GIAC
164
1972

TECNICHE PER LA RICERCA
E LO SFRUTTAMENTO DI IDROCARBURI
NELLE ACQUE PROFONDE

1972

INDICE

1. INTRODUZIONE pag. 1

2. LA PROSPEZIONE
   - 2.1 Premessa pag. 4
   - 2.2 Evoluzione e stato attuale delle tecniche " 5
   - 2.3 Previsioni " 7

3. LA PERFORAZIONE
   - 3.1 Premessa pag. 8
   - 3.2 Evoluzione e stato attuale delle tecniche " 10
   - 3.3 Previsioni " 12
     - 3.3.1 Il mantenimento della posizione " 12
     - 3.3.2 Il collegamento con il pozzo " 14

4. LA COLTIVAZIONE
   - 4.1 Premessa pag. 16
   - 4.2 Evoluzione e stato attuale delle tecniche " 18
   - 4.3 Previsioni " 20

5. CONCLUSIONI pag. 25

1. INTRODUZIONE

La ricerca e lo sfruttamento degli idrocarburi liquidi e gassosi in mare ha avuto storicamente origine in quelle situazioni dove la scoperta di giacimenti in zone costiere dimostrava o faceva ritenere molto probabile la loro estensione nell'area marina immediatamente adiacente al litorale. Successivamente, nel corso degli ultimi 35 anni, metodi e tecniche nati dall'improvvisato adattamento di quelli usati in terraferma si evolvevano progressivamente sino ad assumere in molti casi una fisionomia del tutto particolare.

La convinzione che anche nei sottofondi marini potessero trovarsi giacimenti importanti di idrocarburi, avvalorata da nuove scoperte e da studi metodici e precisi, costringeva il ricercatore ad affrontare il problema con una prospettiva molto più ampia e adottando soluzioni tecniche originali, tendenti a minimizzare gli svantaggi delle nuove situazioni operative.

Negli anni '60 la legislazione di tutti gli Stati rivieraschi si adeguava alle nuove situazioni. Anche il nostro Paese, con la legge n. 613 del 21. 7. 1967, apriva la ricerca e la coltivazione degli idrocarburi nel sottofondo marino del mare territoriale fino alla profondità di 200 metri, allora ritenuta un limite alle possibilità tecniche del momento.

Da allora la tecnologia ha continuato nei suoi progressi con l'applicazione di nuovi metodi e nuovi strumenti, sia per le indagini geofisiche (tra l'altro con il ricorso ai satelliti artificiali è possibile fare il punto in mare anche a grandi distanze dalle coste), sia per la perforazione con mezzi e materiali più progrediti, sia per la coltivazione, consentendo un al

tro passo verso profondità molto superiori al precedente limite dei 200 metri.

In queste note si riassume quella che è stata fino ad oggi l'evoluzione delle tecniche per la ricerca e lo sfruttamento degli idrocarburi in mare; si accenna inoltre alle possibilità attuali e si definisce, in base allo stato delle attrezzature e dei metodi che oggi sono in fase di collaudo e di progettazione, quello che sarà il quadro previsionale realistico del prossimo futuro.

Si dimostra con ciò come sia ormai realizzabile lo strumento legislativo necessario per aprire e incoraggiare, sull'esempio di ciò che è stato fatto in numerosi altri Stati, le ricerche in aree marine con fondali di profondità superiore ai 200 metri.

Infatti in queste profondità marine oggi si possono svolgere lavori di ricerca e, in un futuro prossimo, si potrà realisticamente affrontare anche lo sfruttamento degli idrocarburi , facendo uso delle tecniche attualmente in fase di progetto, sperimentazione o collaudo.

E' noto che le complesse operazioni di ricerca e di sfruttamento degli idrocarburi possono essere distinte in tre momenti tecnici : prospezione, ricerca con perforazione di sondaggi e coltivazione.

Questa distinzione, recepita dal Legislatore che ne fa oggetto di tre Capi distinti nella legge 613 del 27 luglio 1967, e che corrisponde anche ad un logico ordine cronologico delle operazioni, sarà adottata anche in questa relazione.

La prospezione è quel complesso di rilevamenti mediante le quali si ricavano informazioni sulla costituzione e l'assetto del sottosuolo. Queste informazioni si ottengono operando in superficie con metodi indiretti (rilievi geologici, rilievi geofisici), e sono sufficienti a fornire al ricercatore gli elementi principali necessari per una valutazione delle possibilità di rinvenimento di idrocarburi.

