosfera a livello mondiale è stata valutata in oltre 60.000 tonnellate.

Non va trascurato che un motore di autoveicolo produce 3,37 forosa, ossido di carbonio, idrocarburi incombusti, particelle solide; più Kg. 20,22 di CO_2 per 10 litri di benzina consumati.

E' stato calcolato che a causa del traffico stradale a Milano ogni giorno nell'aria si liberano 7 quintali di piombo, 20 tonnellate di ossido di azoto, 600.000 m^3 di ossido di carbonio, 120 tonnellate di carburante non bruciato e altri inquinanti (2).

I danni alla salute pubblica (ospedalizzazione, perdita di lavoro o di profitto, medicinali ecc.) in Italia hanno raggiunto valutazioni in denaro esorbitanti senza contare quelli che non si possono facilmente valutare in cifre per l'incertezza di molte rilevazioni, per la ripercussione tardiva o cronica di molti fattori e per le reazioni occulte non sicuramente attribuibili a cause immediate e definite (2).

Oltre ai gravi danni degli inquinanti atmosferici sull'uomo e sugli animali, conseguenze non trascurabili sono evidenziabili anche sul patrimonio sociale dove con sempre maggiore frequenza troviamo intaccati e distrutti beni immobili (edifici, ponti ecc.) così come sul patrimonio culturale (monumenti, opere d'arte, libri ecc.).

I danni causati al patrimonio culturale italiano nel 1968 sono stati valutati in 36 miliardi di lire, nel 1970 in 42 miliardi e si prevede che l'entità sarà salita ad una cifra oscillante nel 1985 tra i 134 e 158 miliardi di lire.

Negli Stati Uniti si è potuto constatare che già nel 1966 i responsabili dell'inquinamento atmosferico erano così suddivisi:

Trasporti	59 %
Industria	18,7%
Centrali elettriche	12,5%
Impianti di riscaldamento	6,3%
Eliminazione dei rifiuti	2,6%

Rumori

Fra gli inquinamenti più palesi e forse meno considerati soprattutto negli agglomerati urbani vi è quello da suoni, rumori, vibrazioni di ogni genere e origine (musica, elettrodomestici, industria, traffico) e radiazioni (campi magnetici emessi da apparecchi e linee elettriche, teletrasmissioni).

La dannosità dei rumori e delle vibrazioni hanno ripercussioni sull'uomo soprattutto a livello psichico e fisico investendo particolari settori della psichiatria, della medicina comune e del lavoro (Fig. 7).

PERICOLO DI DANNI FISICI	140	
	130	partenza di un jet
DOLOROSO	120	
	110	sirena ambulanza
ASSORDANTE	100	
	90	motori pesanti
MOLTO ALTO	80	
	70	cocktail party
ALTO	60	
	50	traffico medio
MODERATO	40	
	30	conversazione
LEGGERO	20	
	10	fruscio di foglie
	0	

Fig. 7 - Classificazione dell'intensità di alcuni rumori di diversa origine (le misure sono espresse in decibel) (1).

Radioattività

I prodotti radioattivi derivanti dalla produzione di armamenti nucleari e dalle centrali elettriche hanno effetti irreversibili per certe alterazioni indotte dalle radiazioni con possibili ripercussioni sulle generazioni sia animali che vegetali susseguenti a quella che ha subito la contaminazione diretta.

E' stato calcolato che in periodo postbellico un milione di bambini di tutto il mondo sono deceduti perchè colpiti da radiazioni derivanti da esplosioni atomiche; la maggior parte degli episodi conosciuti sono relativi agli Stati Uniti circa 400.000.

In Alaska ad esempio sono stati trovati «Karibù radioattivi» per essersi cibati di licheni che avevano concentrato tali prodotti.

Nell'Ontario orientale, in Canada, per anni le industrie dell'uranio hanno versato prodotti radioattivi di rifiuto nei due laghi dai quali la città di Elliot-Lake attingeva l'acqua potabile che diventava anch'essa radioattiva.

Ricerche di M.H. Veik hanno evidenziato l'incremento di leucemie, malformazioni congenite e aborti in prossimità delle installazioni atomiche e nucleari.

Va ricordato ad esempio a questo proposito come le radiazioni ionizzanti (raggi x, raggi γ, raggi cosmici) siano state il primo agente mutageno scoperto da Muller nel 1927 ed abbiano la caratteristica di non presentare una dose soglia per esplicare il loro effetto mutageno. Questo implica che anche per una dose minima si potrà riscontrare un effetto ovviamente di entità proporzionale all'entità della dose stessa.

Si può pertanto concludere che non esiste una dose tanto piccola da non indurre qualche mutazione genica.

Oltre a questi rischi genetici si aggiungono quelli individuali relativi ad alterazioni patologiche dell'individuo che in qualche modo viene a contatto con radiazioni (dermatiti, tumori, leucemie).

Da qui la necessità di una serie di misure precauzionali quali:

a) la sospensione delle esplosioni atomiche nell'atmosfera. Ogni esplosione comporta infatti la formazione di enormi quantità di sostanze radioattive che ricadono sulla Terra e che, entrando nella catena alimentare, arrivano all'uomo.
b) cautela prima di impiantare nuove centrali industriali basate sull'energia atomica (centrali elettronucleari, motori atomici ecc.).

Antiparassitari

Nell'atmosfera è possibile anche trovare gli insetticidi e numerosi altri antiparassitari sempre più largamente usati in agricoltura per distruggere piante e insetti infestanti le colture.

Queste, come altre sostanze tossiche, possono arrivare fino all'uomo attraverso le varie tappe delle catene alimentari.

Fenomeni di intossicazioni traggono origine non solo dalla dispersione di queste sostanze tossiche nell'aria, ma anche in seguito alla loro persistenza nel suolo e nelle acque superficiali.

Molti Paesi ad elevato livello socio-economico pur avendo proibito l'uso dei vari antiparassitari dannosi all'uomo nel loro territorio producono le medesime sostanze per commercializzarle ai paesi in via di sviluppo che nella maggior parte dei casi, purtroppo, se ne servono in maniera scriteriata.

Il più noto tra gli antiparassitari, il Diclorodifeniltricloroetano (DDT), di cui ancora in anni recenti, prima della emanazione della relativa ordinanza ministeriale, veniva fatto un larghissimo impiego in campo agricolo, forestale e industriale, tende ad accumularsi nei tessuti adiposi animali e può verificarsi una mobilitizzazione massiva in particolare nelle fasi più delicate per esempio quando per malattia o processi fisiologici si verifica una eccessiva lipolisi.

Casi noti sono per esempio quelli relativi al rinvenimento del DDT nell'organismo di lattanti nutriti di latte materno contaminato o di latte vaccino prodotto da mucche che avevano concentrato lo stesso composto.

La contaminazione da insetticidi ha raggiunto anche le uova degli uccelli minacciando di estinzione certe specie che si nutrivano di animali contaminati; sono stati segnalati casi di svariati

uccelli da preda trovati morti in seguito alla ingestione di questi animali.

Bisogna inoltre sottolineare che l'uso massivo e irrazionale degli insetticidi ha portato all'insorgere del fenomeno della resistenza di numerose specie di insetti contro queste sostanze.

Da qui la necessità immediata di trovare forme alternative agli insetticidi per salvaguardare la flora e la fauna mondiale.

INQUINAMENTO DEL SUOLO

L'inquinamento del suolo può avvenire direttamente tramite i prodotti inquinanti che l'uomo deposita sulla superficie o in profondità, o indirettamente rappresentando il suolo stesso un recettore dei contaminati atmosferici e idrici.

Le attività umane di vario genere producono enormi quantità di rifiuti che si accumulano con un ritmo impressionante proporzionalmente superiore all'incremento della popolazione.

Le attività agricole presentano un aumento annuo di circa il 3%, quelle minerarie del 5% e quelle industriali di oltre il 7%: tutto questo porta ad un incremento nel quantitativo delle sostanze di rifiuto con tutti i problemi ecologici, economici e sociali che ne conseguono.

La distruzione di tali rifiuti mediante incenerimento a livello di suolo non appare essere un metodo razionale in quanto comporta consumo di ossigeno e produzione di anidride carbonica, di fumi e, specialmente nel caso delle materie plastiche, di sostanze volatili nocive.

Non va dimenticato infine come l'inquinamento diretto del suolo potrebbe inoltre avere ripercussioni sull'atmosfera e sulle riserve idriche già in parte compromesse da infiltrazioni di sostanze nocive. La stessa capacità dell'ambiente di disperdere i prodotti tossici può, in determinati casi, contribuire alla maggiore disseminazione, nel tempo e nello spazio, di sostanze estremamente pericolose.

Possibilità per la salvaguardia della natura

Pur avendo affrontato separatamente i problemi relativi all'inquinamento dell'acqua, del suolo e dell'aria per semplicità è chiaro invece che ciascuno di questi fenomeni è collegato agli altri poichè la vita sulla terra è regolata armoniosamente secondo un giusto equilibrio biologico.

Le diverse forme di inquinamento possono alterare alcune catene alimentari provocando variazioni ad altre componenti come reazione o compensazione dei fattori alterati.

Variazioni oltre i limiti, non compensate, provocano la rottura del sistema esistente e possono generare l'instaurarsi di nuovi equilibri che assai spesso sono causa di gravi dissetsi con ripercussioni negative anche sull'uomo (1).

Da questi dati risulta chiaro che gli effetti dell'azione dell'uomo sul mondo sono allarmanti e quantomai utilitaristici ed egoistici. Le attività umane rivolte allo sfruttamento indiscriminato delle risorse naturali per un fine immediato senza considerare le possibili conseguenze a lungo termine (Fig. 8).

Materia prima	Durata delle riserve mondiali di materie prime secondo un		Consumo degli USA (% del totale mondiale)
	indice di consumo statico (anni)	indice di consumo esponenziale (anni)	
alluminio	100	31	42
cromo	420	95	19
carbone	2300	111	44
cobalto	110	60	32
rame	36	21	33
oro	11	9	26
ferro	240	93	28
piombo	26	21	25
manganese	97	46	14
mercurio	13	11	24
molibdeno	79	34	40
gas naturale	38	22	63
nichel	150	53	38
petrolio	31	20	33
gruppo del platino *	130	47	31
argento	16	13	26
stagno	17	15	24
tungsteno	40	28	22
zinco	23	18	26

(*) Platino, osmio, rodio, iridio, palladio, rutenio.

Fig. 8 - Durata (calcolata in anni) delle riserve mondiali delle principali materie prime secondo un indice di consumo costante (statico) o secondo l'indice di consumo esponenziale più rispondente alla realtà attuale (1).

L'uomo è riuscito in pochi millenni a trasformare il mondo rendendo, in certe zone, anche molto vaste, la vita impossibile oltre che a se stesso anche ai vegetali ed agli animali.

Con i mezzi tecnici di cui oggi disponiamo e grazie al continuo incremento della popolazione mondiale, siamo in grado di agire molto più rapidamente e a fondo sulla natura arrivando a distruzioni di zone non ancora raggiunte.

Le zone ancora in buone condizioni sono limitate e in esse l'equilibrio biologico fra le diverse forme di vita è mantenuto dalla integrità delle condizioni naturali.

Questi capitali territoriali che ancora esistono (per esempio in Canada, Brasile, Nuova Guinea, Asia, in Africa e in altre regioni) dovrebbero essere considerati come patrimonio dell'umanità ed occorrerebbe pertanto salvaguardarli dalle mire economiche di pochi, per il puro scopo del rendimento immediato, senza tener conto degli effetti negativi che certi progetti potrebbero avere sui diversi ecosistemi.

In natura si devono distinguere le risorse naturali rinnovabili da quelle non rinnovabili.

Per risorse rinnovabili, naturalmente entro un certo limite, si intendono tutti gli esseri viventi, l'aria, l'acqua e il suolo; non rinnovabili sono per contro i minerali.

Se le risorse rinnovabili venissero trattate con intelligenza e rispetto potrebbero permanere come patrimonio perenne.

Si tratta, in definitiva, di una questione di economia ecologica intesa a salvaguardare ogni risorsa sia per la sua importanza intrinseca, sia per il suo significato spesso indispensabile al mantenimento e all'equilibrato sviluppo della vita umana.

Oggi la vita in vasti territori risulta difficile proprio per la cattiva amministrazione del patrimonio naturale nei secoli passati.

Queste ed altre constatazioni fanno trasparire l'importanza dell'uomo per la «conservazione della natura» intesa come mantenimento ed utilizzazione dei suoi elementi in modo razionale evitando l'esaurimento delle risorse naturali rinnovabili con le possibili conseguenze ad esempio a livello di clima e di composizione armonica di tutti gli elementi vitali e non vitali che costituiscono l'ambiente naturale.

Strettamente unito al concetto di «conservazione» vi è quello di «protezione»

E' necessario infatti non solo proteggere organismi e manifestazioni naturali particolari, ma anche conservare l'ambiente in cui queste condizioni possono trovare la loro realizzazione (1).

Oggigiorno ci si trova pertanto difronte a due tipi di problemi: riparare i danni già causati in passato per non peggiorare una situazione già grave in certe zone ed evitare che i danni si possano ricreare nelle aree ancora non devastate dalla imprevidenza dello uomo.

Tra i provvedimenti che possono risultare efficaci vi è l'istituzione di zone di assoluto rispetto per la natura, dove salvaguardare certe specie animali e vegetali ormai in via di estinzione.

Questa è un'esigenza sempre più inderogabile in quanto l'azione dell'uomo in certi settori viene esercitata in forma così profonda da lasciare poche tracce di quello che era l'ambiente naturale originario.

Un metodo efficace per la protezione e la conservazione può risultare l'istituzione di «riserve naturali» tutelate dal potere pubblico (Fig. 9) come propugnato dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (U.I.C.N.)*

---

* L'U.I.C.N. è una istituzione internazionale indipendente, formata da Stati membri e da istituzioni internazionali o private. Essa gode d'appoggio e lo statuto consultivo dell'UNESCO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura), dell'ECOSOC (Consiglio Sociale ed Economico delle Nazioni Unite), della FAO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura), del Consiglio d'Europa e di altre agenzie intergovernative. Esistono diverse altre organizzazioni internazionali oltre alla UICN, che, secondo precisi sistemi di lotta, hanno tutte come scopo ultimo quello di promuovere iniziative intese a salvaguardare i beni naturali.

