

FATTORI STRATIGRAFICI CHE INTERESSANO L'ESISTENZA DI OLIO

I giacimenti di olio si trovano in una così sbalorditiva varietà di condizioni geologiche che il geologo del petrolio spesso non spera di poter mai trovare principi e norme di lavoro attendibili. L'olio si trova in tutte le possibili posizioni strutturali, nelle anticlinali o al di fuori di esse, in quasi tutti i tipi di rocce, ignee e metamorfiche incluse. Di conseguenza le generalizzazioni utili sono molto scarse.

Si può dire quasi che la sola generalizzazione valida al riguardo dei pools di olio è che essi si trovano raramente separati; sono di solito allineati in fasce allungate o lungo direzioni preferenziali. Questo fatto fu osservato nel passato lungo Oil Creek in Pennsylvania ed è stato da allora la base principale per la prospezione dell'olio.

I pools d'olio si trovano raggruppati in una certa area perchè i fattori geologici in quest'area erano favorevoli all'accumulo d'olio in giacimenti. In qualche luogo tali fattori sono strutturali, come dove diverse culminazioni in una lunga anticlinale sono produttive. Su una scala maggiore, i fattori favorevoli sono generalmente stratigrafici. I pools d'olio si trovano dove una roccia madre e una roccia magazzino sono in relazione tale l'una con l'altra che l'olio si è accumulato.

L'accumulo dell'olio

Gli attributi di una roccia magazzino sono stati stabiliti molto bene da estesi studi. Quasi ogni roccia che contenga cavità più larghe di una certa ampiezza minima può co-

stituire un magazzino. Gli attributi di una roccia madre non sono così bene stabiliti e costituiranno l'obiettivo di molta ricerca nel futuro.

Probabilmente ogni roccia nella quale sia stato incluso e salvato dall'ossidazione una quantità apprezzabile di materia organica è una roccia madre. Ancora meno è noto del meccanismo secondo il quale l'olio è espulso dalla roccia madre e delle modalità con cui esso raggiunge la roccia magazzino. Probabilmente la maggiore migrazione avviene durante il primo periodo di consolidazione dei sedimenti. Durante il costipamento, i fluidi tendono a migrare verso il margine più sottile del cuneo dei sedimenti, che è comunemente verso la riva. In questo modo le sabbie di spiaggia e di altro litorale sono luoghi favorevoli per l'accumulo dell'olio. Molte anticlinali sono zone di assottigliamento degli strati e quindi costituiscono dei punti localmente favorevoli alla migrazione dei fluidi.

I fattori determinanti l'origine dell'olio, la sua migrazione e il suo accumulo sono in primo luogo litologici, nel senso che dipendono dal tipo di roccia, e stratigrafici, nel senso che dipendono dalle relazioni reciproche dei differenti tipi di roccia. La parola più comunemente usata per caratterizzare una associazione di tipi di rocce in relazione tra loro è facies. Questa parola ha avuto usi svariati ed è stata difficile da definirsi con esattezza, perchè designa una caratteristica generale predominante. Una buona discussione sul suo significato è stata data da Krumbein e Sloss (1951). Essi si accordarono sulla definizione di Moore (1949): "Si definisce facies sedimentaria ogni parte arealmente limitata

di una data unità stratigrafica che mostra caratteristiche diverse in modo significativo da quelle delle altre parti della unità stessa". Dato che l'origine dell'olio, il suo magazzino ed il suo accumulo sono in relazione con le facies, i metodi che insegnano a definire e differenziare le facies dovrebbero essere utili per riconoscere le aree che sono specialmente favorevoli al ritrovamento di olio.

ASSOCIAZIONI LITOLOGICHE

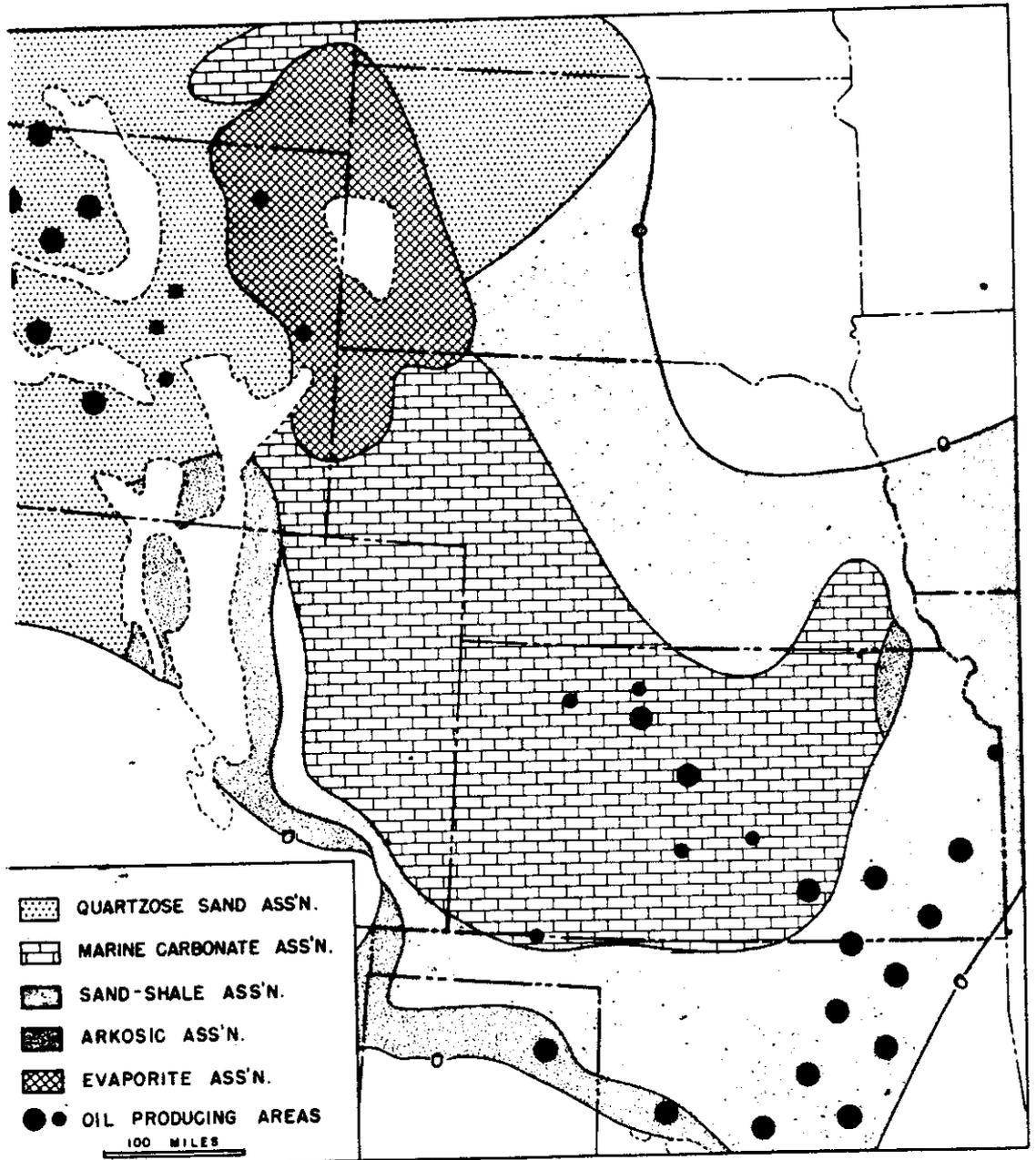
Le sabbie con certe caratteristiche petrografiche si trovano di solito associate a determinati tipi di argille, e le sabbie associate a calcari e dolomie hanno caratteristiche petrografiche diverse. Queste associazioni litologiche sono il risultato di particolari ambienti di deposizione. Per esempio, nel delta del Mississippi vi sono paludi, argini naturali, riempimenti di canali, ciascuno con caratteristiche litologiche proprie, giacenti al di sopra, al di sotto e di lato agli altri. Nelle isole Bahama non vi è nessuna di queste unità litologiche ma invece una associazione di scogliere bioerziali, coliti e fanghi calcarei..