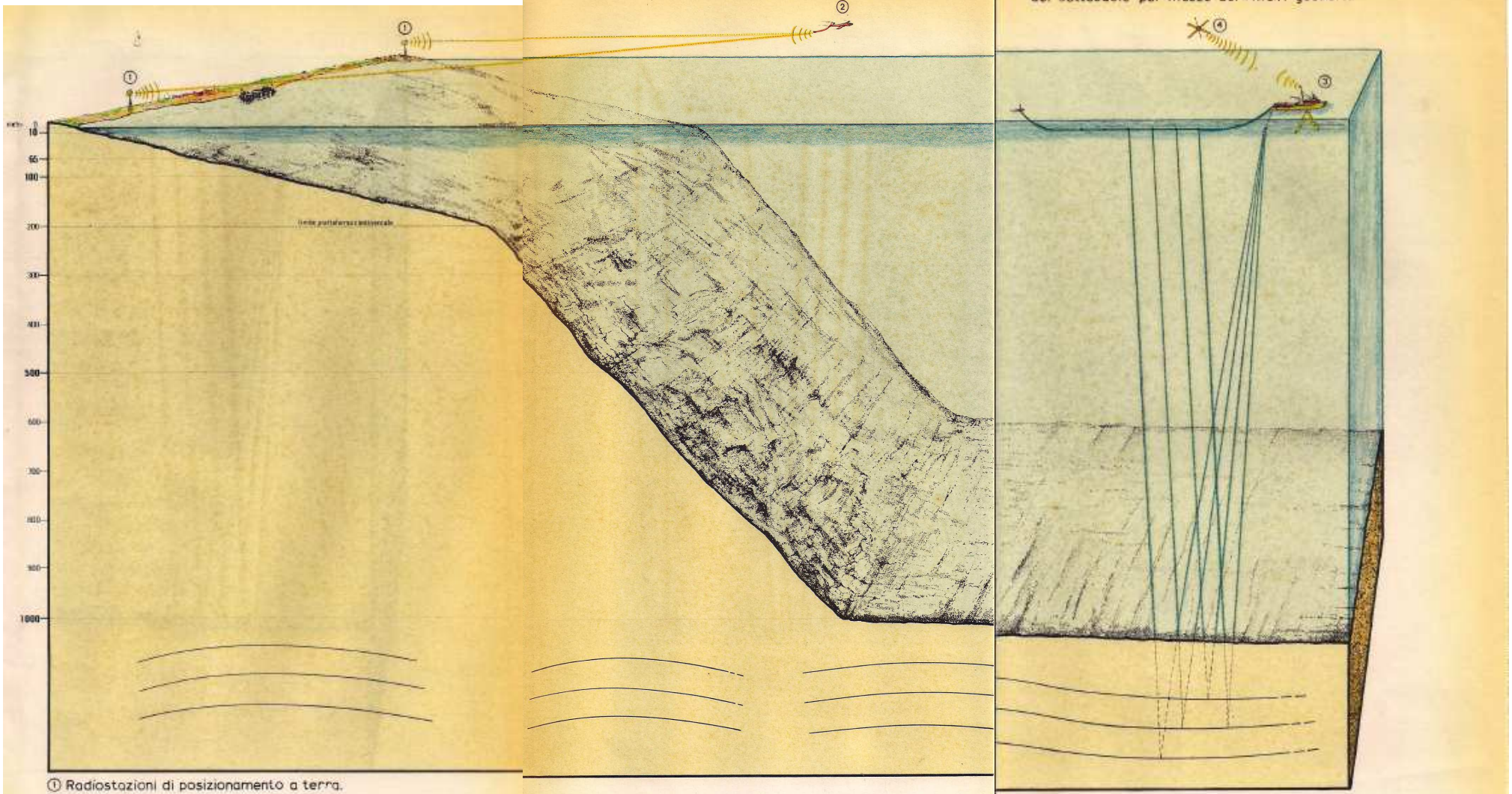
In nessun caso però la prospezione consente di definire la presenza o l'assenza di giacimenti di idrocarburi.

La perforazione può essere definita come la complessa operazione che permette di stabilire una via di comunicazione materiale (il pozzo) fra la superficie e il sottosuolo, nel punto ed alle profondità volute. Ha lo scopo di verificare le informazioni ottenute dalla prospezione e di ottenere dati precisi sui fluidi contenuti nelle rocce che costituiscono il sottosuolo e quindi sulla eventuale presenza di idrocarburi. La perforazione comporta l'esecuzione di pozzi profondi, con attrezzature e tecniche che consentano l'ottenimento dei dati richiesti.

La coltivazione è l'insieme delle operazioni mediante le quali gli idrocarburi possono essere portati alla superficie con un flusso regolare e controllato, fino al punto da dove possono essere prelevati ed immessi nella rete di consumo. La coltivazione comporta l'esecuzione di pozzi e la installazione di attrezzature stabili sul fondo ed alla superficie del mare.