<table>
<tr><td colspan="3">Riserve naturali divise in 2 forme:</td></tr>
<tr><td>(I) Riserve naturali generali divise in 3 categorie</td><td colspan="2">(II) Riserve naturali particolari divise in 2 categ.</td></tr>
<tr><td>A) Riserve naturali integrali

B) Riserve naturali orientate

C) Parchi nazionali</td><td>D) Riserve parziali divise in 5 ordini:

1) Riserve geologiche

2) Riserve botaniche

3) Riserve zoologiche

4) Riserve biologiche

5) Riserve antropologiche</td><td>E) Riserve speciali divise in 4 ordini:

6) Riserve di luoghi naturali

7) Riserve di monumenti naturali

8) Riserve forestali di protezione

9) Riserve di popolamento animale e vegetale</td></tr>
</table>

Fig. 9 - Schema sulle diverse suddivisioni delle Riserve naturali (1).

Le riserve naturali *generali* istituite per fini generali comprendono:

1) Riserve naturali integrali, istituite con lo scopo di proteggere e conservare in modo assoluto tutto l'ambiente circoscritto (esseri viventi animali e vegetali, acque, terreni, rocce, cavità del suolo, atmosfera locale, ecc.). In esse è vietato l'ingresso all'uomo salvo che per scopi scientifici o amministrativi.
2) Riserve naturali orientate, istituite con lo scopo di orientare scientificamente l'evoluzione della natura. In questi territori è ammessa la presenza dell'uomo per il solo scopo sorvegliativo e indirizzativo.
3) Parchi nazionali, istituiti sia per proteggere la natura sia per l'educazione e lo svago pubblico. In essi è permesso l'accesso all'uomo con l'obbligo assoluto di rispettare l'ambiente sottostando a determinate regole.

Le Riserve naturali *particolari* comprendono:

1) Riserve naturali parziali per la conservazione e la protezione di un insieme di elementi ben definiti relativi sia all'uomo, sia alla flora e alla fauna sia infine al suolo stesso e sono divise in cinque ordini: Riserve geologiche, Riserve botaniche, Riserve zoologiche, Riserve biologiche, Riserve antropologiche.
2) Riserve naturali speciali, istituite sia per conservare un insieme di elementi che hanno un valore estetico, storico, educati-

vo, sia per corrispondere a certe necessità biologiche umane: sono suddivise in quattro ordini: Riserve di luoghi naturali, Riserve di monumenti naturali, Riserve forestali di protezione, Riserve di popolamento animale e vegetale.

E' chiaro comunque che l'istituzione di riserve naturali potrà solo orientare l'uomo verso la salvaguardia di tutto ciò che lo circonda; il problema dell'inquinamento, con i suoi innumerevoli risvolti, potrà forse essere risolto soltanto con una presa di coscienza generale non solo da parte dei governi e delle autorità, ma anche da parte di ciascun abitante della terra, nell'ambito delle proprie possibilità.

Si ringrazia il Dott. Fiorenzo Pastoni per la squisitezza con la quale ha prestato la sua collaborazione, senza la quale, forse, il presente non sarebbe stato scritto.

BIBLIOGRAFIA

1) PAVAN M.: «L'agonia della terra». Nardini Editore, 1974.

2) CORDELLA P.: «I laghi italiani e il problema dell'eutrofizzazione». Le Scienze n. 157 - pag. 24-33, anno 1981.

3) RAPPE A.: «Pollution par la mercure et santé publique». Journal Pharm. Bel. Vol. 23, 173-187, 1973.

4) REVELLE R.: «Anidride carbonica e clima». Le Scienze n. 170, pagg. 56-69, anno 1982.

Domenico Tropeano
Consiglio Naz. Ricerche, I.R.P.I., Via Vassalli Eandi 18, 10138 Torino.

L'orizzonte torboso tardo-würmiano nella pianura di Po e Ticino in territorio pavese. Nota preliminare

RIASSUNTO

Vengono riportati i primi dati radiocronologici riferentesi al complesso torboso subaffiorante in diversi punti della pianura pavese. Esso è di notevole importanza stratigrafica, costituendo un valido *marker* del limite Pleistocene-Olocene, utile per correlazioni su vasta scala nell'ambito della Valle Padana Occidentale.

ABSTRACT

For the first time, radiometric data are reported about peat-bog deposits lying in the subsoil of Po-Ticino alluvial plain near Pavia (NW Italy). Such lithologic horizon, already discovered in places under the low terraces of Po-Sesia rivers in Piedmont, must be regarded in most cases as a sharp boundary between Pleistocene-Holocene, without no transitional deposits.

La prima segnalazione di giacimenti torbiferi nel sottosuolo della provincia di Pavia è dovuta a BALSAMO CRIVELLI (1864). Due anni più tardi, GASTALDI (1866) allega, ala descrizione di resti di Cervide rinvenuti durante la costruzione del ponte sul Po presso Mezzanacorti, una stratigrafia ove pure si accenna alla presenza di torba. Sempre riguardo a tale sito, VALSECCHI (1868) riporta una stratigrafia completa, in cui la torba, associata ad «argilla», risulta estesa in continuità da un estremo all'altro della sezione di scavo. Successivamente TARAMELLI (1882) intuisce l'esistenza di «un piano assai esteso di argilla azzurrognola, verdastra, finemente micacea, spesso con torba compatta» in sinistra Po e lungo il terrazzo sinistro del Ticino. CORTI (1892), citando numerose località lungo il corso del Ticino ove il livello in parola è subaffiorante e inserendo alcune stratigrafie di dettaglio, si sofferma sullo studio di Diatomee fossili contenute nelle torbe. Ne vien tratta la conclusione che le torbe appartengono «alla parte più antica del Diluvium», conclusione alla quale era già pervenuto l'Autore precedente. FARNETI (1897), in base a uno studio preliminare delle essenze vegetali presenti nel livello torboso, avanza l'ipotesi che durante il «periodo diluviale» esistesse una vasta palude con muschi e sparsi cespugli di piante palustri, con specchi d'acqua più profondi anch'essi ricoperti di piante acquatiche; il clima doveva essere molto rigido.

Consiglio Naz. Ricerche, I.R.P.I., Via Vassalli Eandi 18, 10138 Torino.

Solo molti anni più tardi, in uno studio della «GEMINA» (1963), vengono riprese in esame le torbe di Pavia, ma viene semplicemente fornito un elenco di località ove ne è stata individuata la presenza. Sorprende il fatto che, nella 2.a Edizione del Foglio «Pavia» della Car-

ta Geologica d'Italia, il livello a torbe non venga in alcun modo indicato, salvo che puntualmente (Belgioioso e Bissone), nonostante le ricche segnalazioni precedenti e la notorietà che tale materiale sia stato usato per vario tempo come combustibile dalla popolazione locale. La presenza di torba e, più frequentemente, dell'orizzonte limoso-argilloso e sabbioso che la contiene, risulta talora dalle trivellazioni eseguite nella pianura compresa tra Po e Ticino, a una profondità relativamente costante dalla superficie, attorno a una decina di metri.

Recenti osservazioni di campagna, nell'ambito di un programma di ricerca avviato dal C.N.R. - I.R.P.I. di Torino sui depositi alluvionali della fascia di pianura latistante i fiumi Sesia, Po e Ticino, hanno permesso di acquisire ulteriori dati sull'orizzonte torboso qui considerato. Tali osservazioni, corroborate da datazioni radio-cronologiche al Carbonio-14, parte delle quali tutt'ora in corso, apportano un contributo nuovo alle conoscenze sul Pleistocene padano; esse consentono inoltre di ipotizzare la considerevole estensione nel sottosuolo della Lomellina di tale facies sedimentaria, e la possibilità di utilizzarla quale marker stratigrafico per correlazioni a grande distanza ed una miglior definizione del limite Pleistocene-Olocene nell'ambito della pianura del Po. Si riportano alcune tra le sezioni stratigrafiche esaminate:

— *Lanca di Besate*. Sponda sinistra di un ramo del F. Ticino, F. «Mortara», Tav. «Vigevano», coord.: E=1495825, N=5017450.

Stratigrafia (rilevata in affioramento il 29-8-1985):

m 0,00-8,00 ghiaie (75%), da fini a grossolane (diametro mediano 10 mm), con intercalazioni lenticolari a prevalenti ciottoli, o sabbiose, di colore giallastro. Pure i ciottoil possono presentare una lieve patina di ossidazione;

8,00-8,50 limi argillosi grigio-azzurri; il tetto del banco è poco al disopra del pelo d'acqua;

8,50-8,75 alternanze di livelletti torbosi e di argille limose torbifere. Alla base, ancora a contatto con la torba, ma parzialmente inglobato nelle peliti sottostanti, è stato rinvenuto un piccolo tronco arboreo, appiattito per la pressione dei sedimenti; il campione prelevato (CRG-628) ha fornito una età radiocronologica di 35590 ± 2180 anni B.P.

Osservazioni: verso il basso ricompaiono limi argillosi sino al fondo alveo (profondità max 60-70 cm.). Il complesso pelitico-torboso alla base della serie è correlabile per litologia e per età con la formazione, già riconosciuta e descritta per la pianura del Po a Sud di Torino (TROPEANO e CERCHIO, 1984) e attribuita al Würm 3. Pertanto le ghiaie e sabbie che, con evidente contatto erosionale, poggiano sul complesso suddetto, genericamente attribuite al Pleistocene superiore (cfr. Carta Geol., F. 59), sembrano piuttosto inquadrabili nel Postglaciale (Olocene basale).

— *Zona di confluenza Po-Ticino*, a Est di Travacò Siccomario, F. «Pavia», Tav. «Belgioioso», coord.: E=1516350, N=5000212.

Stratigrafia (ricavata da esame dei campioni di un pozzo scavato nell'agosto 1985):

m 0,00-10,00 sabbie medio-fini, talora cementate, giallognole;

10,00-16,50 sabbie medie prevalenti, con poca ghiaia (8%); diam. med. 0,4 mm; colore azzurrognolo;

16,50-18,00 sabbie come sopra, con ghiaie fini subordinate;

18,00-20,00 sabbie con frustoli legnosi e torba compatta verso la base; un campione (CRG-701) ha rilevato un'età di 33070 ± 1040 anni B.P.;
20,00-21,00 limi argillosi grigi e giallastri;
21,00-60,00 prevalenti sabbie, di colore verdastro;
oltre m 60 e sino a fondo pozzo (m 85) limi grigio-cinerei.

Osservazioni: i primi 10 metri sembrano corrispondere all'Olocene. Le sabbie sottostanti, grigio-azzurre, appaiono in continuità di sedimentazione con la torba e i limi associati che, sino ad almeno 21 m di profondità, confermano la loro affinità cronologica e di facies con l'orizzonte würmiano già segnalato. Tali depositi mostrano una graduale transizione verso il basso ai livelli più antichi, in buona parte verosimilmente ancora würmiani.

— *Cava RDB, presso Casei Gerola*, F. «Mortara», «Casei Gerola», coord.: E=1487600, N=4992600.

Stratigrafia (rilevata sulla parete di scavo il 4-9-1986):

m 0,00-1,50 sabbie fini limose giallastre, legate a esondazioni storiche di Curone e Po;
1,50-2,50 limi argillosi grigio-brunastri, a Molluschi terrestri, in parte alterati in paleosuolo con diffusi resti di manufatti lateritici (epoca romana presumibilmente);
2,50-7,50 depositi fini grigio-azzurri o cinerei, con graduale passaggio verso il basso e lateralmente da limi argillosi a sabbie limose. Alla base di questo complesso, in una cava attigua è stato rinvenuto un frammento di legno, attualmente sottoposto ad analisi radiocronologica. I risultati dovrebbero confermare la presunta età tardo-würmiana - olocenica inferiore di tali depositi, verosimilmente in continuità di sedimentazione con l'orizzonte torboso su citato.

Pure se non pertinente all'area considerata, è utile riportare la sezione stratigrafica, rilevata in affioramento (il 20-9-1985) sulla sponda sinistra del Sesia a Palestro, poco a valle della traversa di derivazione della Roggia di Sartirana:

m 0,00-1,50 limi e sbbie fini giallastre, in gran parte legati a esondazioni di età contemporanea, come deducibile dall'abbondanza di rifiuti di materie plastiche sepolti;
1,50-2,50 inizialmente, sabbie grigie, quindi ghiaie predominanti (60 per cento) con diametro mediano di 7 mm. L'abbondanza di mattoni rimaneggiati e l'analogia con depositi affioranti più a monte in cui sono state ritrovate gavette militari (riconducibili all'epoca della nota battaglia del 1857) suggerisce per questi depositi un'età storica recente;
2,50-3,00 sabbie grigie con livelletti limosi;
3,00-3,50 ghiaie e sabbie di color grigio-giallastro;
3,50-4,00 banco di torba, radiodatato (campione CRG-699) in 18110± 265 anni B.P. Proprio intorno a tale epoca si registra in centro Europa (e probabilmente anche alle nostre latitudini) la più marcata pulsazione climatica fredda (cfr. NILSSON 1983, p. 307);
oltre m 4,00 e per la profondità presunta di 1,5-2 m sotto il pelo d'acqua si hanno limi argillosi grigio-azzurri e sabbie grigio-verdastre medio-grossolane.

Questo importante affioramento di torba, anch'esso ben correlabile

coi precedenti per quanto rappresenti una fase deposizionale più recente nell'ambito della serie, costituisce un preliminare tratto d'unione tra l'orizzonte pelitico-sabbioso individuato estesamente nel sottosuolo dell'alta pianura del Po (TROPEANO, 1985), per ora collocabile nell'intervallo 31000-25000 anni B.P., e quello qui considerato della pianura Po-Ticino, che le prime datazioni 14C inquadrano nell'intervallo approssimativo 35000-33000 anni dal presente (dunque nello stadio Würm 2, secondo lo schema riportato da PANIZZA, 1985); l'età della torba di Palestro permette altresì una valutazione dell'estensione cronologica di tale complesso, che a scala più generale risulta non inferiore a 17-18000 anni.