Gli ambienti di deposizione antichi sono riflessi nelle proprietà delle associazioni litologiche risultanti nello stesso modo degli ambienti attuali. Così, si crede che le associazioni di sabbie quarzose siano state deposte su una piattaforma larga, quasi stabile. Le associazioni di sabbie micacee e argille con sostanze carboniose e canali di sabbia devono essere state deposte presso la spiaggia in fosse che ricevevano molti sedimenti ed erano soggette a lieve subsidenza e oscillazioni ripetute. Un'associazione arkosica, d'altro can

to, suggerisce l'accumulo in una fossa rapidamente subsidente molto vicina ad una catena di montagne granitiche.

Se l'olio fosse il prodotto di un solo ambiente, sarebbe abbinato ad una singola associazione rocciosa che sarebbe già stata riconosciuta da molto. Invece l'olio si accumula in molte associazioni litologiche, ciò che incrementa la frequenza e la complessità dei suoi ritrovamenti. Il Pennsylvaniano è un sistema produttivo d'olio in associazioni molto varie di rocce. La figura 1 è una carta molto generalizzata che mostra le differenti associazioni litologiche e le aree di giacimenti noti d'olio delle serie Missouriane e Desmoisiane di una parte del Midwest. Nell'Oklahoma occidentale e nel Kansas il mare Desmoisiano depose l'argilla Cherokee e le rocce ad essa associate in una larga fascia. La Cherokee era una delle maggiori rocce-madri, perchè quasi tutte le sabbie porose ad essa associate contengono olio. Queste sabbie produttive formano un grande allineamento di pool d'olio che cade in una spessa fascia di sedimenti dell'associazione sabbie micacee-argille. Più ad Ovest, l'olio missouriano si rinviene in una associazione carbonata di ambiente marino dei gruppi Lansing-Kansas City.

La carta (fig. 1) mostra un cambiamento di facies da una associazione argille-sabbie micacee ad una associazione arkosica lungo i fronti delle Montagne Rocciose e dei Monti Wichita. La zona in cui si trova questo cambiamento di facies è riccamente produttiva di olio nel "Texas panhandle" e nell'Oklahoma sud-occidentale. L'associazione evaporitica è produttiva soltanto da piccoli accumuli ad Ovest delle Black Hills. Tuttavia, l'area delle sabbie quarzose include le sabbie Tensleep del Wyoming, che sono fra le sabbie più produttive d'olio.



1 - Carta semplificata delle associazioni litologiche delle serie
 Missouriane - Desmoinesiane - Adattata in parte da Krumbein 1948
 e Maher 1953

Pochi intervalli di tempo geologico negli USA hanno una così vasta varietà di ambienti di deposizione, o contengono così tanto olio come il Missouriano e il Desmoisiano. Da questo esempio uno può concludere che l'olio può trovarsi in ogni associazione di roccia e che la facies non ha una influenza importante. Tuttavia, una suddivisione più sottile di facies è più strettamente riferite ad aree di presenza d'olio.

PRESENZA DI OLIO IN ASSOCIAZIONI LITOLOGICHE DIVERSE

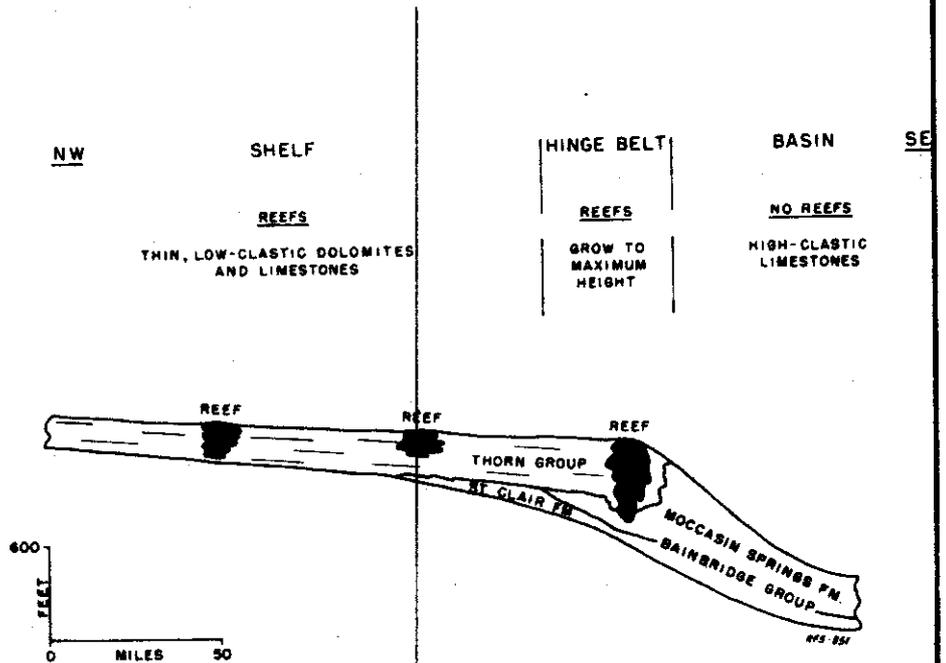
L'olio si trova in molte, se non in tutte, delle maggiori associazioni litologiche depositate nei loro corrispondenti ambienti tettonici. Tuttavia i pools di olio non sono distribuiti uniformemente attraverso l'intera area occupata da uno di questi maggiori tipi di facies. Illustreremo qui di seguito alcuni esempi che mostreranno come alcune suddivisioni minori delle associazioni rocciose contengano la maggior parte dei pools di olio.