PROSPEZIONE

Ricostruzione indiretta dell'assetto e costituzione del sottosuolo per mezzo dei rilievi geofisici



① Radiostazioni di posizionamento a terra.
② Rilievo aeromagnetometrico.
③ Rilievo gravimetrico e sismico, a riflessione
④ Posizionamento con satellite

2. LA PROSPEZIONE

2.1 Premessa

I metodi usati per la prospezione delle aree marine sono essenzialmente quelli geofisici, non potendosi di norma applicare, per evidenti motivi, il rilievo geologico di superficie. D'altra parte anche in terraferma i metodi geofisici, ed in particolare il metodo sismico, sono i soli in grado di fornire informazioni sufficientemente esatte sull'assetto del sottosuolo a grandi profondità.

Ricordiamo che i tipi di rilievo usati comunemente sono:

1) il rilievo magnetometrico
2) il rilievo gravimetrico
3) il rilievo sismico a riflessione

Rilievo magnetometrico e rilievo gravimetrico: misurano il valore di un campo fisico terrestre naturale, rispettivamente il campo magnetico ed il campo gravitativo. Le misure così ottenute in una rete più o meno fitta di punti ("stazioni") o in modo continuo lungo determinati tracciati, debitamente elaborate, permettono di identificare delle "anomalie", ossia delle aree localizzate dove i valori misurati sono diversi da quelli teorici.

Queste anomalie sono imputabili a diversità della composizione e dell'assetto della crosta terrestre, a loro volta determinate da fatti geologici (ad esempio sollevamenti o abbassamenti strutturali, presenza nel sottosuolo di rocce con densità o proprietà magnetiche diverse dalle

circostanti, etc.).

I risultati dell'interpretazione geologica dei rilievi gravimetrici e magnetometrici forniscono solamente un quadro molto generale dell'assetto del sottosuolo, utile come dato preliminare, ma normalmente insufficiente a localizzare con la necessaria approssimazione le situazioni minerariamente interessanti.

Nel rilievo sismico a riflessione, utilizzando vari tipi di sorgente di energia (aria compressa, scoppio di miscele gassose, micro cariche di esplosivo, etc) vengono prodotte delle onde elastiche che si propagano nel sottosuolo e vengono riflesse verso la superficie, dove si registrano per mezzo di appositi strumenti.

Conoscendo il punto dal quale sono partite le onde elastiche indotte, quelli dove le stesse onde ritornano in superficie ed il tempo intercorso tra l'emissione ed il ritorno delle onde stesse, è possibile ricostruire l'andamento degli orizzonti profondi riflettenti che di norma corrispondono a superfici che hanno un significato geologico.

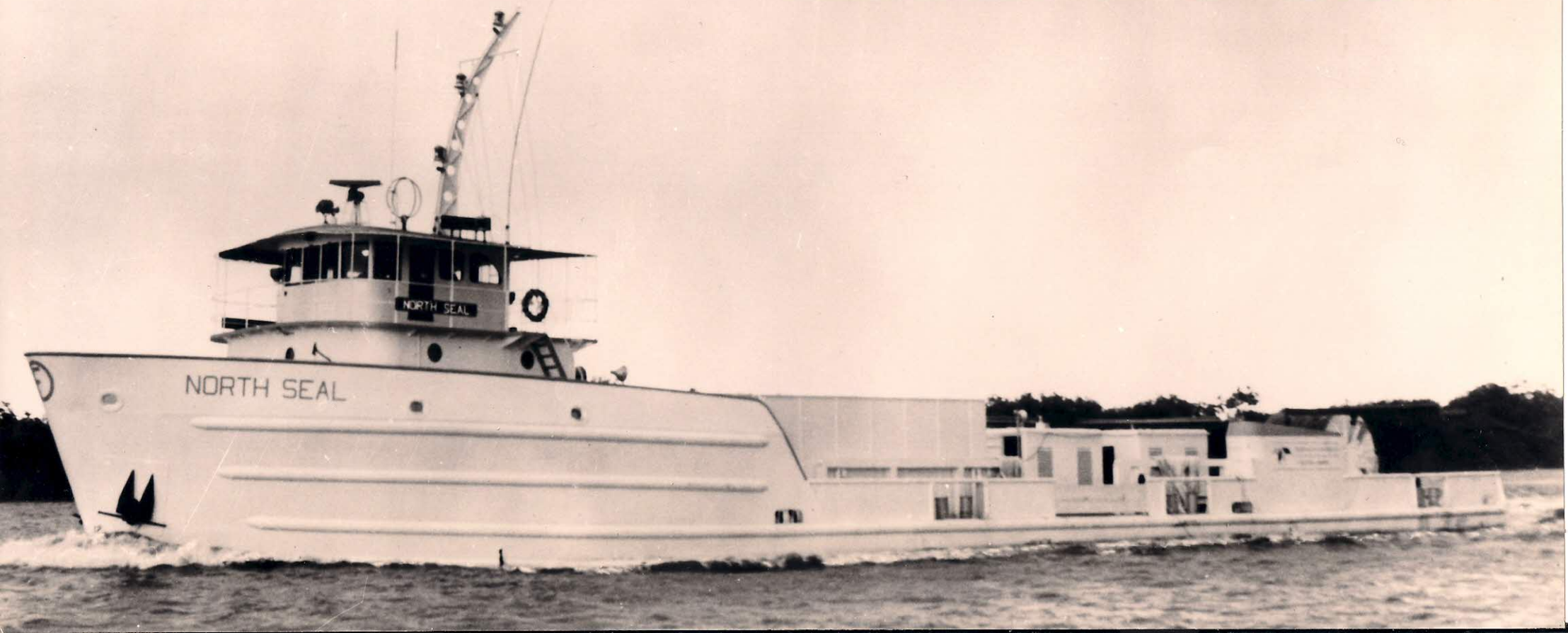
L'interpretazione geologica del rilievo sismico è il mezzo più preciso oggi a disposizione del ricercatore per localizzare le situazioni minerariamente interessanti.