Per quanto riguarda l'orizzonte torboso della pianura pavese, i dati per ora disponibili non consentono di precisarne la base, non essendovi tra l'altro stacchi litologici netti coi sottostanti terreni, a differenza di quanto si era riscontrato nel Piemonte occidentale. Si può comunque ritenere che lo spessore di tale complesso non sia, in media, inferiore alla decina di metri. Osservazioni complementari a quelle sopra riportate ne suggeriscono la notevole estensione nel sottosuolo, a conferma delle ipotesi espresse da TARAMELLI (1882) oltre un secolo prima. La Fig. 1 riporta i siti di rinvenimento di torbe, dedotti dalla bibliografia e rilevamenti originali. La presenza del livello torboso è indiziata quasi ininterrotatmente da zolle rimaneggiate sui ghiaioni o in subaffioramento lungo l'alveo del Ticino da Vigevano alla foce, nonchè lungo il tronco di Po a monte e a valle di Mezzanacorti, dove il fondo alveo è praticamente inciso in tali depositi. Con tutta verosimiglianza, buona parte dei frequenti resti di Mammiferi (Cervidi e Bovidi) che provengono dalle cosiddette «alluvioni quaternarie pavesi», quantomeno in questo tratto sono associati al complesso torboso e lo stesso cranio con palchi di *Megaloceros*, rinvenuto in sito (GASTALDI, 1866) ne è una conferma. L'età radiocronologica delle torbe suggerisce indirettamente l'età di tali resti fossili, il cui stato di conservazione testimonia in genere limitati processi di rimaneggiamento e risedimentazione, spiegabili soltanto con la vicinanza al deposito primario. Verso l'alto, il complesso torboso evolve in una serie di sabbie più o meno limose giallastre, spessa una decina di metri, formante in parte il terrazzo sinistro del Ticino tra Motta Visconti e Pavia, nonchè quello del Po, a tratti ben definito, tra Sannazzaro de' Burgundi e Sommo; tale serie è inquadrabile negli stadi sommitali del Würm e nell'Olocene basale, alla pari di quella, pressochè analoga per potenza e litologia, costituente il terrazzo di La Loggia, in sinistra, e quello, meno accentuato, di Borgo Cornalese - C. Fortepasso in destra Po a monte di Torino.

Il piano di esondazione recente e attuale dei fiumi Po e Ticino nel territorio qui considerato corrisponde, invece, a depositi «freschi», ghiaioso-sabbiosi, olocenici, che in massima parte sono da intendersi poggianti con contatto erosivo e in lacuna di sedimentazione sul complesso torboso e l'espressione di ripetute e irregolari fasi di terrazzamenti successivi, con continua rielaborazione dei depositi. Ciò è d'altra parte evidenziato dalla commistione di abbondanti resti di manufatti (mattoni, vasellame) di età romana e contemporanea, sia lungo le sponde che le barre di deposito.

Si ringrazia il Consorzio «Parco del Ticino» che, per interessamento del Dott. Sergio Malcewskj ha messo a disposizione un'imbarcazione per gli indispensabili rilievi lungo sponda, condotta dal Guardaparco Sig. Zabaldi. Analoga

agevolazione è stata offerta dal Sig. Ivo Ottolini, di Pavia. Si ringraziano pure quanti altri, oltre alle persone citate, hanno fornito informazioni utili alla presente ricerca. Si è pure fruito della collaborazione dell'Ing. Isola e del Geom. Fontana, dell'Associazione Irrigazione Est Sesia, per le stratigrafie di pozzi fornite. Un ringraziamento va, infine, alla collega Dott. Ornella Turitto per l'assisidua collaborazione prestata durante i rilievi sul terreno, e al Geom. R. Massobrio, per le analisi granulometriche eseguite.

BIBLIOGRAFIA

BALSAMO CRIVELLI (1864) - Notizie naturali e chimico-agronomiche sulla provincia di Pavia.

CORTI B. (1892) - Sulle torbe glaciali del Ticino e dell'Olona. Ricerche micropaleontologiche. *Bollettino Scientifico, 14,* 5-18, Pavia.

FARNETI R. (1897) - Ricerche di biologia paleontologica nelle torbe del sottosuolo pavese appartenenti al periodo glaciale. *Atti dell'Ist. Bot. dell'Università di Pavia, Nuova Serie, 5,* 47-58.

GASTALDI B. (1866) - Intorno ad alcuni fossili del Piemonte e della Toscana. *Mem. R. Acc. Scienze di Torino, Ser. 2°, 24,* 1-46.

«GEMINA» (GEOMINERARIA NAZIONALE) (1963) - Ligniti e torbe dell'Italia Continentale. 1-319, ILTE, Torino.

NILSSON T. (1983) - The Pleistocene. Geology and Life in the Quaternary Ice Age. 1-651, D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.

PANIZZA M. (1985) - Schemi cronologici del Quaternario. *Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8,* 44-48.

TARAMELLI T. (1882) - Descrizione geologica della provincia di Pavia. 1-50, Stab. G. Civelli, Milano.

TROPEANO D. (1985) - The Pleistocene-Holocene boundary in the Po Valley South of Torino (NW Italy). *INQUA-IGCP 158 Symposium in Switzerland* (in stampa).

TROPEANO D. e CERCHIO E. (1984) - L'orizzonte torboso würmiano nel sottosuolo della pianura piemontese meridionale. Osservazioni preliminari. *Boll. Ass. Min. Subalpina, 21* (3), 199-221.

VALSECCHI P. (1868) - Ponte tubolare sul Po presso Mezzanacorti, ed opere relative di difesa e di nuova inalveazione. *Giornale del Genio Civile,* 325-331.

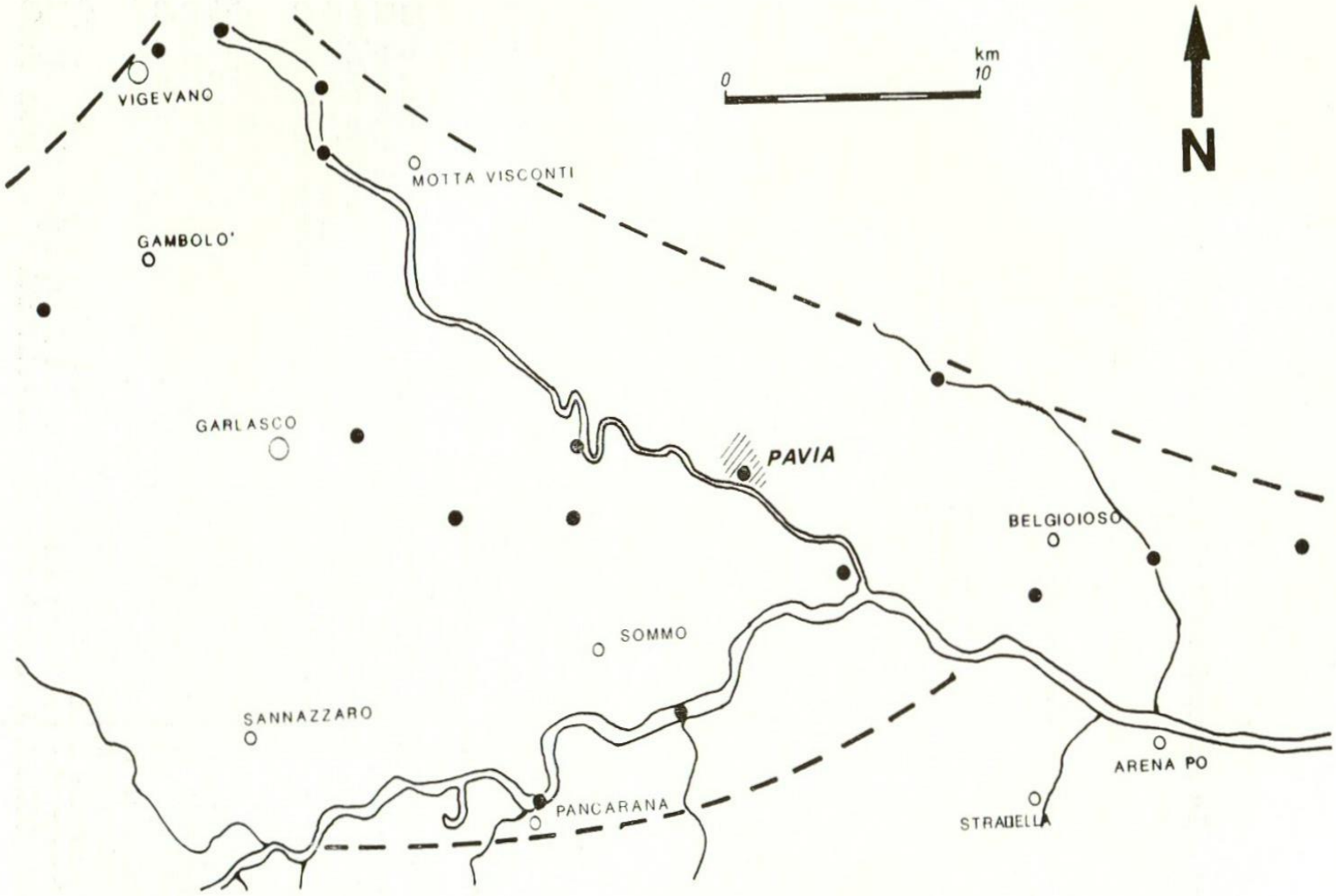


Fig. 1 - Ubicazione di torbe, subaffioranti o a debole profondità (dedotta da bibliografia e osservazioni dirette) ed estensione presunta dell'orizzonte torboso nel sottosuolo (linea tratteggiata).

Massimo Tizzoni

La Processionaria (Thaumetopoea pityocampa)

INQUADRAMENTO SISTEMATICO

SOTTOREGNO: Metazoa
TIPO: Arthropoda
CLASSE: Insecta
ORDINE: Lepidoptera
FAMIGLIA: Thaumetopoeidae
GENERE: Thaumetopoea
SPECIE: Pityocampa

RIASSUNTO

La larva della farfalla «Processionaria» si nutre di foglie di pino, provocando gravi danni ad intere pinete, soprattutto in conseguenza dell'opera insensata dell'uomo che si avvale di metodi come il rimboschimento monospecifico. Per combattere l'infestazione della processionaria si istituiscono oggi insediamenti di «Formica rufa» o di uccelli insettivori.

SUMMARY

The larva of the butterfly «Processionary» eats pine leaves, causing serious damages to pineries, above alla because of the foolish behaviour of man who makes use of methods such as monospecific reafforestation. Today, to fight the Processionary infestation, installations of «Formica rufa» or insectivorous birds have been established.

Chi si sia trovato a fare una passeggiata in un bosco di pini o di larici, può avere notato sui rami dei corpi bianchi candidi a forma di fiasco di varia grandezza, fino a raggiungere anche, nella parte più larga, le dimensioni della testa di un uomo. Questi corpi sono dei nidi sericei, costruiti da bruchi di una farfalla nota comunemente con il nome di Processionaria del pino.

I maschi adulti di questa specie hanno un'apertura alare di tre cm, la testa piuttosto piccola munita di antenne bipennate, il torace e l'addome massicci, tozzi; coperti di densi peli. Le loro ali anteriori sono grigie con striscette trasversali sinuose e macchiette scure e chiare, le posteriori sono brunastre con una macchia nera, di piccole dimensioni, che spicca sul margine posteriore.

Le femmine hanno un'apertura alare di quattro cm, le antenne filiformi, invece che pettinate; l'addome, che nei maschi è ricoperto di peli tutti giallicci, in esse è provvisto all'estremità di un gran ciuffo

* Gruppo Geopaleontologico Vogherese

grigio argenteo, facilmente individuabile. Le ali hanno colorazione quasi identica a quella dei maschi.

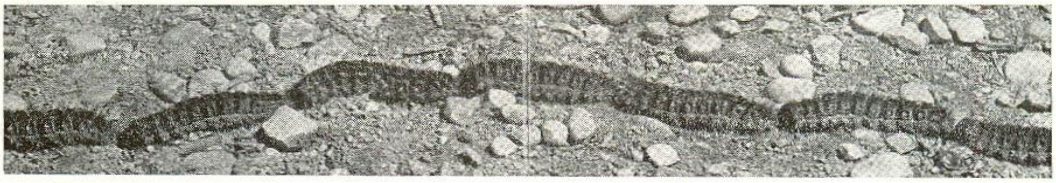
Nelle nostre zone queste farfalle, non appariscenti, escono dalla crisalide a luglio, sono però difficilmente individuabili in quanto di giorno restano attaccate ai rami ed ai tronchi con le ali disposte a tetto. Volano solo all'imbrunire oppure, se c'è luna piena, anche di notte.

Dopo l'accoppiamento le femmine si posano all'estremità dei rami e depongono, attorno alla base delle foglie, sino a cento-centocinquanta uova subdiscoidali, aventi un millimetro di diametro. Si presentano come dei graziosi manicotti lunghi sino a tre cm, ricoperti di uno strato di squame argentee dell'addome materno.

Alla fine di agosto le uova si schiudono e le larve si fanno strada ed animate da spirito gregario, l'una vicino all'altra, raggiungono la parte delle foglie non avvolta dall'ooteca e iniziano a roderla. Passano poi a foglie vicine e continuano la loro opera distruttrice. Intanto che avanzano filano dei fili sericei che costituiscono una trama piuttosto fitta in cui vengono anche trattenuti residui della digestione e frantumi vegetali. Durante la crescita aumentano sempre più l'ampiezza della trama, che collega un numero sempre maggiore di foglie, assumendo così la forma a fiaschetto.

Avvicinandosi la brutta stagione le larve, sempre in comunità, rafforzano sempre più la trama, finendo per costruire un vero e proprio nido con pareti inspessite, varie entrate e camere intercomunicanti, che sboccano poi tutte in una camera più grande situata nella parte espansa del nido. In questo riparo, nel quale si accumulano varie scorie (peli, scorie larvali, feci, ecc.), i bruchi si nascondono e stretti l'uno contro l'altro rimangono fino in primavera in una forma di vita quiescente.

Quando riprendono la loro attività a marzo, il loro comportamento è diverso da prima dell'ibernamento. Hanno tendenza a scendere dall'albero ospite, anche se presenta ancora foglie da rodere, e si portano su altre piante distanti decine di metri. Le larve si dispongono in fila indiana, la testa dell'una in contatto con l'estremità dell'addome di quella precedente e procedono in processione. Così disposte si arrampicano su una pianta e, giunte alla chioma, si separano prendendo a divorare ognuna una foglia, sempre emettendo un filo di seta che unisce ogni cosa da loro toccata. Sazie tornano a formare una nuova fila e, seguendo la traccia sericea lasciata all'andata, tornano all'albero di origine per ripararsi nel nido.