Associazione sabbie-argille

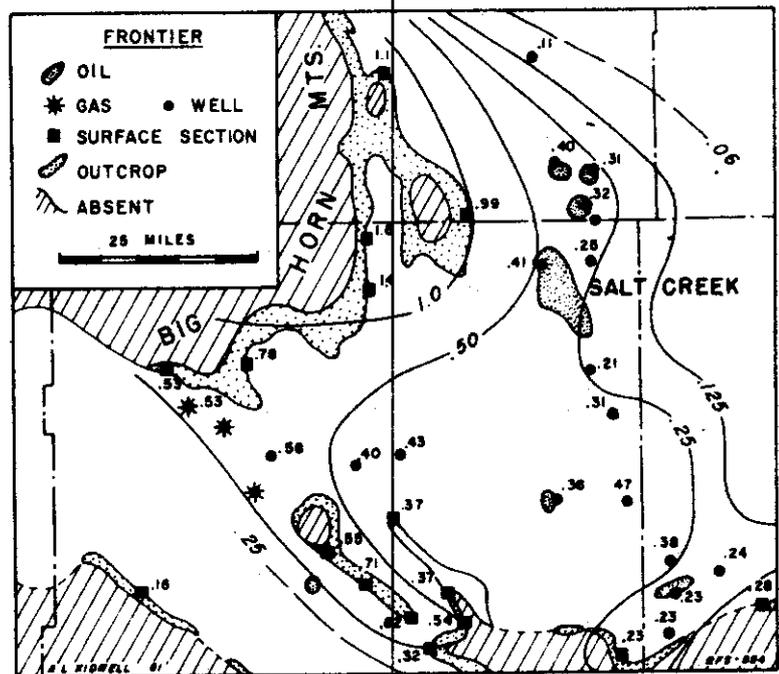
L'olio viene rinvenuto molto di frequente in una associazione di rocce consistente in parecchie lenti discontinue di sabbia incastonate in argille grigie. Le sabbie diminuiscono in numero, spessore e permeabilità verso il bacino, sebbene lo spessore totale dell'unità aumenti. Presumibilmente queste sabbie sono state deposte a breve distanza dalla riva, ricevendo una considerevole quantità di sedimenti la cui sedimentazione era dominata da correnti lungo la riva stessa.

In questa associazione l'uso combinato di carte di isopache e carte del rapporto sabbia-argilla è stato eccezionalmente utile per definire l'area più produttiva di olio. Le carte regionali basate su dati ampiamente distanziati possono essere degne di fiducia nel definire zone generali o fasce di questa facies. L'effettiva ubicazione delle singole masse di sabbia produttive è difficile da prevedere anche con pozzi molto vicini tra loro. Il rapporto sabbia-argilla diviene meno efficace mano a mano che l'unità diviene più sottile e contiene meno corpi sabbiosi singoli.

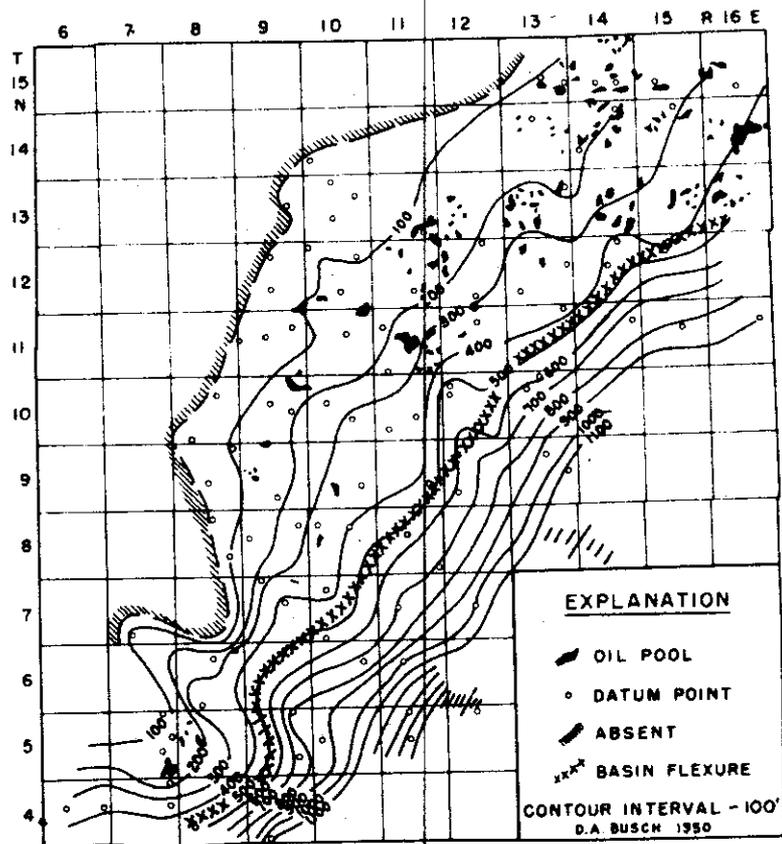
La formazione cretacea Frontier, del Wyoming riccamente produttiva, è composta di rocce di associazione sabbia mica-cee-argilla. La figura 2, una carta generalizzata dell'area più fertile del Frontier, mostra i maggiori cambiamenti nel contenuto di sabbia. I pools di olio si raggruppano lungo la linea dove il rapporto sabbia-argilla è circa $1/4$, sebbene il gas si trovi nella zona del contenuto più alto di sabbia. Il Frontier è pure produttivo nel Wyoming nell'area intorno a Lost Soldier e nel bacino del Big Horn. In entrambi i posti la produzione è provenuta dall'area dove la formazione ha un rapporto sabbia-argilla di circa $1/4$. In altri luoghi il Frontier è generalmente deludente, sebbene sia stato perforato da più di un centinaio di wildcats. L'olio del Frontier si trova soltanto in sedimenti depositi in ambienti molto ristretti. Il rapporto sabbia-argilla = $1/4$ è probabilmente un riflesso di questo ambiente, ma non vi è nessuna ragione per credere che il suo valore effettivo sia particolarmente significativo. E' semplicemente il riflesso litologico dei fattori ambientali che causarono l'accumulo d'olio a Salt Creek, Elk Basin, Lost Soldier e altri pool di olio del Frontier. In altre unità ed aree l'ambiente favorevole può avere un rapporto sabbia-argilla differente. Qualche altro indicatore,