2.2 Evoluzione e stato attuale delle tecniche

Le tecniche dei rilievi geofisici, entrati nella pratica della ricerca petrolifera da diversi decenni, si sono via via evolute con la introduzione di apparecchiature sem

Fig. 2 - La moderna Motonave "North Seal" della TELEDYNE attrezzata per i rilievi geofisici in alto mare. Può operare in forma continuativa, senza rifornirsi, per più di tre mesi.

TELEDYNE EXPLORATION COMPANY's new M/V "North Seal" is pictured prior to her recent sailing from Port Arthur, Texas, on assignment to operations in South Pacific waters. Single-ship marine seismic surveys will be conducted using PAR Sound Source (air gun) units and arc discharge units rather than chemical explosives as the seismic energy source. Instrumentation aboard ship includes the latest improved SDS Series 1010 Digital Field Recording System featuring fully automatic binary gain ranging amplifiers. This twin-screw ship measures 165′ x 35′ x 12′, is of 8- to 10-feet draft, is equipped with Sperry gyro auto-pilot, recording fathometer, marine telephone, SSB radio, 60-KW generators, walk-in freezer and cooler, and its cruising speed is 12 knots. The vessel is air conditioned and heated and provides housing and messing accommodations for 25 people. Its large capacity for fuel, water, and ship's stores enables extended operations of up to three months duration.



pre più sensibili e precise.

In particolare negli anni '60 le strumentazioni e le tecniche hanno segnato progressi decisivi, sia nella fase della registrazione dei dati che in quella della loro elaborazione, dove sono state determinanti le applicazioni dei computer. Ricorderemo qui l'introduzione dei rilievi magnetometrici aerei e marini, del rilievo gravimetrico marino e del rilievo sismico digitale.

I principi sui quali si basano i diversi tipi di rilievo geofisico rimangono evidentemente gli stessi se il rilievo, anzichè in terraferma, viene eseguito in mare. Possono invece variare le apparecchiature usate e sorgono soprattutto nuovi problemi per la localizzazione dei rilievi.

Ogni misura eseguita, per essere utilizzabile, deve essere infatti localizzabile con precisione, e ciò richiede che i natanti che eseguono il rilievo siano dotati di sistemi di navigazione tali da assicurare questa necessità. Il problema della localizzazione è legato alla distanza dalla costa (dove vengono piazzate le stazioni trasmittenti dei vari sistemi di posizionamento radio-elettrico; Shoran, Decca, Raydist, etc.). Questi sistemi consentono una precisione di localizzazione dell'ordine di qualche decina di metri, fino a circa 200 Km dalla costa, distanza questa largamente sufficiente a coprire le acque italiane fino alla profondità di almeno 3000 metri.