Come abbiamo visto gli spostamenti di questi bruchi avvengono in maniera insolita, ed è proprio di questo strano modo di procedere che si è occupato il famoso entomologo francese Jean Henri Fabre con numerose osservazioni ed esperimenti. In uno di questi egli indusse una colonna di larve a procedere in cerchio, sull'orlo di un vaso, per vedere dopo quanto tempo esse si sarebbero accorte del loro procedere senza meta. Egli pensava che dopo poco tempo si sarebbero

avvedute dell'errore ed avrebbero preso una via che conducesse ad una fonte di cibo o al riparo nel loro nido. Ma così non fu, infatti esse continuarono a marciare in cerchio per otto giorni, fermandosi solo di notte intirizzite dal freddo, per riprendere appena la temperatura tornava a salire. La marcia terminò solo quando alcune larve, ormai sposate, iniziarono a cadere nel fondo del vaso, provocando una certa confusione tra i ranghi compatti.

Questi bruchi quando giungono a maturità misurano sino a quattro cm di lunghezza, hanno il capo grosso, nero, con una sottile peluria di colore rossastro, ed il torace e l'addome con robuste pseudozampe. Torace ed addome sono irti di piccoli tubercoli con alla sommità densi ciuffi di peli color arancio. I segmenti di cui è composto l'addome presentano ognuno una fossetta, con alle pareti dei peli più brevi di quelli precedenti e di colore fulvo, questi peli sono fragili e puntuti e presentano proprietà urticanti. E' quindi prudente non manipolare le larve e i loro nidi per non incorrere in spiacevoli conseguenze, conseguenze ancora più gravi se i peli, molto leggeri e volatili, vengono a contatto con gli occhi o con le mucose.

Nei primi giorni di maggio le larve, raggiunta la maturità, scendono nel terreno ognuna per conto proprio, perdono infatti solo ora lo spirito gregario, e penetrano nel suolo fino ad una decina di cm di profondità e si racchiudono in un bozzolo. In esso si trasformano in crisalidi di forma tozza, lunghe un pò meno di 2 cm, con livrea rossobruna e con piccoli uncini all'estremità arrotondata dell'addome. Gli adulti escono poi dalla crisalide nel mese di luglio, completando il ciclo.

Nonostante lo spirito gregario che anima le larve della Thaumetopoea pityocampa, non si può parlare di una vera e propria vita sociale come la intendiamo per le comunità di altri insetti come le api, le formiche, ecc.; infatti ogni indivduo agisce solo per sè e fa le stesse cose di tutti gli altri.

I danni provocati da questa farfalla sono talora gravi, giungendo, quando l'infestazione è forte, fino alla defogliazione di intere pinete. Le piante che hanno raggiunto una certa età vengono attaccate in misura sempre minore e resistono abbastanza bene alla processionaria ma, indebolite, sono predisposte ad attacchi successivi di altri parassiti, ad esempio di Scolitidi.

La causa dell'abbondante infestazione di processionaria, che si verifica soprattutto nei boschi dell'Appennino pavese, è come sempre da attribuire all'opera insensata dell'uomo. Infatti la pratica, abbondantemente usata in passato, di rimboschire delle zone dove la vegetazione naturale è composta prevalentemente di latifoglie tramite la «coniferazione» pura, si è rivelata alla fine dannosa. Molti studi eseguiti in questi ultimi anni suggeriscono infatti di porre a dimora conifere e latifoglie in popolazione mista, in modo da eliminare i diversi inconvenienti provocati dal rimboschimento monospecifico, come quello di facilitare l'infestazione di processionaria (vedi Quaderni Anno III n. 1 - 1980).

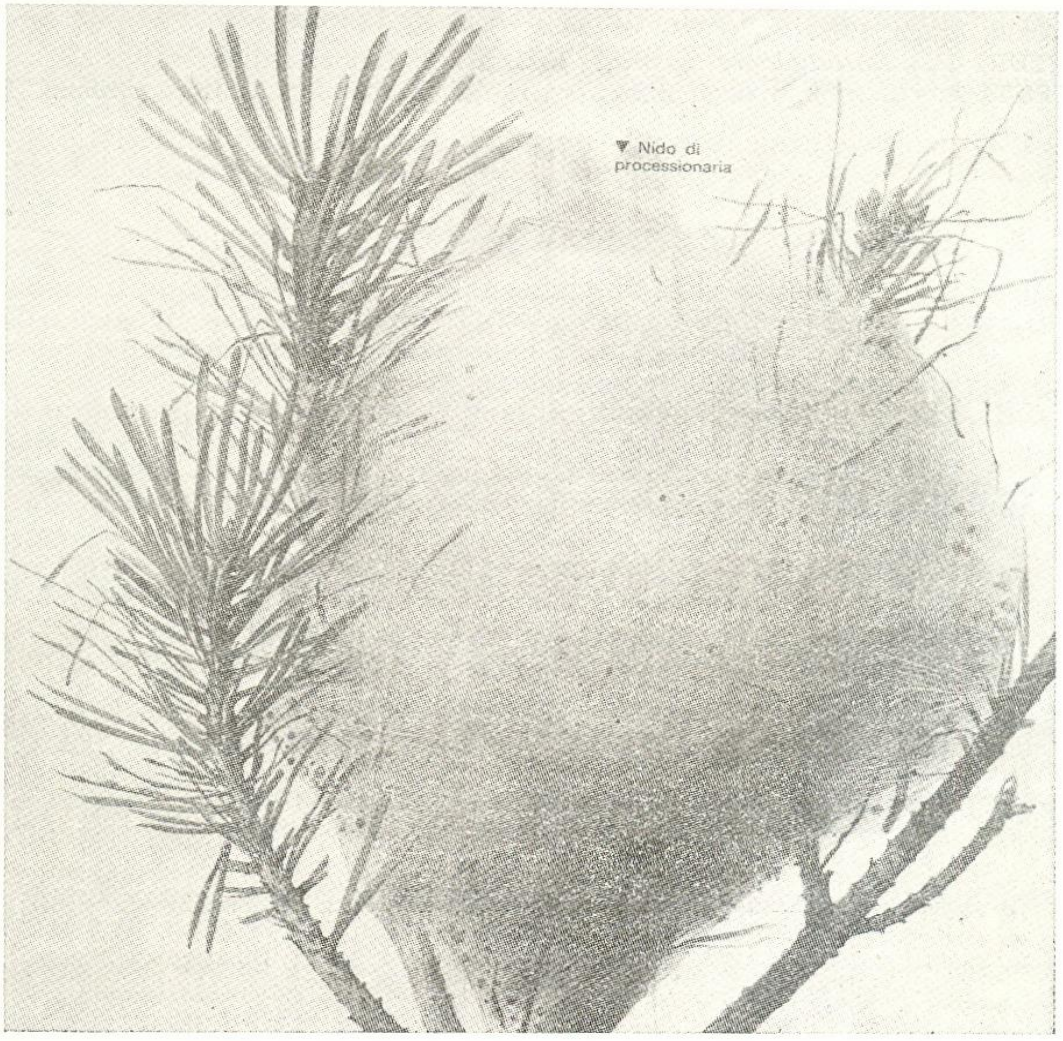
La lotta contro questi insetti è consistita, fino a qualche tempo fa (soprattutto negli impianti giovani), nella raccolta dei nidi e nella loro distruzione con il fuoco. Anche l'uso d insetticidi a base di esaclorocicloesano o con miscele di petrolio e paradiclorobenzolo è oggi attuata, sebbene con risultati contrastanti. Con risultati più incoraggianti è stata anche introdotta, negli ultimi anni, la lotta biologica tramite l'insedia-

mento nei boschi di nidi di Formica rufa (vedi Quaderni Anno VII n. 1-2 - 1984).

Un altro importante aiuto alla lotta contro questo insetto è portato dagli uccelli insettivori, in particolar modo si è dimostrato come tutte le specie di Cince siano preziosi alleati dell'uomo nella difesa delle foreste. Infatti esse, durante lo svezzamento dei piccoli, sono in grado di portare al nido anche 500-800 imbeccate in un solo giorno per sfamare i famelici piccoli. Si può così facilmente comprendere l'importanza di tutti gli animali nell'equilibrio naturale, e perciò anche gli sforzi che si devono fare perchè tale equilibrio venga preservato.

Una specie affine alla Thaumotopoea pityocampa è la T. processionaea, la quale ha però dimensioni minori e abitudini alimentari diverse. Infatti essa si rivolge alle piante di quercia, dapprima divorandone le foglie germogliate in primavera, quando le larve sono appena uscite dall'uovo, e poi rivolgendosi alle foglie già formate distruggendole completamente.

La Processionaria della quercia costruisce un nido più grande di quello della Processionaria del pino, infatti in esso convergono le lar-



SERGIO MUSSINI*

Le formazioni geologiche presenti nell'Oltrepò pavese

PREMESSA

Dopo aver descritto il «Complesso Caotico», litotipo più critico per la stabilità dei versanti (Quaderni n. 1/2 Dicembre 1982), si procederà da ora a descrivere le singole formazioni geologiche che interessano l'intero territorio oltrepadano.

Per la descrizione si seguirà la seguente metodologia espositiva:

a) si partirà dalla superficie e si procederà in ordine stratigrafico;
b) le caratteristiche che si riporteranno saranno:
   — quelle macroscopiche, individuabili dagli affioramenti e/o dai sondaggi eseguiti nelle aree interessate;
   — quelle microscopiche, individuate con le analisi eseguite nel laboratorio del Museo;
   — quelle micropaleontologiche, individuate con il «lavato» fossili e documentate con fotografie al microscopio.

1) LA COLTRE PEDOGENIZZATA SUPERFICIALE

Con il termine «Coltre Pedogenizzata Superficiale» si classificano tutti i terreni agricoli e forestali derivati dall'alterazione naturale e/o artificiale delle formazioni geologiche sottostanti.

E' quindi intuitivo che i terreni vegetali che ricoprono la parte pianeggiante dell'Oltrepò ed i vari fondovalle derivino dalle alluvioni attuali e/o più recenti, mentre quelli della parte collinare e montana derivano dalle formazioni stratigraficamente più antiche.

Dal punto di vista pedologico la coltre superficiale si distingue in quattro famiglie litologiche e tre sottofamiglie geochimiche:

A) 4 famiglie litologiche:
   1) LIMOSA
   2) LIMOARGILLOSA
   3) ARGILLOSA
   4) ARGILLOSOSABBIOSA

B) 3 sottofamiglie geochimiche:
   1) SUBALCALINO con pH da 7 a 8
   2) ALCALINO con pH da 8 a 9
   3) PERALCALINO con pH intorno a 9

I vari costituenti chimici dipendono direttamente dal litotipo sottostante e dalla presenza percentuale delle sostanze organiche.

Dove dominano formazioni Calcaree e/o Calcareo-Argillose la col-

* Gruppo Geopaleontologico Vogherese

ve di diverse covate, ed è disposto alla base di inserzione dei grossi rami con il tronco.

Le larve si nutrono di notte e presentano un modo di andare in «processione» diverso da quello della specie illustrata precedentemente, in quanto alla prima larva ne seguono due, ed a questa tre e così via finchè alla metà si possono avere anche più di una decina di larve affiancate, la fila poi si restringe nuovamente formando così una sorta di rombo semovente. I danni prodotti da questa specie sono di minore entità di quelli della precedente; i metodi di lotta sono simili.

BIBLIOGRAFIA

A.A.V.V. - *I boschi* - Itinerari naturalistici in provincia di Pavia - Amministrazione provinciale di Pavia - Editrice Scegliere, Pavia, 1981.

BLESIO F. - *Gli insetti* - Ed. La Scuola, Brescia, 1974-75.

LINSENMAIER W. - *Insetti del mondo* - Arnoldo Mondadori Editore, Milano, 1974.

POZZI G. - *Guida agli insetti* - Fratelli Fabbri Editori, Milano, 1977.

SCORTECCI G. - *Insetti* - 2 vol. - Ed. Labor, Bergamo, 1960.

SMOLIK H.W. - *Enciclopedia illustrata degli animali* - 5 vol. - Feltrinelli Editore, Milano, 1972.

STANEV V.J. - *Enciclopedia illustrata degli insetti* - Ed. Illustrate Accademia, Artia, Praga, 1978.

VENTURI F. - *Entomologia agraria* - Edagricole, Bologna, 1979.

ZANETTI A. - *Il mondo degli insetti* - Arnoldo Mondadori Editore, Milano, 1975.