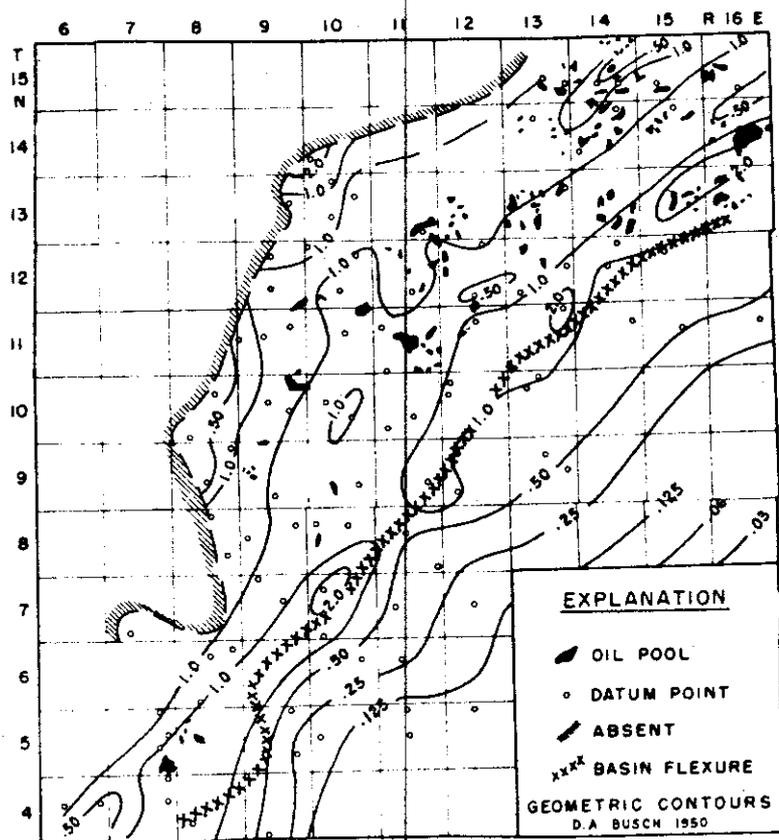
7- Sezione trasversale diagrammatica degli strati Niagariani da NW a SE (Illinois) - Adattata da Lowenstam (1949)



2- Carta del rapporto sabbia - argilla della formazione cretacea. Frontier, area di Salt Creek, Wyoming



3- Spessore della formazione Aroka (Pennsylvaniiano) area Seminole (Oklahoma)



4- Carta del rapporto sabbia-argilla della formazione Aroka (Pennsylvaniiano) - Area Seminole (Oklahoma)

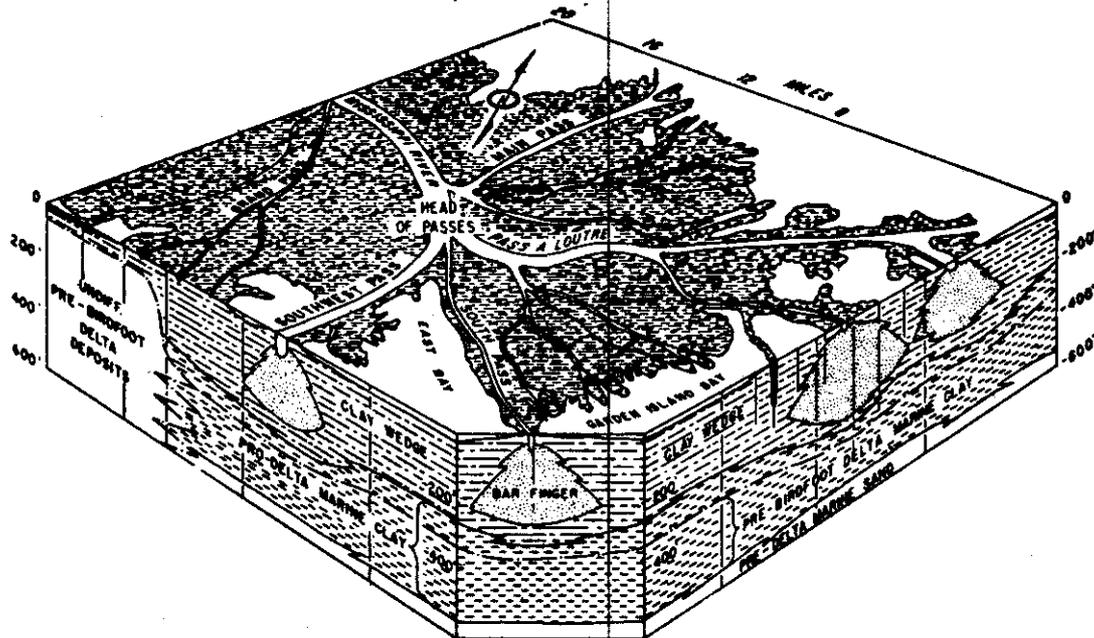
chimico, petrografico o paleontologico, può essere molto più significativo nel disegnare l'ambiente favorevole. Tuttavia il rapporto sabbia-argilla è facilmente e ampiamente disponibile perchè può essere calcolato dai log elettrici.

La formazione pennsylvaniana di Atoka dell'Oklahoma sud orientale è una associazione litologica simile al Frontier. Essa contiene da 1 a 10 livelli lenticolari arenacei separati di sabbie in argille grigio-scure. L'unità si assottiglia rapidamente da più di 5000 piedi a Sud-Est a zero a NW (fig.3). Una massa continentale pennsylvaniana si trova verso NW, e sembra che si sia avuto un rapido sprofondamento verso Sud-Est, che, approfondì il bacino e rimosse una piccola parte dell'Atoka deposto recentemente presso la costa. La zona litorale è definita nella carta dei rapporti sabbia-argilla dell'Atoka (fig.4). L'olio fu trovato principalmente nell'area dove il rapporto sabbia-argilla è compreso tra 0,50 e 2.