Per distanze maggiori dalla costa sono stati recentemente messi a punto altri sistemi di navigazione, basati sull'impiego di satelliti artificiali, integrati da speciali

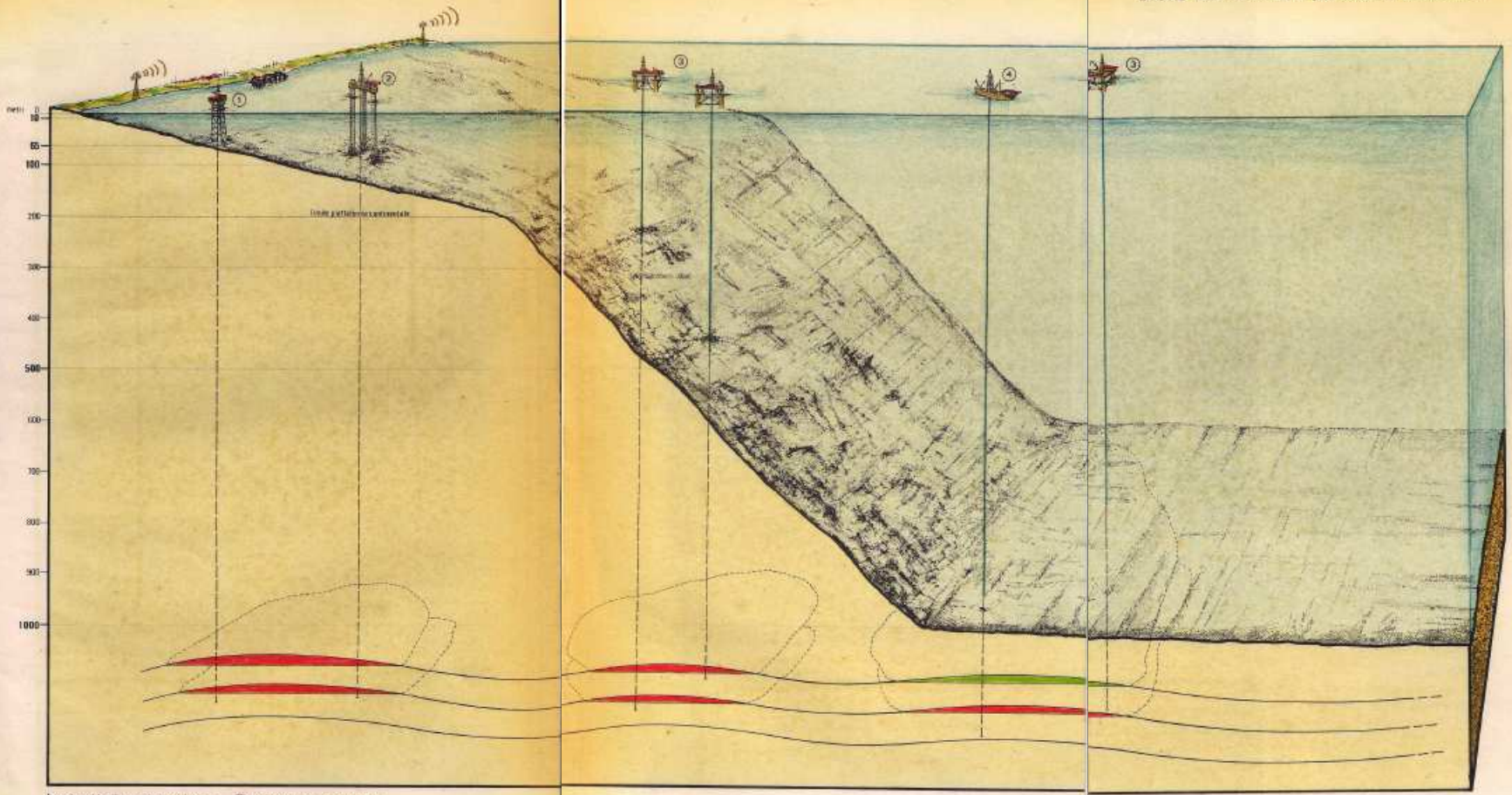
apparecchiature installate sui natanti e da sistemi di radionavigazione di grande portata, con risultati che possono ritenersi soddisfacenti.

2.3 Previsioni

Premesso che allo stato attuale della tecnica la prospezione in acque di qualsiasi profondità non pone problemi insormontabili, è da prevedere che nel futuro si possano ottenere risultati di qualità ed attendibilità sempre migliore, sistemi di localizzazione sempre più precisi e costi unitari sempre più bassi.

PERFORAZIONE

Esecuzione di pozzi esplorativi per l'accertamento diretto della eventuale presenza di idrocarburi



Impianti di perforazione:
① Piattaforma fissa.
② Piattaforma mobile. (Jack-up)
③ Impianti galleggianti semisommergibili.
④ Impianto galleggiante con mezzi di propulsione propri. (drilling-vessel)

non in scala

Fig. 3

3. LA PERFORAZIONE

3.1 Premessa

Un pozzo per ricerche petrolifere è un foro verticale, di diametro variabile da 70 a 15 centimetri e di profondità che può raggiungere i 6-7000 metri. Le rocce che vengono frantumate ed attraversate dallo scalpello, quando sono porose e permeabili, contengono dei fluidi (acqua, olio, gas) ad una pressione normalmente vicina a quella idrostatica (una atmosfera per ogni 10 metri di profondità), ma che talvolta può essere anche notevolmente più alta.