RISULTATI DELLE ANALISI GEO-PEDOLOGICHE EFFETTUATE SULLA COLTRE PEDOGENIZZATA SUPERFICIALE

(Azoto e frazione Organica da Facoltà di Agraria U.d.S. Milano)

NUMERO	COMUNE	CARATTERE LITOLOGICO DOMINANTE	DENOMINAZIONE	pH	% CARBONATI	% SOSTANZE ORGANICHE	% AZOTO TOTALE	OSSERVAZIONI
1	BORGO PRIOLO	limoargill.	subalcalino	8,1	15,20	2,80	0,17	Analisi personale
2	BRONI	limoargill.	subalcalino	8,0	13,80	3,00	0,20	Perizia privata
3	CALVIGNANO	argilloso	subalcalino	8,1	18,30	4,30	0,20	Analisi personale
4	CANNETO PAVESE	limoargill.	subalcalino	8,1	28,50	4,50	0,22	Perizia privata
5	CASTEGGIO	limoargill.	alcalino	8,4	14,90	4,60	0,20	Perizia privata
6	CIGOGNOLA	argilloso	subalcalino	8,1	15,40	3,90	0,15	Analisi personale
7	CODEVILLA	limoargill.	subalcalino	8,2	17,80	4,10	0,20	Perizia Comune
8	CORVINO S.QUIRICO	limoargill.	subalcalino	7,9	11,00	3,90	0,18	Perizia privata
9	FORTUNAGO	argilloso	alcalino	8,4	21,50	6,80	0,25	Analisi personale
10	GODIASCO	argilloso	subalcalino	8,0	22,80	2,00	0,13	Perizia privata
11	GOLFERENZO	limoso	alcalino	8,3	24,80	3,60	0,18	Analisi personale
12	LIRIO	limoso	alcalino	8,3	21,00			Analisi personale
13	MENCONICO	argilloso	subalcalino	8,1	18,60	2,90	0,18	Analisi personale
14	MONTALTO PAVESE	argilloso	alcalino	8,8	25,10	3,40	0,19	Analisi personale
15	MONTEBELLO d. BATTAGLIA	limoargill.	subalcalino	8,2	9,80	4,10	0,17	Perizia Comune
16	MONTECALVO VERSIGGIA	argilloso	peralcalino	8,9	28,10	5,80	0,21	Perizia privata
17	MONTESEGALE	argilloso	alcalino	8,6	19,80	4,90	0,18	Perizia Comune
18	MONTU'BECCARIA	limoargill.	alcalino	8,8	19,30	8,90	0,24	Analisi personale
19	PIETRA DE'GIORGI	argilloso	subalcalino	8,2	19,10	3,00	0,19	Perizia Comune
20	PONTE NIZZA	argilloso	subalcalino	8,0	21,80	2,70	0,13	Perizia Comune
21	RETORBIDO	limoargill.	subalcalino	8,2	10,40	3,40	0,17	Perizia Comune
22	RIVANAZZANO	argilloso	subalcalino	7,8	20,50	3,50	0,15	Perizia Comune
23	ROCCA SUSELLA	argilloso	subalcalino	8,1	22,80	4,30	0,25	Analisi personale
24	ROMAGNESE	argilloso	subalcalino	8,2	18,90	3,70	0,24	Analisi personale
25	RUINO	argilloso	alcalino	8,3	19,80	4,90	0,23	Perizia Comune
26	SANTA GIULETTA	limoargill.	subalcalino	8,0	12,50	4,80	0,27	Analisi personale
27	S.MARGHERITA d. STAFFORA	argillosabb	subalcalino	8,1	9,40			Perizia privata
28	S.MARIA d. VERSA	limoso	alcalino	8,5	21,60	5,10	0,21	Perizia privata
29	TORRAZZA COSTE	limoargill.	subalcalino	8,2	17,80	4,20	0,21	Perizia Comune
30	VAL DI NIZZA	argilloso	subalcalino	8,2	11,40	2,70	0,17	Perizia Comune
31	VALVERDE	argillosabb	subalcalino	8,1	22,50	3,90	0,13	Perizia privata
32	VARZI	argilloso	subalcalino	7,9	18,00	2,10	0,13	Perizia Comune
33	ZAVATTARELLO	argilloso	subalcalino	8,0	23,50	4,90	0,12	Perizia Comune
34	ZENEVREDO	limoargill.	alcalino	8,4	10,60	3,20	0,19	Analisi personale

(da " Il Dissesto Idrogeologico dell'Oltrepò Pavese ", S. Mussini, Voghera 1980)

tre si arricchisce di carbonati, raggiungendo valori massimi attorno al 30%.

Nella tabella a seguito riportata sono indicate: la famiglia litologica, la sottofamiglia geochimica, il valore del pH, la % dei carbonati, la % della sostanza organica e dell'azoto totale, di 34 territori comunali dell'Oltrepò.

I valori riportati sono stati desunti dalle perizie dello scrivente, dai dati della facoltà di Agraria dell'Universtià di Milano e da alcune analisi eseguite espressamente per la presente pubblicazione.

Dal punto di vista geotecnico la coltre superficiale fa registrare valori bassissimi di resistenza alla compressione ed al taglio:

Compressione σ = 0,1 - 0,2 Kg/cmq

Taglio ζ = 0,1 - 0,2 Kg/cmq

E' per tale ragione che per posizionare le fondazioni dei nuovi immobili si asporta sempre la parte superficiale.

2) LE ALLUVIONI

Dal punto di vista litologico, le alluvioni si presentano molto eterogenee:

Da m 0,50 a m 2 - strato superficiale:	ARGILLOSE
Da m 2 a m 4 - strato sottostante:	GHIAIOSO ARGILLOSO SABBIOSE
Da m 4 a m 20 - strati intermedi:	GHIAIOSO SABBIOSE ED ARGILLOSE LOCALMENTE TORBIDITICHE
Da m 20 a m 180 - strati profondi	ARGILLOSE CON INTERCALAZIONI GHIAIOSO SABBIOSE

A seguito vengono riportate le fotografie, che documentano visivamente la successione stratigrafica delle alluvioni descritte.

Dalle alluvioni fluviali superficiali si passa più o meno rapidamente alle alluvioni marine sottostanti.

Più o meno rapidamente, poichè lo spessore si presenta anch'esso molto eterogeneo.

La potenza dello strato alluvionale aumenta, in modo molto irregolare, da Sud a Nord ovvero dai fondovalle verso il fiume Po.

La distribuzione stratigrafica orizzontale delle alluvioni ha registato, trasmettendole, le paleomigrazioni delle varie conoidi dei torrenti oltrepadani ed il regime più o meno turbolento di deposizione sula riva sud del paleomare che lambiva le nostre colline.

Non ci si deve quindi aspettare una espansione areale omogenea, trasversale agli attuali alvei.

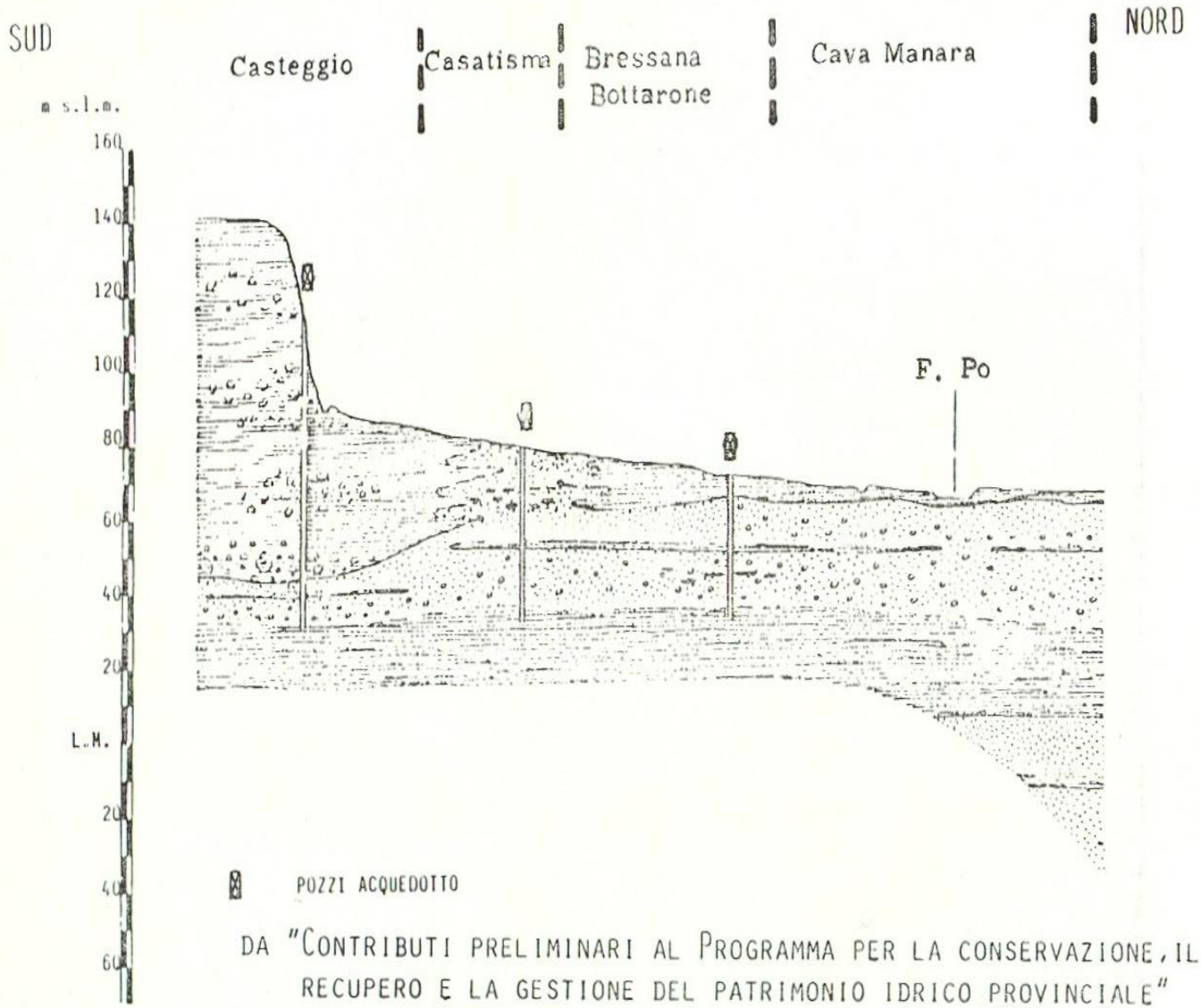
SPESSORI DELLE ALLUVIONI

CALVIGNANO	TORRICELLA VERZATE	STRADELLA	ROBECCO	CASTEGGIO
		liv.camp m 59 s l.m.		
		----------	liv.camp.	
		AAAAAAAAAAA	m76s.l.m.	
	livello campagna	AAAAAAAAAAA	---------	liv.camp.
	m 93 s.l.m.	AAAAAAAAAAA	AAAAAAAAA	m 93 s.l.m.
	----------	AA m24,1 AA	AAAAAAAAA	----------
	AAAAAAAAAAAAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	AAAAAAAAAAAAAAAAAAA	----------	A m 147 A	AAAAAAAAAAA
	AAAAA m 19,3 AAAAA	PPPPPPPPPPP	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	AAAAAAAAAAAAAAAAAAA	PPPPPPPPPPP	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	AAAAAAAAAAAAAAAAAAA	PPPPPPPPPPP	AAAAAAAAA	AA m 171 AA
	AAAAAAAAAAAAAAAAAAA	PPPPPPPPPPP	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	----------	----------	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	PPPPPPPPPPPPPPPPPPP	MMMMMMMMMMM	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	PPPPPPPPPPPPPPPPPPP	MMMMMMMMMMM	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	----------	MMMMMMMMMMM	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	MMMMMMMMMMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMM	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	MMMMMMMMMMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMM	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	MMMMMMMMMMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMM	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
	MMMMMMMMMMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMM	AAAAAAAAA	AAAAAAAAAAA
livello	MMMMMMMMMMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMM	---------	AAAAAAAAAAA
campagna	MMMMMMMMMMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMM	PPPPPPPPP	AAAAAAAAAAA
m 240 s.l.m.	MMMMMMMMMMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMM	PPPPPPPPP	AAAAAAAAAAA
----------	MMMMMMMMMMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMM	PPPPPPPPP	AAAAAAAAAAA
MMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMMMMMMMMMM	MMMMMMMMMMM	PPPPPPPPP	AAAAAAAAAAA

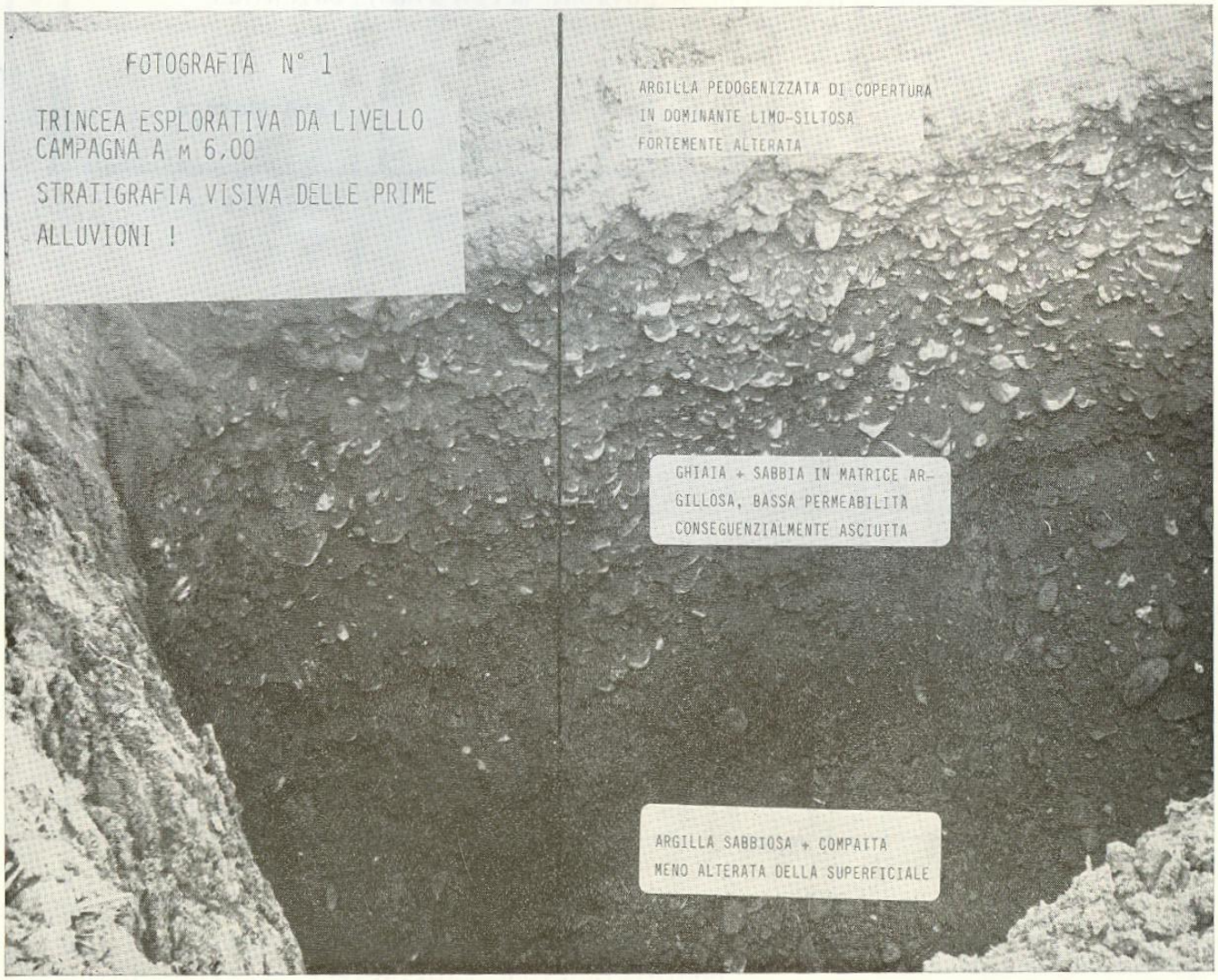
AAA = Alluvioni ; PPP = Pleistocene ; MMM = Miocene

Tabella elaborata usando i dati pubblicati dall'A.G.I.P. S.p.A.