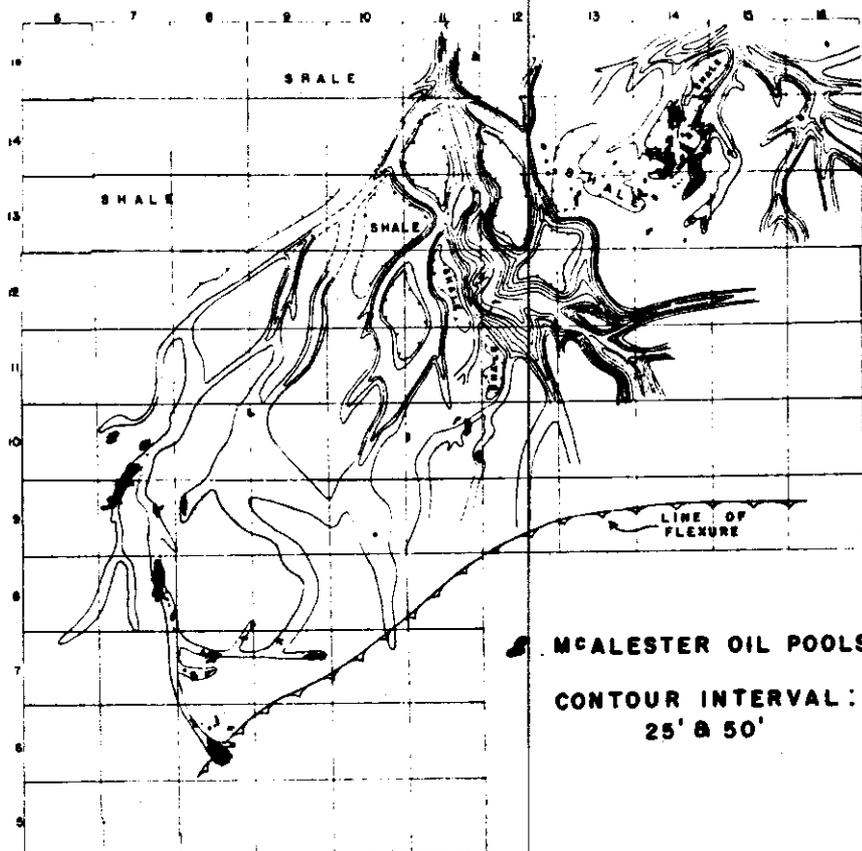
Altre zone produttive caratterizzate da questo tipo di sabbie sono l'Eocene del Perù e Venezuela, il Devoniano della Pennsylvania, e parecchie formazioni della costa del Golfo. Il fatto che i campi di olio si trovino sul lato verso il mare della maggior parte delle formazioni sabbiose, e in zone di rapporto sabbia-argilla da $1/4$ a 1, è stato già notato nella bibliografia pubblicata (Krumbein and Nagel, 1953; p. 959).

Delta

La struttura del delta del Mississippi fu recentemente descritta da Fisk et al. (1954) come costituita da lunghi canali di sabbia ramificati che hanno una forma di piede di uc-



5 - *Struttura sedimentaria attuale, a piede di uccello del delta del Mississippi - Da FISK et al. (1954)*



6 - *Isopache delle arenarie Booh, area Seminole, (Oklahoma) Da BUSCH (1953)*

cello (fig.5). Tra i canali di sabbia si trovano silt e argille. Questo tipo di struttura è stata conservata nel sottosuolo più spesso di quanto sia stato generalmente riconosciuto. Poche aree sono state perforate con una spaziatura di pozzi fitta abbastanza da mostrare la presenza di canali di sabbia che rassomiglino a quelli del delta del Mississippi in dimensioni e aspetti litologici. Un esempio di deposizione di delta si è trovato nelle sabbie Booch del distretto Seminole dell'Oklahoma, che è stato descritto dal Busch (1953, p.75). La figura 6 è una carta delle isopache composte di parecchie sabbie chiamate Booch nella formazione pennsylvaniana Mc.Alester del distretto Seminole dell'Oklahoma sud orientale. Questa carta probabilmente è un quadro composito dei canali del fiume in parecchi tempi diversi. I canali più spessi contengono più di 200 piedi di sabbia, e presso di essi vi sono aree senza sabbia. E' degno di nota che l'olio non è ristretto ai canali più spessi ma si trova generalmente tra di essi in aree di sabbie più sottili e più uniformi.

Nel tipo deltizio del corpo sabbioso lo spessore totale delle sabbie è probabilmente più significativo che non il rapporto sabbia-argilla. Nei canali vi è un singolo corpo sabbioso mentre tra di essi ve ne possono essere molti; si trovano comunemente livelli carboniosi. E' probabile che si trovino altri esempi di queste interessanti forme di deposizione; sfortunatamente però, almeno nel caso del Booch, la forma non spiega pienamente l'ubicazione del pool d'olio.

Associazioni di calcari bioermali

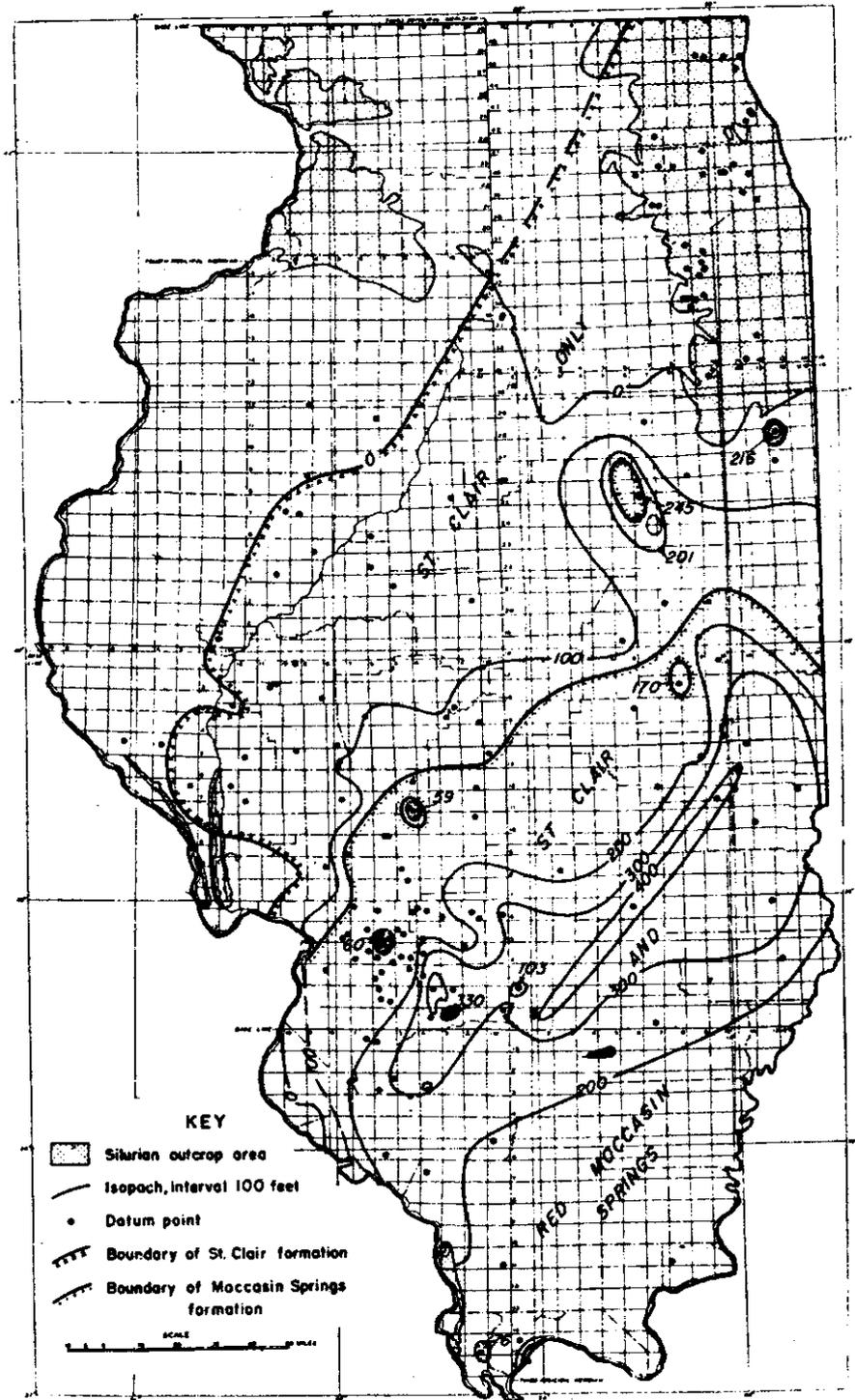
Gli organismi secernenti il carbonato che forma le scogliere o, più propriamente, le bioerme, devono svilupparsi in acque che siano poco profonde, calde e chiare. Le recenti scogliere crescono in ambienti litorali come quelli della barriera dell'Australia e le Bahama. Esse crescono pure con una disposizione casuale sulle piattaforme, come quelle al largo della costa di Cuba. Poichè la crescita della scogliera è limitata a certi ambienti, le scogliere sono anch'esse limitate nella associazione litologica tipica di questi ambienti. Perciò gli ambienti antichi favorevoli alla presenza di scogliere possono essere riconosciuti dalle facies delle rocce ad esse associate. Una volta che sono determinate le facies favorevoli alle scogliere, le informazioni provenienti dai pozzi che non le hanno incontrate possono essere usate per definire le aree che erano favorevoli alla loro crescita.