Questo fatto, e certe necessità tecniche connesse alle operazioni di perforazione, richiedono che il pozzo sia costantemente colmato da un fluido pesante che possa contenere la pressione dei fluidi presenti nelle rocce. In pratica si adotta del fango con peso specifico e viscosità adatte ai diversi casi, mantenuto in costante circolazione durante la perforazione.

Il pozzo, man mano che la sua perforazione procede, viene rivestito internamente con colonne di acciaio cementate alla roccia, per impedire franamenti della parete e per sigillare permanentemente i livelli porosi che contengono fluidi in pressione.

In pratica, dalla testa del pozzo, situata a livello del terreno o del fondale marino, affiora la estremità superiore delle colonne di rivestimento; nel pozzo stesso viene calato lo scalpello, solidale con una lunga serie di aste cave che permettono di ruotarlo ed avanzarlo operando dalla superficie; dentro le stesse aste cave viene

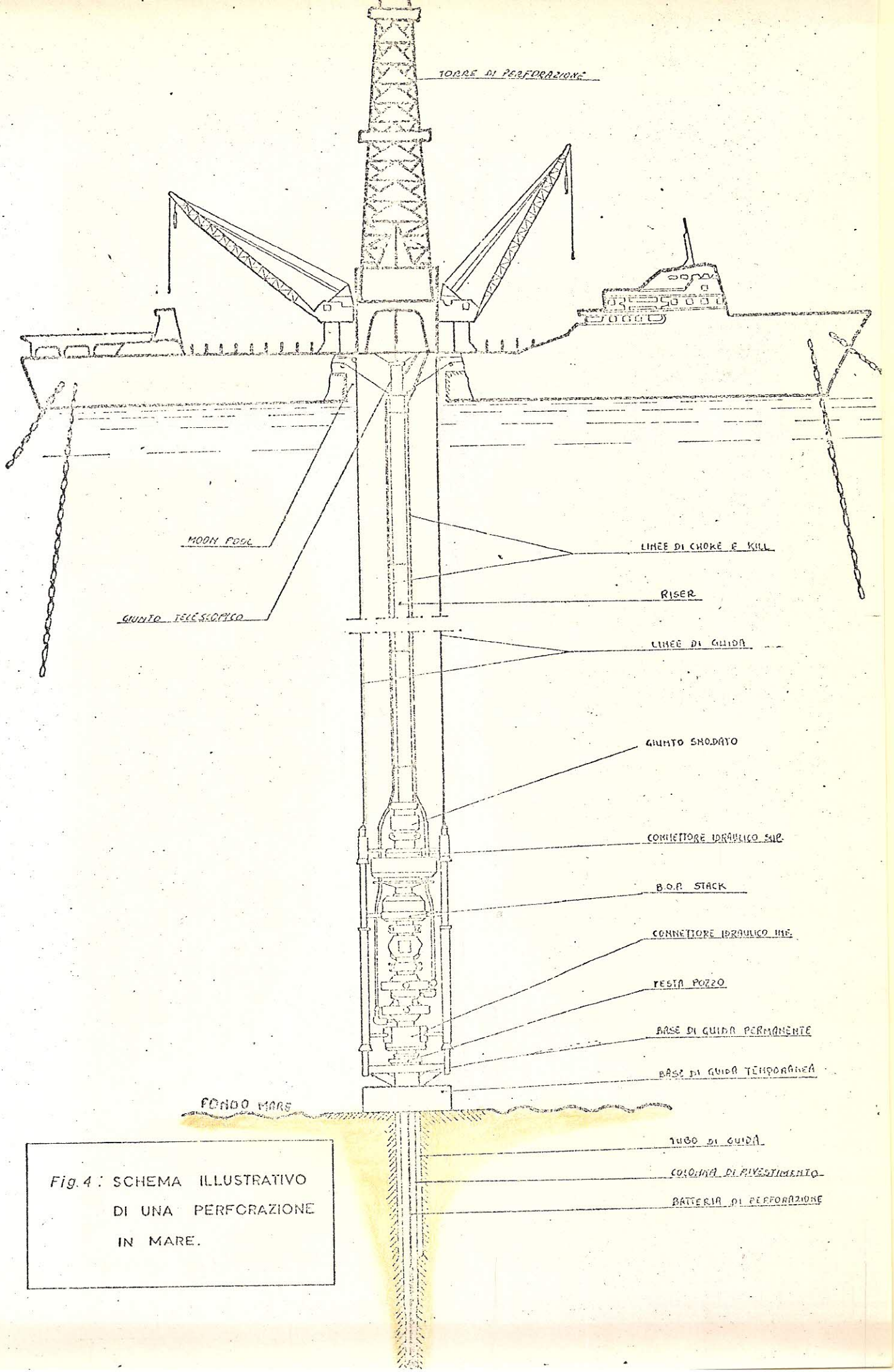
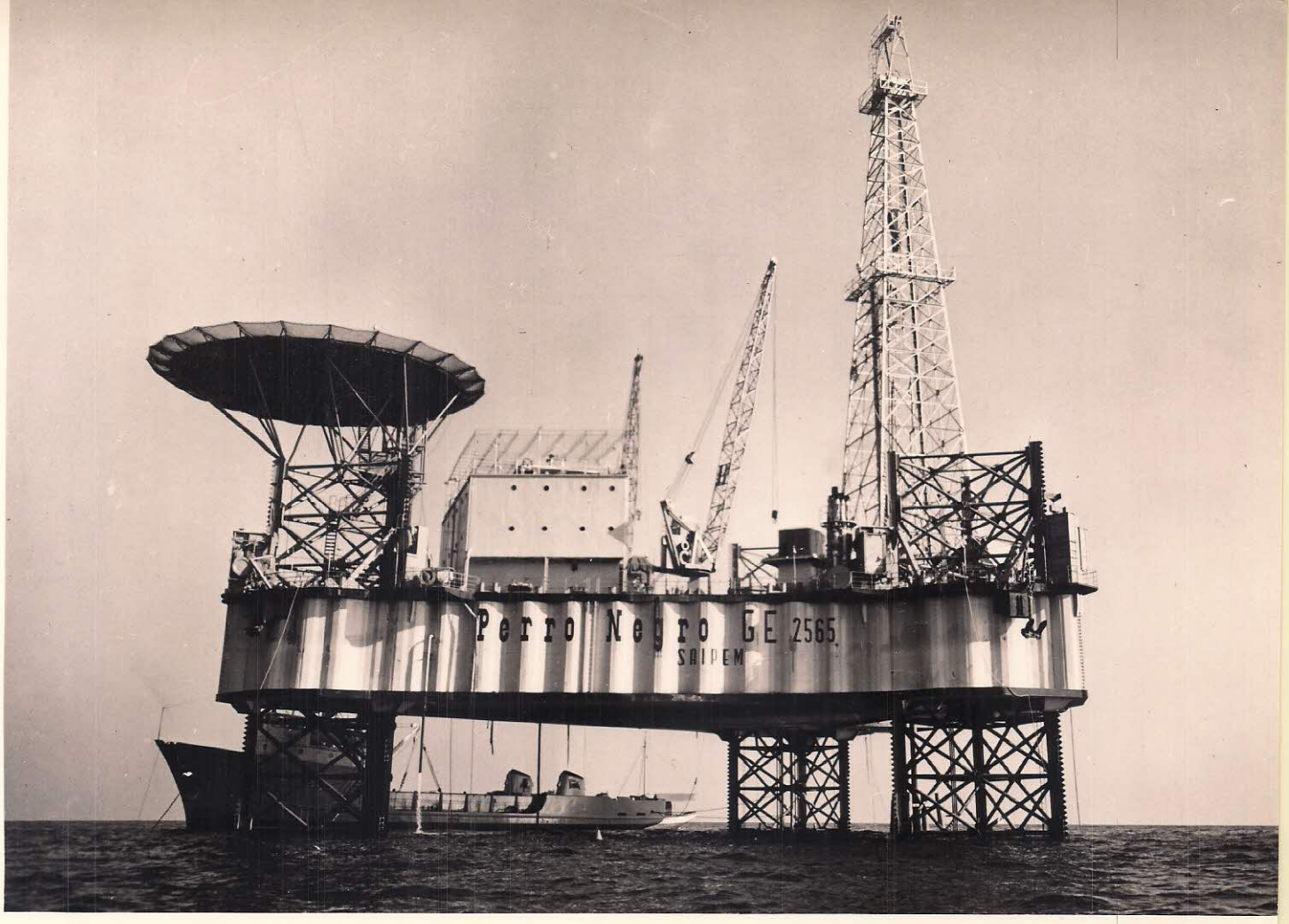


Fig. 4 : SCHEMA ILLUSTRATIVO DI UNA PERFORAZIONE IN MARE.

Fig. 5 - Piattaforma mobile (jack-up) "PERRO NEGRO" della SAIPEM. Il "PERRO NEGRO" ha una superficie di circa 2500 mq. e tre "zampe" lunghe 56 m; é dotato di un impianto di perforazione IDECO PIGNONE E 2500 capace di raggiungere la profondità di 6000 m; di una pista per l'elicottero, di laboratori, di una centrale DIESEL-elettrica della potenza di 4200 CV, di una stazione radio e di alloggi per il personale.