ANDAMENTO DELLE ALLUVIONI NELLA PARTE ORIENTALE



DA "CONTRIBUTI PRELIMINARI AL PROGRAMMA PER LA CONSERVAZIONE, IL RECUPERO E LA GESTIONE DEL PATRIMONIO IDRICO PROVINCIALE"
AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE - PAVIA 1976

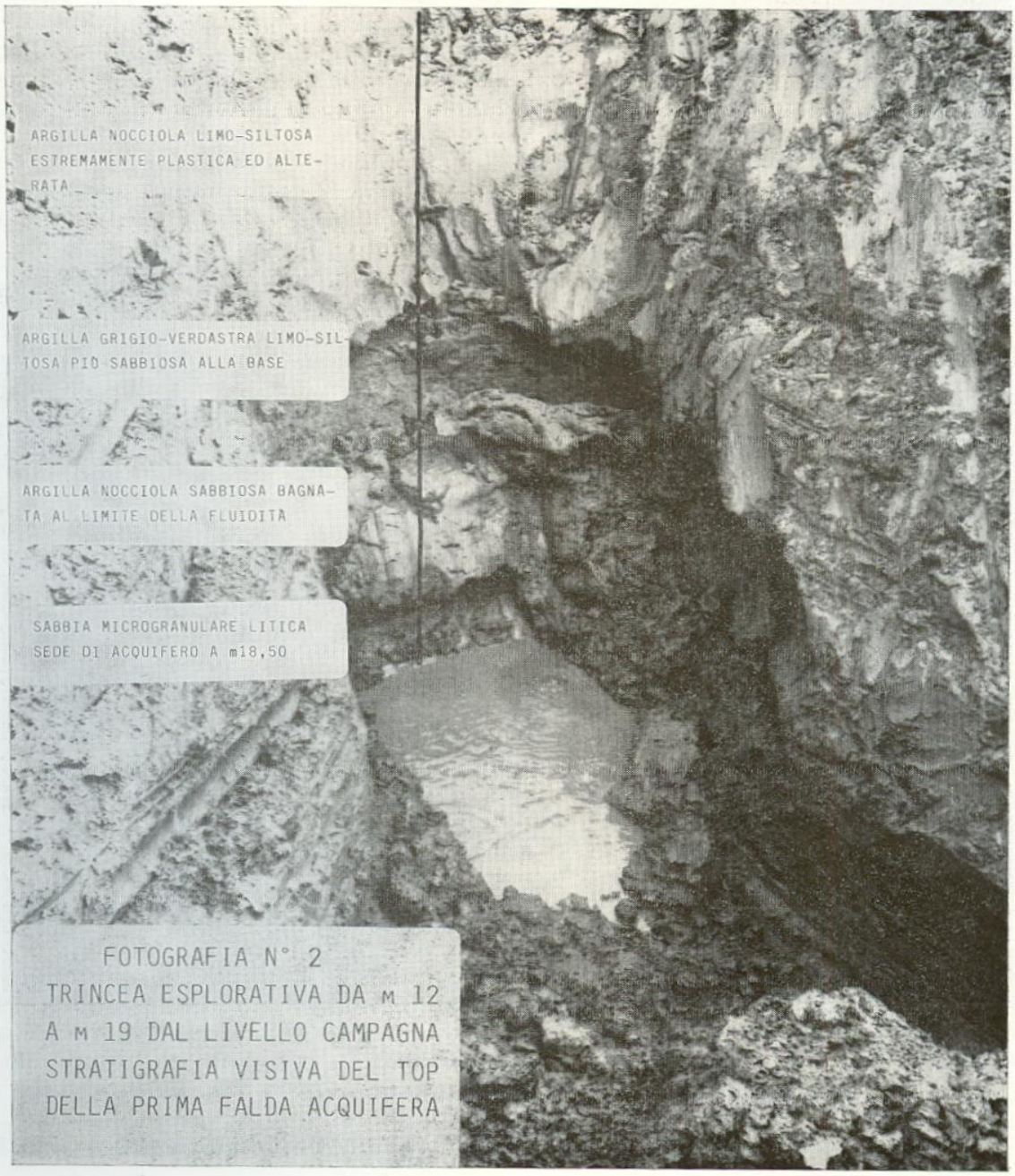

FOTOGRAFIA N° 1
TRINCEA ESPLORATIVA DA LIVELLO CAMPAGNA A m 6,00
STRATIGRAFIA VISIVA DELLE PRIME ALLUVIONI !
ARGILLA PEDOGENIZZATA DI COPERTURA IN DOMINANTE LIMO-SILTOSA FORTEMENTE ALTERATA
GHIAIA + SABBIA IN MATRICE ARGILLOSA, BASSA PERMEABILITÀ CONSEGUENZIALMENTE ASCIUTTA
ARGILLA SABBIOSA + COMPATTA MENO ALTERATA DELLA SUPERFICIALE

In questo «caos» deposizionale si sono «insediate» le attuali falde idriche da cui emungono gli acquedotti oltrepadani.

La presenza di letti argillosi, poroso impermeabili, interrompe la continuità degli strati ghiaioso sabbiosi acquiferi, causando grossi problemi per l'ubicazione, molto spesso «causale», dei pozzi acquedottistici.

Pozzi siti a minime distanze, poche decine di metri (50-80), possono denunciare produttività acquifere completamente differenti.

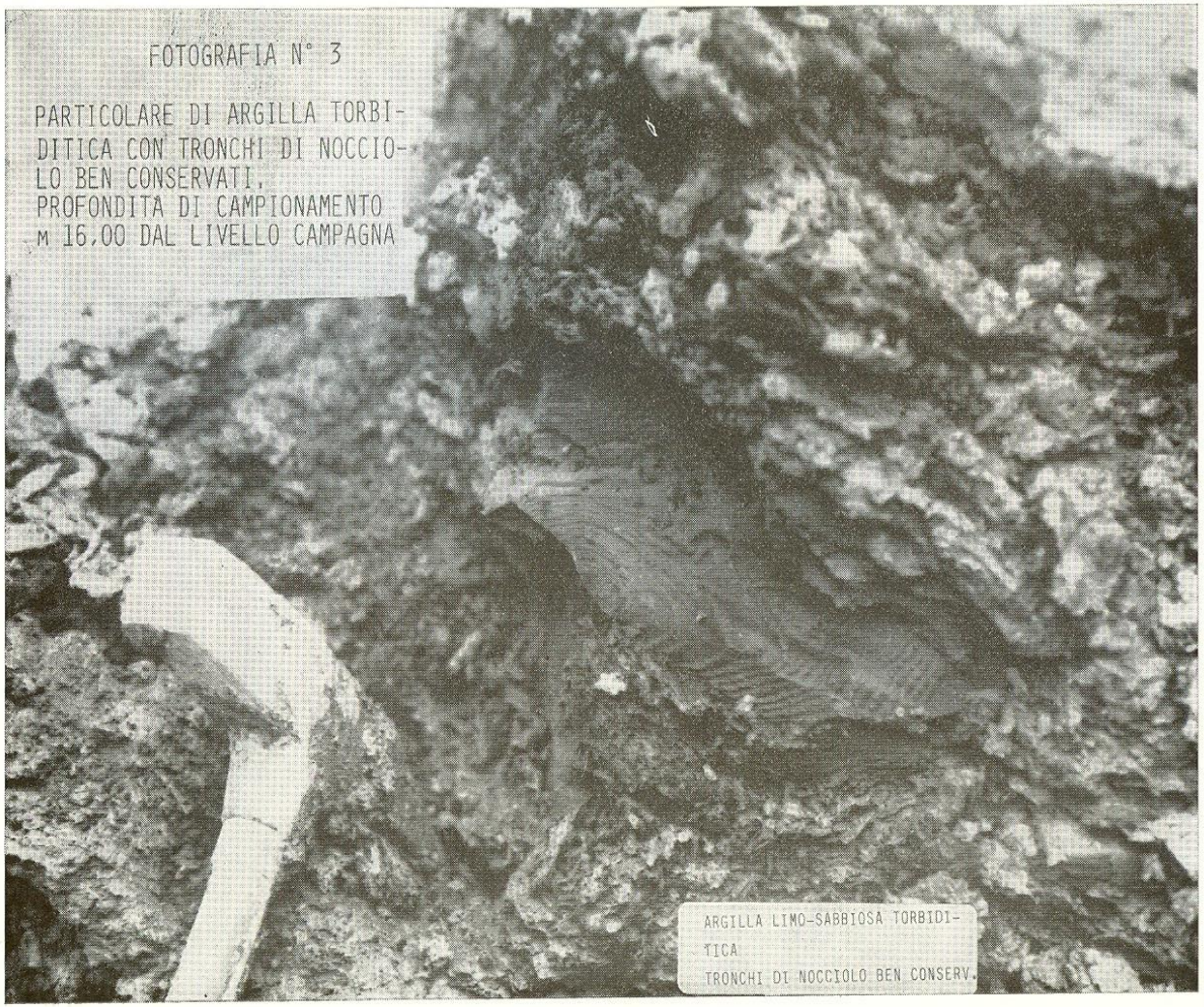
Per meglio chiarire quanto detto sino ad ora si allegano la sezione geologica della zona di Casteggio e lo spaccato assonometrico, ricostruito dallo scrivente, del sottosuolo di Voghera.



FOTOGRAFIA N° 2
TRINCEA ESPLORATIVA DA m 12 A m 19 DAL LIVELLO CAMPAGNA
STRATIGRAFIA VISIVA DEL TOP DELLA PRIMA FALDA ACQUIFERA

FOTOGRAFIA N° 3

PARTICOLARE DI ARGILLA TORBIDITICA CON TRONCHI DI NOCCIOLO BEN CONSERVATI, PROFONDITA DI CAMPIONAMENTO m 16,00 DAL LIVELLO CAMPAGNA



RENATO LESMO*

Criteri e limiti della valutazione delle risorse e riserve geotermiche

RIASSUNTO

Criteri e limiti della valutazione di risorse e riserve geotermiche sono stati discussi dall'Autore nelle Giornate di Studio A. M. G. I suoi fluidi a bassa entalpia, III Geofluid, Piacenza 1980, in un intervento sulle prospettive geologiche, economiche e politiche dell'energia geotermica.

L'argomento viene qui ripreso per sottolineare l'interesse potenziale, ai fini della valutazione speditiva, del metodo utilizzante la zonazione dell'ambiente geologico e la tendenza alla distribuzione log-normale dei parametri base, meglio documentate per le sostanze minerarie non rinnovabili ma utilizzabili previa verifica anche per il calore endogeno.

ABSTRACT

Criteri and limits for the evaluation of geothermal resources and reserves were discussed by the Author in the framework of A.N.G.I. Meeting on low enthalpy fluids, III Geofluid Exhibition, Piacenza, October 1980, when dealing with geological, economic and political perspectives of geothermal energy.

The subjects is resumed here to stress the potential interest of the fast evaluation method using zoning of geological environment and log-normal trend of basic parameters, which are better known for non-renewable mineral substances but can be used successfully, if conveniently analysed, also for the natural heat of the earth's crust.

RESUME

Criteres et limitations de l'évaluation des ressources et réserves geothermiques furent discutés par l'Auter à l'occasion des Journées d'etude A.N.G.I., III Geofluid, Piacenza, dans sa rélation sur les perspectives géologiques, économiques et politiques de l'énergie géothermique.

Le sujet est repris ici pour souligner l'intérêt potentiel du méthode rapide qui utilise la division en zones du milieu géologique et la tendance à la distribution log-normale des parameres de base, mieux documentées pour les substances minéraux non-renouvelables mais utilisables après vérification aussi pour la chaleur endogéne.

Criteri e limiti della valutazione delle risorse e riserve geotermiche sono stati sommariamente trattati alle Giornate di studio ANGI sui fluidi a bassa entalpia, III Mostra Geofluid, Piacenza ottobre 1980, nel corso di un intervento sulle prospettive economiche e politiche dell'energia geotermica nel contesto energetico generale (16).

* Libero professionista già docente Scuola Superiore E. Mattei.

L'argomento viene qui ripreso, ampliato sotto l'aspetto geoeconomico, per definire, a fronte di una informazione generalmente carente o variamente interpretabile, quali possano essere le possibilità e le modalità d'una valutazione speditiva sufficientemente attendibile con metodi alternativi o complementari a quelli comunemente utilizzati, più precisi ma legati quanto ad attendibilità alla consistenza dei dati di partenza.

Sotto l'aspetto dell'abbondanza e rinnovabilità, determinanti per la stima di risorse e riserve, l'energia geotermica è variamente etichettata in letteratura e ciò impone la riflessione sul piano tecnico-economico.

Il calore endogeno si origina sia per decomposizione degli elementi radioattivi nella parte superiore della crosta sia per reazioni chimiche alle alte temperature nella parte inferiore della crosta e nel mantello con contributi di questi meccanismi principali ed altri minori quantificabili solo come ordine di grandezza; incontestabile appare comunque l'abbondanza generica del calore endogeno, con temperature molto elevate dell'ordine di 4000°C nel nucleo centrale di Ni e Fe, elevate dell'ordine di 1200°C nel magma subcrostale ricco in Si, Fe e Mg, minori e decrescenti nella crosta che, come livello isolante tra l'interno caldo e la superficie fredda, rallenta ma non impedisce la dissipazione del calore nello spazio.

Se il gradiente geotermico, a partire dalla superficie, fosse ovunque quello medio di 25-30°C/Km, le possibilità di utilizzazione sarebbero scarse ma fortunatamente la crosta è variabile come spessore e, soprattutto, discontinua, consentendo ai magmi (specie laddove le piastre rigide postulate dalla tettonica globale si scostano o entrano in collisione fra loro) di avvicinarsi alla superficie con flussi di calore superiori a quelli medi.