Lowenstam (1949) mise in rilievo che le rocce siluriane del bacino orientale interno, che mostrano maggior probabilità di formare giacimenti d'olio, sono i reef lentiformi del Niagarano. Sebbene queste rocce di scogliera in qualche parte agiscano come magazzino, l'olio si trova anche negli strati porosi devoniani che giacciono sul reef. Il Niagarano dell'area consiste di una serie di sedimenti marini, la maggior parte dei quali erano depositi su una vasta piattaforma. Le bioerme sono comuni nei sedimenti di piattaforma, che comprendono calcari e dolomie piuttosto sottili. Nell'Illinois meridionale e nell'Indiana sud occidentale vi era un piccolo bacino intracratonico caratterizzato da calcari il cui contenuto clastico si aggira sui 35-40 %. Le bioerme divengono più alte man mano che i sedimenti di piattaforme si ispessiscono

verso il bacino e verso la linea di flessura, ma sono assenti nel bacino stesso, come mostrano diagrammaticamente nella fig.7. Le facies del bacino possono essere facilmente differenziate dalle facies di piattaforma perchè la facies del bacino ha un contenuto in argilla più alto di quella di piattaforma, ed è costituito prevalentemente da calcare piuttosto che da dolomie. Si possono usare numerose espressioni quantitative per la descrizione litologica impiegata nel ricostruire gli ambienti di deposizione. Per esempio la carta degli spessori delle facies rosse del Niagarano (fig.8) può essere usata insieme ad altre carte per definire le aree di deposizione di piattaforma, di flessura e di bacino. L'accumulo più spesso delle facies rosse si trova nell'area di flessura. La zona rossa si assottiglia verso il bacino (sud-est) e verso la piattaforma (nord-est). Dato che i reef sono più sviluppati verso la fascia della flessura, una carta di questo tipo potrebbe essere usata per prevedere le aree della presenza più consistente di reef. Altre carte di facies che aiutino la definizione di ambienti di deposizione sono quelle del rapporto clastico, siliceo e calcare-dolomite.

Associazione rocce carbonatate e sabbie quarzose

Certe sabbie quali le ordoviciane di Simpson e St.Peter del Mid Continent e le pennsylvaniane di Tensleep nelle Montagne rocciose sono pure, a parte il cemento calcareo. Sono costituite da grani arrotondati, e sono associate soprattutto con calcari e dolomie. Esse sono molto estese e coprono una immensa area, per cui si crede che risultino dalla deposizione su una piattaforma stabile. Non cambiano facies ra-



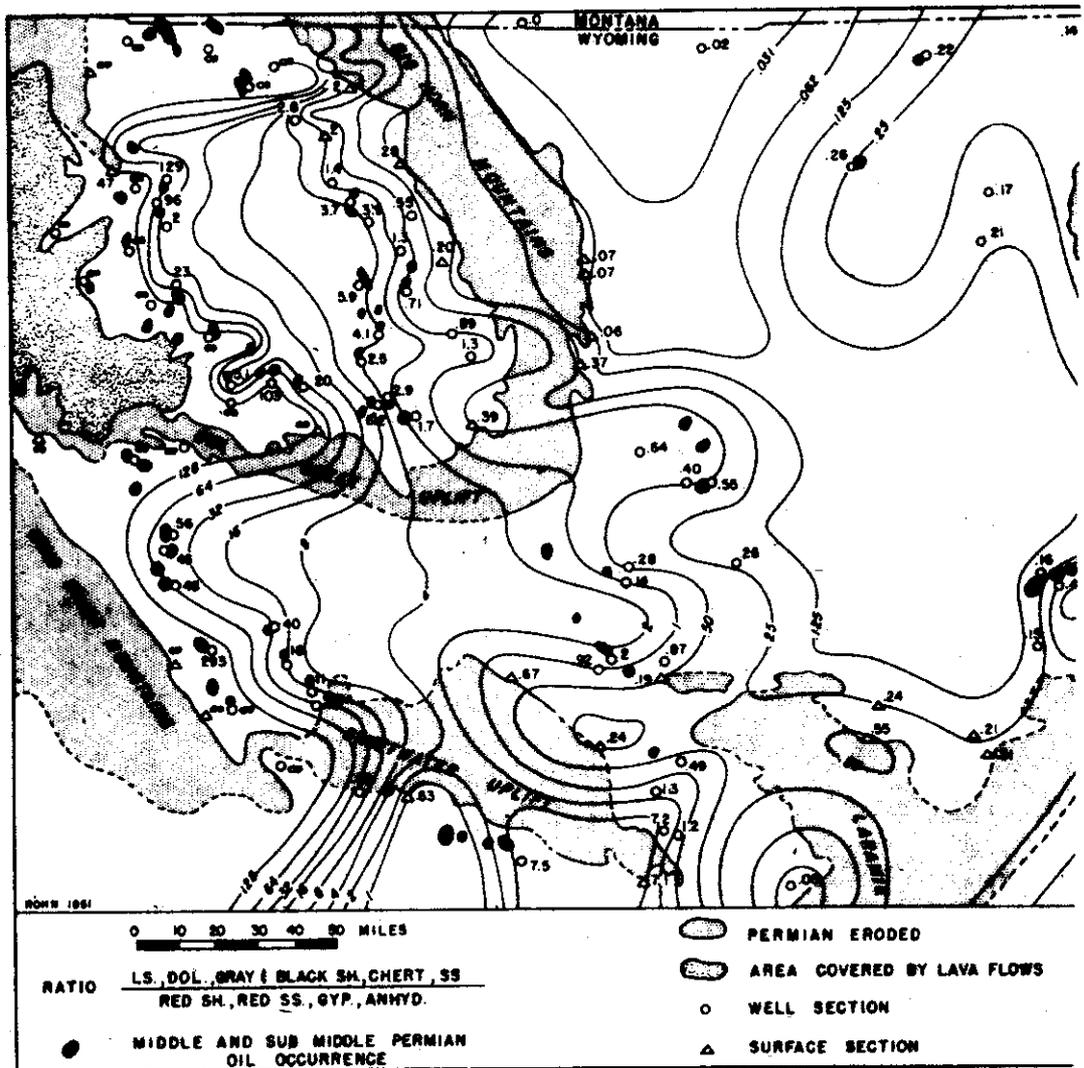
8- Spessore delle facies prevalentemente rosse degli strati Niagariani nell' Illinois - Da Lowerstom (1949)