Il calore endogeno, altrimenti disperso nello spazio, è utilizzabile solo se convenientemente imbrigliato; poichè ancora lontano appare il recupero diretto del calore delle rocce, inamovibili e poco conduttive, come meccanismo efficace di produzione rimane al momento il solo recupero indiretto mediante i vettori di calore circolanti nella parte superiore della crosta, cioè mediante i fluidi caldi naturali di varia origine (legati all'attività idrotermale in corrispondenza di focolai magmatici, o alla circolazione delle acque in formazioni con gradienti termici elevati), o resi reflui in rocce permeabili o iniezione di acque in rocce calde secche rese permeabili colla fratturazione artificiale).

La distinzione fra il calore accumulato nelle rocce e come tale irricuperabile in mancanza di un vettore e il calore recuperabile attraverso i fluidi endogeni, naturali o artificiali che siano, è basilare per decidere sulla riproducibilità o meno dell'energia geotermica, la rinnovabilità praticamente totale per il calore accumulato (la cui abbondanza peraltro non desterebbe preoccupazioni anche con rinnovabilità parziale), viene invece a mancare per i fluidi vettori di calore qualora vengano utilizzati per il loro contenuto calorifico e susseguentemente dispersi in superficie, senza che la natura o l'uomo provvedano al loro rimpiazzo nel sottosuolo.

Il discorso sulla rinnovabilità così impostato è a sua volta determinante nella stima di risorse e riserve, che si presta a particolari equivoci nel caso dell'energia geotermica, in aggiunta alle difficoltà generiche di sovrapposizione della quantificazione economica per le riserve

su quella fisica per le risorse, che accompagnano la valutazione di qualsiasi sostanza mineraria.

Nell'ambito delle fonti energetiche non rinnovabili la quantificazione da tempo utilizza i termini di «*base di risorsa*» (indicante una disponibilità astratta non sempre quantificabile) «*risorsa*» (indicante, come frazione accessibile della base di risorsa, una disponibilità condizionata all'investimento, generica ma sufficientemente quantificabile) «*riserva*» (indicante, come frazione della risorsa valorizzata coll'investimento, una disponibilità specifica quantificabile con diverso grado di attendibilità legato allo stato di avanzamento dei lavori).

A parte la carenza di classificazioni concordate che possono comportare per qualsiasi sostanza mineraria l'uso di più termini per la stessa realtà e degli stessi termini per realtà diverse, l'utilizzazione di qualsiasi terminologia per l'energia geotermica, comporta cautele aggiuntive a quelle richieste per le fonti energetiche non rinnovabili.

Se è vero, come sottolineato da J. Combs e L.J.P. Muffler (4) che le risorse geotermiche sono rappresentate dal calore endogeno e che questa energia naturale della crosta terrestre è economicamente significativa solo se concentrata in volumi ristretti analogamente a quanto avviene per gli idrocarburi fluidi nei giacimenti petroliferi, non va dimenticata la natura fisica, povera, dispersa e facilmente degradabile del calore endogeno accompagnata al carattere dinamico e transitorio dei sistemi geotermici rispetto agli accumuli stabili di energia chimica dei combustibili fossili fluidi, con elevata densità d'energia (26).

Non va nemmeno dimenticato che per il calore endogeno il termine «*risorsa*» è più elastico che per altre fonti energetiche; così qualora il concetto di risorsa geotermica venga inteso in senso lato ha un senso, ad esempio, parlare di potenziale energetico anche dei sistemi conduttivi (sistemi geopressurizzati come pure sistemi nelle rocce calde secche e nei magmi); qualora il concetto vada inteso in senso restrittivo, appare invece giustificata l'attuale tendenza a prendere in considerazione i soli sistemi convettivi.

Nel complesso per l'energia geotermica distinzione, valutazione e confronto di risorse e riserve sono resi particolarmente difficili da tre tipi di problematiche.

Il primo tipo di problematica è legato alla già ricordata relazione fra calore e vettore di calore che non aiuta a discernere fra abbondanza e rinnovabilità della fonte energetica.

La difficoltà di distinguere la conduzione (comportante trasmissione di calore senza movimento di materia) dalla convenzione (con trasmissione di calore per movimento di fluidi) comporta la difficoltà di tener distinto e quantificare (anche nelle aree sedimentarie ma soprattutto in quelle vulcaniche) il calore, difficilmente recuperabile, accumulato nelle rocce da quello, più facilmente recuperabile, associato ai fluidi vettori di calore come pure di distinguere e quantificare ricarica termica e ricarica idraulica laddove sia necessario e conveniente (tenendo conto pure dei rischi di sismicità indotta e di riduzione di porosità e permeabilità) assicurare la massima rinnovabilità della fonte come pure la salvaguardia dell'ambiente, colla reiniezione dei reflui nel sottosuolo.

Poichè limitare la valutazione di risorse e riserve al solo calore contenuto nell'acquifero significa assimilare il sistema geotermico, sempre dinamico, ad accumuli minerari statici ed esauribili, resta l'esigen-

za sottolineato da C. Sommaruga (26) di considerare le risorse e riserve geotermiche in termini di bilanci consolidati termici e idrici senza ignorare la possibilità di apporti e dissipazioni di fluidi e di calore per convenzione non solo idrica (nelle aree sedimentarie) ma anche gassosa e magmatica (nelle aree idrotermali e vulcaniche).

Ciò presuppone evidentemente la corretta definizione dell'ambiente geologico, cioè la zonazione utilizzando concetti come quelli di provincia, bacino, campo, serbatoio purtroppo di definizione più difficile in geotermia che in geologia generale, idrogeologia e geologia del petrolio.

La seconda problematica, legata alla misurazione, è altrettanto importante poichè in economia ciò che non è misurabile non può essere considerato come esistente.

Va ricordato che la misurazione del calore in termini di temperatura, gradiente geotermico e flusso termico ha un significato preciso solo in regime conduttivo per le rocce impermeabili poichè in regime convettivo la circolazione dei fluidi negli acquiferi deforma sia la direzione che i valori di flusso; ciò comporta grosse difficoltà nella definizione delle caratteristiche geometriche del sistema geotermico (area e spessore) alle quali anche i serbatoi petroliferi, nella definizione delle caratteristiche petrofisiche (porosità e permabilità).

Per quanto riguarda l'energia utilizzabile in superficie, invece, la quantificazione del maggiore o minore interesse rivestito, in termini di entalpia cioè di contenuto totale di calore in funzione di pressione, temperatura e volume, rimane spesso ostacolata dalla imperfetta definizione delle caratteristiche qualitative e quantitative dei fluidi erogabili, legata a sua volta alla insufficiente caratterizzazione del serbatoio geotermico.

La misurazione diretta in pozzo, presupposto per la caratterizzazione termodinamica del calore endogeno e dell'ambiente ospitante, preziosa in fase di sviluppo e coltivazione per la verifica e controllo della produzione mineraria ma anche in fase di utilizzazione per il migliore sfruttamento degli impianti, rimane purtroppo limitata dal maggiore costo della perforazione e dal maggior rischio minerario legato alla natura povera, dispersa e facilmente degradabile del calore endogeno.

Il terzo tipo di problematica è legato all'esigenza di accertare attraverso il limite di recuperabilità quanto del misurato è effettivamente utilizzabile in un certo contesto economico-tecnico.

Per quanto riguarda il limite di recuperabilità, legato sul piano economico alle condizioni del mercato e su quello tecnico alla tecnologia di ricerca, coltivazione e utilizzazione, è sufficiente sottolinearne l'importanza come soglia mobile per la distinzione (e misurazione con differente grado di approssimazione) delle risorse (disponibili astrattamente ma non ancora valorizzate coll'investimento) e delle riserve (risorse rese effettivamente disponibili dall'investimento) sia per la decisione dell'investimento (condizionato dai prezzi di mercato e dai costi di produzione).

Anche in geotermia la distinzione di risorse e riserve avviene in base ad una soglia di recuperabilità, variabile nel tempo, che è determinante per l'investimento come per qualsiasi progetto minerario ma travalica per il progetto geotermico il ristretto ambito minerario.

In effetti l'energia geotermica, povera, dispersa e facilmente degradabile in superficie, richiede l'immediata utilizzazione a bocca pozzo,

non essendo nè stoccabile nè trasportabile salvo trasformazione con basso rendimento in elettricità, ed il limite di recuperabilità va definito globalmente non solo in base alle caratteristiche del sistema geotermico nel sottosuolo, ma anche e soprattutto di quelle dell'impianto di utilizzazione in superficie.

Come tale la soglia di recuperabilità risulta di definizione più complessa e provvisoria che per altri prodotti minerari disturbando la valutazione delle risorse e riserve di calore endogeno, specie di quello associato ai fluidi a bassa entalpia, attraverso le molteplici soglie di recuperabilità da definire a seconda delle utilizzazioni ammissibili, energetiche e non energetiche, dirette e indirette, meccaniche e termiche con fasce di utilizzabilità definibili in base alla temperatura.

Va da sé che, in un contesto generale ancora caratterizzato, se si eccettuano poche aree, dalla carenza di informazione, poco a provvisorio si possa ancora dire in termini di risorse e riserve quantificate, con grossolane semplificazioni del problema comportanti approssimazioni delle stime altrimenti non ammissibili per le fonti energetiche non rinnovabili.

Una prima necessaria semplificazione è che anche i fluidi endogeni si comportino, quanto alla distribuzione, come altre sostanze minerali.

Per le varie sostanze minerarie, energetiche o meno, fluide o solide, una questione sempre aperta anche per la chiara impossibilità di disporre di dati definitivi è quella, così importante per una valutazione preliminare, della distribuzione degli accumuli, che possono essere variamente intesi come valori economici e come quantità fisiche ed in modo indifferenziato fisico-economico come provincie contenenti i giacimenti, giacimenti singoli ecc.

Di una distribuzione lognormale, verificabile quando i logaritmi dei valori rispetto alla loro frequenza pesata mostrano una distribuzione normale gaussiana, si possono fornire vari esempi.

Così per il petrolio oltre 30 anni fa T.H. Lahee (13) per gli Stati Uniti, sufficientemente conosciuti geologicamente e statisticamente, evidenziava sulla base di un campione di 5320 campi, che quelli migliori (pari al 5 per cento in numero) racchiudevano circa la metà delle risorse rispetto al 45 per cento delle riserve nei campi mediamente redditizi (circa 1/3 in numero) e al 5 per cento delle riserve in quelli marginali (quasi 2/3 in numero), e dati più recenti e a livello mondiale mostrano che ancor oggi malgrado i crescenti prezzi che facilitano la valorizzazione dei campi minori, meno del 5 per cento dei campi racchiude più dell'85 per cento del petrolio recuperabile.

La generale tendenza alla distribuzione lognormale per le riserve (sia quelle di olio dei 5320 campi statunitensi registrate da T.H. Lahee (13) che quelle del gas dei 123 campi italiani ritrovati a tutto il 1975 e menzionati da D. Jaboli (12) per le aree di interesse minerario (269 bacini sedimentari classificati da N. Vassoyevich (27) in base alla superficie) e per i valori della produzione mineraria (produzione d'oro delle 61 miniere australiane menzionate da A.A. Brandt (3), già sottolineata in un precedente lavoro (15) viene qui evidenziata graficamente alla fig. 1 utilizzando un unico parametro adimensionale multiplo di quantità unitarie opportunamente scelte nell'organizzazione dei dati.

La stessa figura, sempre col ricorso al confronto adimensionale, mostra, peraltro sulla base di un campione ristretto (5), che anche nell'ambito dell'energia geotermica limitatamente alla utilizzazione elet-

trica dei fluidi ad elevata entalpia, già per il 1975, si può intravedere una tendenza alla distribuzione lognormale con 3 campi (cioè The Geysers, Larderello e Wairakei rappresentanti il 25 per cento circa della capacità installata ed istallata, confermata per il 1980 con 6 campi (cioè The Geysers, Larderello, Bufalo, Tini, Wairakei, Cerro Prieto, rappresentanti il 25 per cento dei campi produttivi) totalizzanti 83,5 per cento della capacità installata.

Non sfugge che la verifica della tendenza alla distribuzione lognormale degli accumuli di calore legati ai fluidi ad elevata entalpia avviene qui per il tramite della capacità degli impianti di utilizzazione considerata come rappresentativa di riserve ipotizzando cioè per gli impianti geotermoelettrici che le riserve di energia termica alle spalle del potenziale elettrico installato siano sufficienti a soddisfare i fabbisogni per il periodo di ammortamento dell'impianto, come sembra il caso dei campi geotermici già sviluppati.

Poichè la geotermia non si limita alla sola utilizzazione indiretta mediante conversione in elettricità del calore endogeno, verificare per i fluidi ad elevata entalpia, anche se con certe limitazioni e a livello mondiale, la tendenza alla distribuzione log-normale significa anche poter pensare alla estrapolazione di dati dall'area più conosciuta dell'elevata entalpia a quella più vasta ma meno conosciuta della bassa entalpia con fluidi disponibili per un'ampia gamma di utilizzazioni prevalentemente dirette.

Ciò non significa poter estrapolare automaticamente delle indicazioni, piuttosto vaghe in termini di energia termica nel sottosuolo e a bocca pozzo, dall'area dei fluidi ad elevata entalpia a quella dei fluidi a bassa entalpia per la mancanza fra le due aree di una linea di demarcazione netta e definitiva.

Escludendo i fluidi ad elevata entalpia, con temperature superiori ai 150-180°, che consentono la conversione in elettricità, si potrebbero considerare come potenzialmente utilizzabili per la produzione di elettricità, anche i fluidi con temperature comprese fra 90 e 150° ipotizzando continue e risolutive innovazioni e semplificare la valutazione di risorse e riserve con un'unica soglia di recuperabilità associando ai valori di calore utile nel sottosuolo e a bocca pozzo opportuni fattori di correzione per tener conto del maggior potenziale ottenibile colle nuove tecnologie dei sistemi chiusi e dei circuiti binari.

Questo approccio, peraltro restrittivo in quanto basato su uno sviluppo in termini esclusivi di elettricità, semplifica il problema ma non è utilizzabile per l'area dei fluidi con temperature inferiori ai 90° che richiede, per la scomposizione del potenziale termico, altrettante soglie di recuperabilità in funzione della temperatura quante sono le possibili utilizzazioni.

Oltre che nella valutazione di risorse e riserve, di queste considerazioni va ovviamente tenuto conto quando si debbano decidere gli investimenti in funzione dei prezzi di mercato e dei costi di produzione e quando si vogliano tradurre le quantità di calore estraibili ed utilizzabili in riserve comparabili con quelle di altre fonti energetiche non solo come quantità ma anche come costi del prodotto finale (kWh, caloria, frigoria).

Qualsiasi approccio semplificativo, ammissibile solo in mancanza di informazioni sulla geometria e sulle caratteristiche dei serbatoi, non deve far dimenticare il diverso significato di riserve nelle diverse real-

tà del rinnovabile e non rinnovabile; infatti, mentre le riserve delle sostanze non rinnovabili, con sfruttamento fisicamente differibile nel tempo, rappresentano quantità finite e indipendenti dal tempo (anche se passibili di addizioni per nuove scoperte o prezzi di mercato più elevati, e di sottrazioni per conversione delle riserve in produzione o prezzi più bassi), quella delle sostanze rinnovabili, con sfruttamento condizionato dagli impianti di utilizzazione (di vita finita ma rinnovabile con certi costi) e indifferibile nel tempo pena la perdita definitiva della produzione, sottintendono quantità variabili dipendenti dal tempo (infinite se la rinnovabilità della risorsa sfruttata è assicurata indefinitamente, finite in mancanza di rinnovabilità o con rinnovabilità parziale).

Anche se limitati ai 3000 m di profondità per le minori difficoltà di individuare le situazioni geologiche o fisiche del sottosuolo e la maggior esperienza nella valutazione di costi e limiti economici, le stime delle riserve forniti dalla letteratura, da soppesare in base al metodo di valutazione utilizzato, mostrano di oscillare come significato fra gli estremi delle risorse rinnovabili astrattamente disponibili, valutate per eccesso, e delle riserve non rinnovabili specificamente provate, valutate per difetto, e in qualsiasi caso rimangono difficilmente confrontabili colle riserve di altre fonti energetiche in generale e di quelle petrolifere in particolare.

Al momento, la valutazione delle risorse e riserve di calore endogeno, specie di quello associato ai fluidi a bassa entalpia, si scontra ancora con varie difficoltà di ordine tecnico ed economico, riflesso di difficoltà che ricerca, sfruttamento ed utilizzazione incontrano sul piano conoscitivo ed operativo (16).

Questa situazione, peraltro caratteristica della fase iniziale di ogni tecnologia, è anche riconducibile alla ancora imperfetta conoscenza della relazione spazio-tempo-materia-energia che grande importanza riveste non solo per la geologia in generale, come sottolineato anni or sono da P. Routhier (24), ma anche e soprattutto per la geologia e le altre scienze applicate allo sfruttamento della energia geotermica.

Ci si deve augurare, non solo per una più attendibile valutazione delle risorse e riserve geotermiche, che la geologia, come non ha dovuto attendere la fisica per raggiungere, a suo modo, la nozione a quattro dimensioni di spazio-tempo, sappia convenientemente esplorare il sistema iperspaziale spazio-tempo-materia-energia, coll'aiuto di fisica e chimica, e sollecitamente mettere i risultati a disposizione dell'economia attraverso l'indagine statistica, valorizzando la geostatistica basata sulle variabili regionalizzate rispetto alla statistica classica basata sulle variabili casuali (18).

Al momento il riconoscimento di una generale tendenza alla distribuzione log-normale, tanto più evidente quanto più largo è il campione, appare importante in geotermia non solo per le possibilità di estrapolazione dei dati dall'area della elevata entalpia a quella della bassa entalpia ma anche per le prospettive di ricostruzione di rapporti fra risorse e riserve e fra le varie categorie conosciute geologicamente e statisticamente.

Nell'ottica geostatistica prezioso può rivelarsi il ricorso attraverso la zonazione, non solo al concetto di provincia geotermica (sedimentaria o vucanica) come area preferenziale per i sistemi geotermici naturali (conduttivi o convettivi) e di campo come risultante economi-

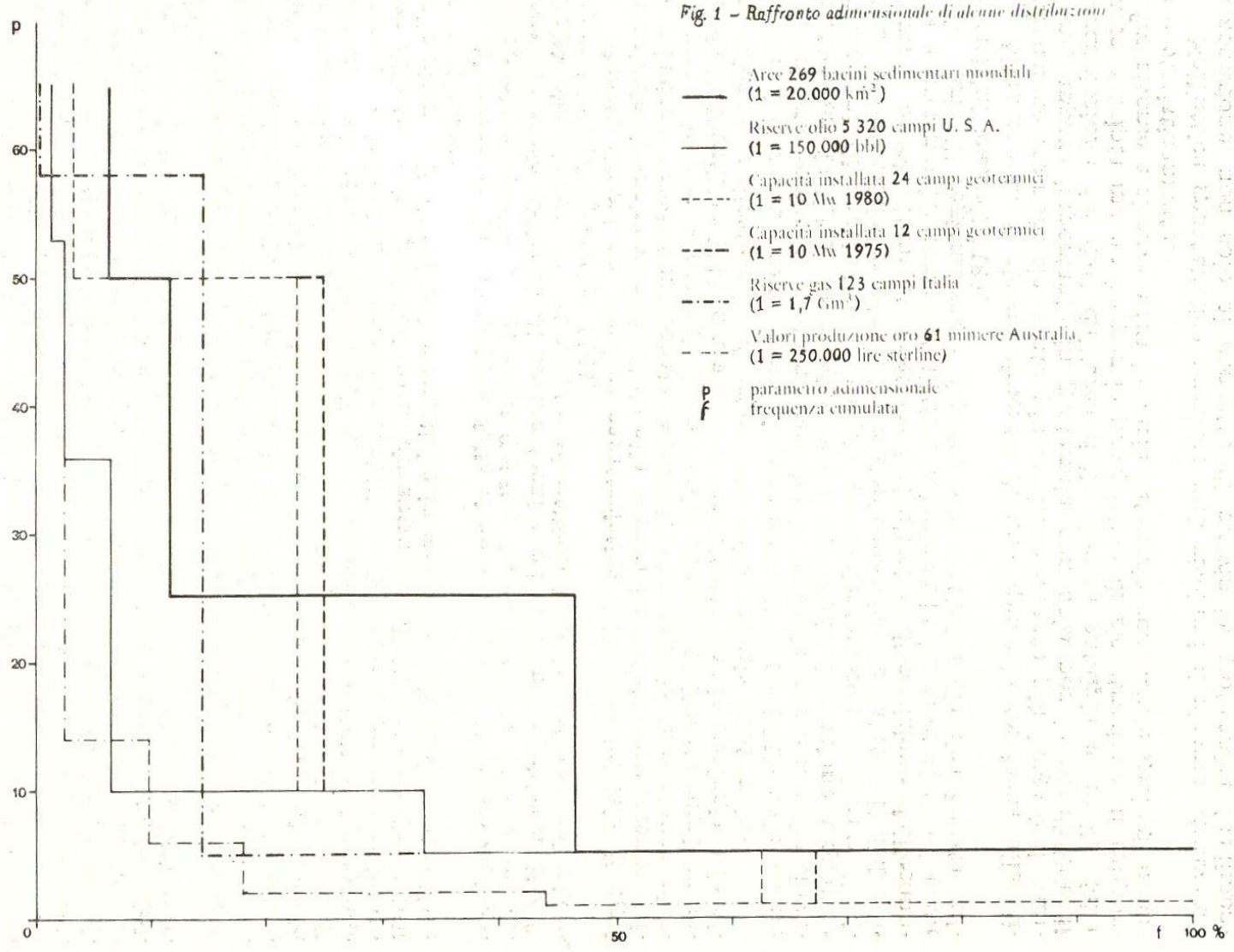


Fig. 1 – Raffronto adimensionale di alcune distribuzioni

ca in superficie di uno o più sistemi convettivi con serbatoi idraulicamente aperti o chiusi) ma anche a quelli di trappola e di energia del giacimento, così fecondi per i giacimenti petroliferi ed opportunamente adattabili ai sistemi geotermici.

Va inoltre tenuto presente, in un'ottica statistica tradizionale, quanto verificatosi per altri prodotti minerari di ormai consolidata utilizzazione con ritrovamenti ciclici per successive ondate legate all'evoluzione della tecnologia; per la geotermia questa è al momento ferma ai sistemi convettivi idrotermali con profondità raggiungibili colla perforazione commerciale dell'ordine di 3 Km ma aperta per il futuro oltre che a profondità maggiori per i sistemi convettivi anche ai sistemi conduttivi (sistemi geopressurizzati nell'ambiente sedimentario e sistemi caldi in rocce secche e magmi nell'ambiente non sedimentario).

In assenza di criteri alternativi che sopperiscano alla carenza di una informazione diretta sempre più costosa, la tendenza alla distribuzione log-normale indicata da varie statistiche (anche se inficiata dal criterio economico riferentesi ad accumuli sfruttabili in base a costi di scoperta e di sviluppo estremamente variabili) va considerato uno strumento di guida e di lavoro valido e a buon mercato ma da aggiornare continuamente per migliorarne l'attendibilità, utile non solo nel processo decisionale sul singolo progetto minerario ma anche nella valutazione globale di risorse e riserve.

BIBLIOGRAFIA

1) BARBERI F. - *La geotermia in Italia: situazione attuale prospettive future* - Convegno Naz. Geotermia e Regioni, Chianciano, Aprile 1977.
2) BRANDT A. - *The pre-evolution of the possible profitability of exploration prospects* - Mineral Deposits 3, 1, 17. Berlin, 1967.
3) CATALDI R. - *Evaluación del potencial Geotermica Recursos y Reservas* - Simposio Internacional sobre Energia Geotermica en America Latina, IILA-INDE Guatemala, oct., 1976 - IILA, Roma 1977.
4) COMBS J., MUFFLER L.J. - *Exploration of geothermal resources:* in *Geothermal Energy Resources, Production, Stimulation* edito da P. Kruger e C. Otre Stanford University Press, Stanford 1973.
5) CRABBE D., Mc BRIDE R. *The world energy book: an atlas and statistical source book* - Kogan Page, London 1979.
6) DOMINGO E., LIGUORI P. - *Esplorazione e valutazione di un campo geotermico* A.N.G.I. Giornate di studio sui fluidi e bassa entalpia - III GEOFLUID, Piacenza ott. 1980.
7) FACCA C. - *Modelli di campi geotermici industriali* - Simposio Internacional sobre la energia geotermica en America Latina, IILA-INDF, Guatemala oct., 1976.
8) FACCA C. - *Le dévelopment future de l'énergie géothermique* - Total information, n. 82, 1980.
9) FUCHS L., HUTTRER C.W. - *Geothermal energy the challenges that lie ahead E/M J, feb. 1975.*
10) IPPOLITO F. - *L'energia geotermica nel quadro di una utilizzazione diversificata delle fonti energetiche* - Convegno naz. Geotermia e Regioni, Chianciano, 1977.
11) IPPOLITO F. - *Sviluppo e prospettive in Italia delle fonti energetiche alternative al petrolio - Energia e Materie prime,* n. 7-8, 1978.
12) JABOLI D. - *Risultati e prospettive in Italia della ricerca di idrocarburi. Fon-*

ti e disponibilità di energia - Simposio Punta Ala, maggio 1976.
13) LAHEE T.R. - *Classification of oil fields* - Bull. AAPG, 28, 6, 1944.
14) LESMO R. - *Economia delle fonti energetiche, vol. 1 - Energetica generale* - Giappicchelli, Torino, 1978.
15) LESMO R. - *Fonti energetiche ed industria estrattiva, parte prima. Giacimenti e produzione* - Giappicchelli, Torino, 1980.
16) LESMO R. - *Fonti energetiche ed energia geotermica: prospettive geologiche economiche, politiche* - A.N.G.I. Giornate di studio sui fluidi a bassa entalpia, III GEOFLUID, Piacenza, ott. 1980.
17) LOFTNESS R. - *Energy handbook* - Van Nostrand Reinholds, New York - London, 1978.
18) MATHERON G. - *The Theory of regionalized variables and its applications* - Les Cahiers du Centre de Morphologie mathématique, n. 5 Fontainebleu, 1971.
19) MUFFLER L.J. - *Tectonic and hydrologic control of the nature and distribution of geothermal resourcers* - II U.N. Simposium on the development and use of geothermal resources, San Francisco 1975.
20) MUFFLER L.J. - *Geology, hydrology and geothermal systems* - II U.N. Symposium on the development and use of geothermal resources, San Francisco 1975.
21) NATHENSON M. - *Production technology, reservon engineering and field management* - II U.N. Symposium on the development and use of geothermal resources, San Francisco, 1975.
22) PACCHIAROTTI E., PARIS L. - *L'energia geotermica per la produzione di energia elettrica, stato attuale e prospettive* - Convegno su fonti energetiche nazionali per l'elettricità, Siena, Giugno 1979.
23) PARIS L. - *L'energia geotermica ed altre fonti integrative: l'impegno ENEL* - Convegno Naz. Geotermia e Regioni, Chianciano, Aprile 1977.
24) ROUTHIER P. - *Essai critique sur les méthodes de la géologie (de l'object à la génese)* - Masson. Paris, 1969.
25) SOMMARUGA C. - *High and low entalpia geothermal resources. Exploration: models, strategies and reality* 26th I.G.C., Paris 1980.
26) SOMMARUGA C. - *L'utilizzo dei fluidi a bassa entalpia quali fonti energetiche integranti nel mondo e in Italia - A.N.G.I.* Giornate di studio sui fluidi a bassa entalpia. III GEOFLUID, Piacenza, ottobre 1980.
27) VASSOYEVICH N.B. et al. - *Sedimentary basins* - 24th I.G.C., Montreal, 1972.

IL MUSEO DI SCIENZE NATURALI È APERTO

Martedì	**dalle**	**21**	**alle**	**23**
Mercoledì	**»**	**15**	**»**	**18**
Venerdì	**»**	**21**	**»**	**23**
Sabato	**»**	**15**	**»**	**18**

Via Gramsci, 1 - Ex Caserma Zanardi - VOGHERA