pidamente, e la presenza di olio in esse non è confinata in zona di facies ristrette e ben definite. La localizzazione di molti singoli pool individuali è strutturale. Queste sabbie sono, naturalmente, più permeabili in in alcune aree e meno in altre e, generalmente, l'olio è assente nelle aree di bassa permeabilità.

Le associazioni di rocce di questo tipo forniscono buoni magazzini ma sono rocce madri apparentemente povere perché in esse è conservata poca materia organica. La presenza di olio nelle Tensleep e Simpson può essere meglio spiegata dai sedimenti organici neri che giacciono direttamente su di esse in qualche area.

La Tensleep del Wyoming occidentale è coperta dalla formazione Phosphoria del Permiano, costituita da rocce carbonatiche e da marne nere molto bituminose. Questo deposito marino, che cambia facies verso Est in una successione di redbed, è stato a lungo considerato come la probabile roccia madre dell'olio della Tensleep (Bartram, 1934). L'area occupata dalla facies marina è definita quantitativamente sulla carta del rapporto facies marina/facies redbed (fig.9). Può essere notato che la maggior parte dell'olio pennsylvaniano e permiano si trova nelle aree dove il rapporto facies marina/redbed è maggiore di 0,50. Praticamente i pools tra la linea 0,50 e 1 non sono così fertili come quelli nell'area dove il rapporto è maggiore.

I ritrovamenti di olio pennsylvaniano e permiano nel Wyoming orientale si hanno nelle facies evaporitiche delle formazioni Hartville e Minnelusa. Quest'olio è alquanto diverso nella composizione dall'olio originato nella Phosphoria.



9- Carta del rapporto facies marina - facies di redbed nel Permiano medio

Si possono costruire carte di facies per definire l'area favorevole per il ritrovamento dell'olio Hartville-Minnelusa.

NECESSITA' DI UNA ESPRESSIONE QUANTITATIVA DEI DATI

L'espressione di dati strutturali è generalmente semplice poichè l'altezza di un dato piano sul livello del mare è facile a visualizzare. I dati stratigrafici sono molto più complicati. Una carta di spessori di una data unità è la più semplice e la più fondamentale carta stratigrafica. Per esprimere il carattere litologico può essere necessario tracciare parecchie altre carte. Queste possono comprendere carte di rapporti clastici, rapporti saboie-argilla, percentuali di sabbia, spessore totale della sabbia o di qualche altro tipo di roccia quale il sale, l'anidrite, o numerosi altri parametri. Si possono tracciare curve paleontologiche o mineralogiche (Hoffmeister 1954). Certe carte di facies possono riflettere meglio l'ambiente di deposizione di una unità, altre carte possono essere usate per definire condizioni di rocce magazzino e rocce madri.

I dati litologici sono di solito riportati su sezioni trasversali e la necessità di riportarli sulle carte non è sempre evidente. Vi sono molti modi mediante i quali esprimere la litologia sotto forma di numeri sulla carta facilita una accurata interpretazione.

Estrapolazione e interpretazione

I cambiamenti di facies non sono mai improvvisi ed esprimibili mediante una sola linea. L'uso di dati numerici permette di poter constatare il valore del cambiamento e mettere così su una carta parte della gradazione che viene meglio mostrata sulla sezione. I cambiamenti litologici sono di solito non lineari. Al pari di tanti altri fenomeni naturali, come l'incremento, la gravità, o la produzione di un pozzo ad olio, cambiano esponenzialmente. In questo modo, se lo spessore della sabbia in una unità si abbassa da 100 piedi a 50 in un miglio, è probabile si abbassi ancora fino a 25 piedi nel prossimo miglio, piuttosto che abbassarsi ancora 50 piedi fino a 0. In ogni caso il trattamento numerico dei dati rende possibile riconoscere la legge secondo la quale avviene il cambiamento, e quindi calcolarlo tra, oppure oltre i punti dati.

Correlazione

Tuttavia, frequentemente, è necessario studiare i dati litologici sotto forma di sezioni trasversali per stabilire delle correlazioni; l'esposizione areale dei dati litologici facilita la correlazione. Per esempio, sono stati fatti tentativi per correlare le sabbie ad olio di Oil City, Pennsylvania, con quelle di Knox, 10 miglia ad Est (Dickey et al. 1943). L'esposizione su una carta mostrò che le sabbie di Oil City erano costituite da una linea di spiagge marine ad W, e da sabbie sottili continentali e redbed ad Est. Fu immediatamen-

te ovvio che se anche le sabbie di Knox erano di spiaggia, esse erano correlabili non con le sabbie di Oil City, come si credeva secondo le sezioni trasversali, ma con le lingue di argille marine che erano intercalate con le sabbie di Oil City.

Gli orli di un bacino di sedimentazione sono comunemente caratterizzati da depositi di acqua poco profonda in unità sottili che differiscono marcatamente l'una dall'altra. Questo c'è da aspettarselo dato che si rinvencono cambiamenti nell'ambiente più facilmente nei punti vicino all'orlo del bacino che non nell'acqua profonda al centro del bacino. Nel centro del bacino la deposizione di un singolo tipo litologico si protrae continua mentre le formazioni marginali vanno cambiando. Le carte di lito-facies possono risolvere problemi di correlazione della piattaforma al centro del bacino, o attraverso il bacino all'altra sponda.

La parte più difficile nella compilazione di una carta di litofacies è la scelta degli orizzonti di tetto e di letto tra i quali siano computate le descrizioni litologiche quantitative. In alcuni luoghi, come nei depositi di piattaforma molto diffusi, o in aree ristrette, è facile trovare orizzonti litologici che corrispondono abbastanza bene con gli orizzonti cronologici. Comunemente tuttavia, come nelle associazioni sabbie micacee-argille, le sabbie si lenticolarizzano verso il bacino in una successione monotona argillosa. Un esempio è costituito dalle grandi argille Mancos del Colorado e Utah. Le sabbie Frontier e Mesaverde verso sud passano nelle loro parti inferiori e superiori. La procedura usuale per correlare e mappare formazioni sabbiose come il Frontier o Mesaverde è di prendere la prima sabbia alla testa e l'ultima alla base. Una tale carta dovrebbe mostrare il Frontier sabbio-

so assottigliato e rimasto sabbioso verso il bacino. In pratica la Frontier ed i suoi equivalenti cronologici si ispessiscono e divengono argillosi verso il bacino.

L'esempio precedente mostra che i metodi usuali per seguire i tipi litologici o i fossili che sono controllati dall'ambiente possono forviare. E' probabilmente meglio seguire un orizzonte phantom piuttosto arbitrario attraverso una sezione argillosa monotona che seguire un orizzonte reale che taglia la linea del tempo.

La scoperta di grossi cambiamenti simultanei del livello del mare avvenuti nel recente passato, conferma la vecchia credenza che vaste trasgressioni e regressioni avvengono simultaneamente attraverso il mondo. Dove esiste l'evidenza di un tale grosso ciclo trasgressivo-regressivo questo ciclo può procurare non soltanto un valido e naturale aggruppamento di unità rocciose da studiare insieme, ma proprio un mezzo di correlazione. Israelsky (1949) mise in rilievo che il carattere di una fauna a Foraminiferi cambia rapidamente con la profondità. La vera linea cronologica in un gruppo di pozzi attraversanti un tale ciclo trasgressivo-regressivo non sarà quello che unisce fossili simili che si sviluppano a profondità d'acqua simili, ma piuttosto la linea che unisce le zone di acque relativamente più profonde, più alte in vicinanza delle coste, più bassa verso il centro del mare. L'estensione del concetto generale di ciclo trasgressivo-regressivo e la considerazione di tutte le parti - marina profonda, spiaggia e continentale - come membri della stessa famiglia rafforzeranno le correlazioni e renderanno più efficiente l'uso delle facies nella prospezione.

Presentazione di dati

Una considerevole parte di prospects d'olio è basata semplicemente e unicamente sulle condizioni stratigrafiche; perciò non è postulata nessuna chiusura strutturale. Per altri prospects dove vi può essere una chiusura, si può cercare di valutare i fattori litologici favorevoli al ritrovamento d'olio in strutture. I geologi moderni raramente mancano di fare menzione delle possibilità stratigrafiche di una zona. Tuttavia, i caratteri stratigrafici sono comunemente espressi in termini nebulosi che mancano di precisione o persino di convinzione.

In tutti i prospects stratigrafici sono disponibili i dati numerici che possono essere riportati sulle carte. Se non fosse così, le affermazioni ed i disegni sarebbero insostenibili e privi di valore. Una volta che si siano riportati i valori su una carta, si possono tracciare delle curve. I valori possono essere imprecisi, e ampiamente distanziati, ma lo stesso è vero di molti dati geofisici che sono, tuttavia, riportati e mappati. Il riporto e le curve compiono due cose: facilitano il pieno uso e l'accurata interpretazione dei dati, e rendono un parere chiaro e definito, anche se non necessariamente preciso.. Se il geologo può mostrare che l'ubicazione più probabile e le condizioni litologiche favorevoli seguono una curva tracciata tra i punti di dati numerici, allora i prospects stratigrafici perdono il loro carattere nebuloso e divengono definiti e facili da valutare e da proporre come i prospects strutturali.

B I B L I O G R A F I A

- Bartram J.G., 1934 - "Oil Gravities in the Rocky Mountain States", Problems of Petroleum Geology, Amer. Assoc. Petrol. Geol., pp. 157-76.
- Busch D.A., 1953 - "The Significance of Deltas in Subsurface Exploration", Tulsa Geol. Soc. Digest, Vol. 21, pp. 71-80.
- Dapples E.C., Krumbein W.C. and Sloss L.L., 1948 - "Tectonic Control of Lithologic Association", Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 32, No. 10, pp. 1924-47.
- Dickey P.A., Sherrill R.E. and Matteson L.S., 1943 - "Oil and Gas Geology of the Oil City Quadrangle, Pennsylvania", Pennsylvania Geol. Survey Bull. M. 25, 4th Ser.
- Fisk H.N., McFarlan E., Jr., Kolb C.R. and Wilbert L.J., Jr., 1954 - "Sedimentary Framework of the Modern Mississippi Delta", Jour. Sed. Petrology, Vol. 24, No. 2, pp. 76-99.
- Hoffmeister W.S., 1954 - Microfossil Prospecting for Petroleum, U.S. Patent No. 2,686,108.
- Israelsky M.C., 1949 - "Oscillation Chart", Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 33, No. 1, pp. 92-98.
- Krumbein W.C., 1948 - "Lithofacies Maps and Regional Sedimentary-Stratigraphic Analysis", *ibid.*, Vol. 32, No. 10, pp. 1909-23.

Krumbein W.C.
and Nagel F.G., 1953

- "Regional Stratigraphic Analysis of 'Upper Cretaceous' Rocks of Rocky Mountain Region", *ibid.*, Vol. 37, No. 5, pp. 940-60.

Krumbein W.C.
and Sloss L.L., 1951

- Stratigraphy and Sedimentation. 497 pp. W.H. Freeman and Company, San Francisco, California.

Krynine P.D.

- Mimeographed and Privately Circulated Lecture Notes, 1940-50.

Lowenstam H.A., 1949

- "Niagaran Reefs in Illinois and Their Relation to Oil Accumulation", *Illinois Geol. Survey Rept. Inv.* 145.

Maher J.C., 1953

- "Permian and Pennsylvanian Rocks of Southeastern Colorado", *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Vol. 37, No. 5, pp. 913-39.

Moore R.C., 1949

- "Meaning of Facies", *Geol. Soc. America Mem.* 39, pp. 1-34.