Fig. 6 - La piattaforma mobile "PERRO NEGRO" in attività nel Mare Adriatico.


Petro Negro GE 2565
SAIPEM

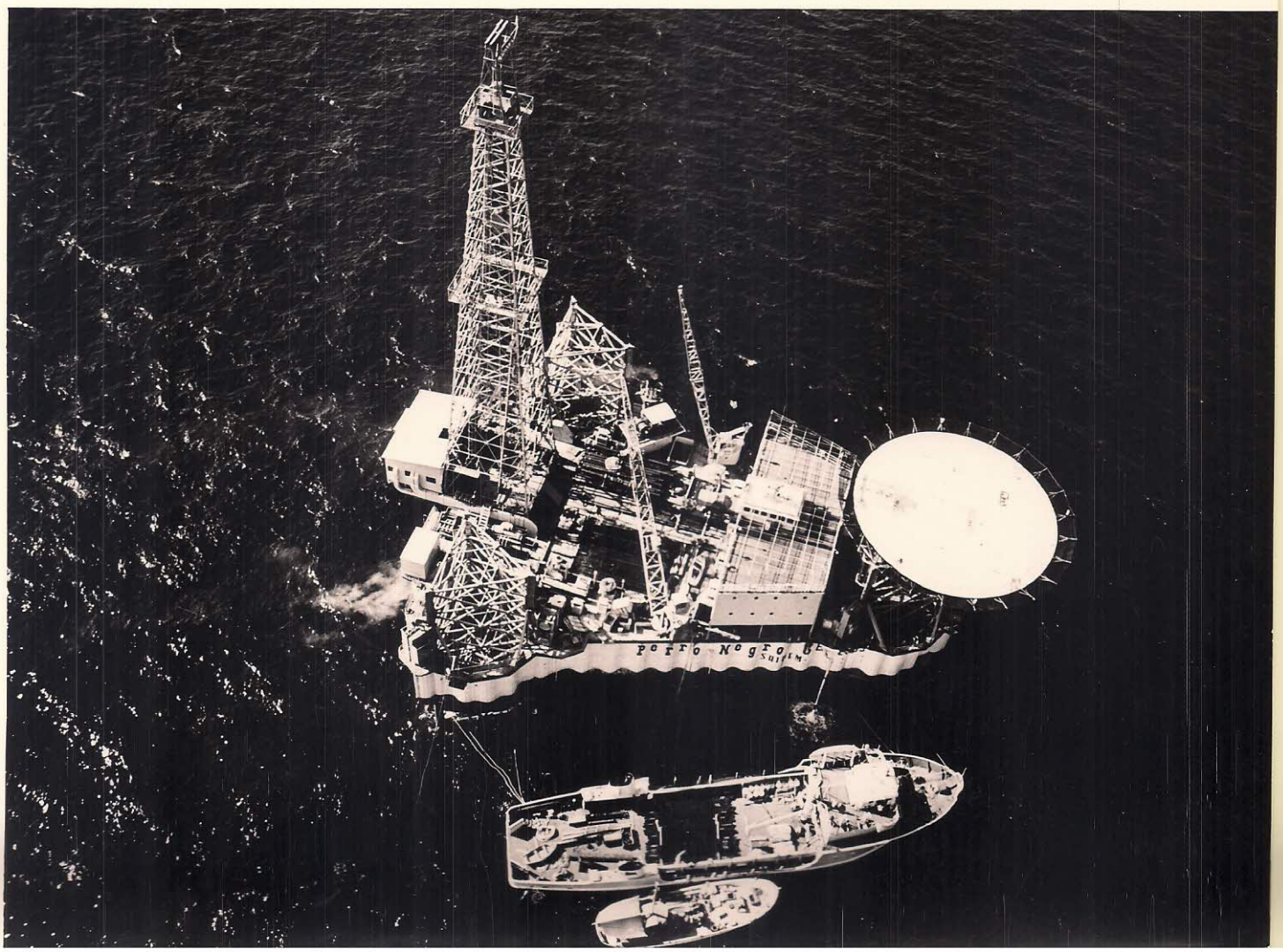


Fig. 7 - La piattaforma semisommergibile "SCARABEO II" costruita per conto della SAIPEM nei Cantieri San Marco di Trieste. La piattaforma, a pianta triangolare, é alta 106 m (compreso l'impianto di perforazione) e larga 97 m. Lo scafo, realizzato completamente in acciaio saldato, ha come "piedi" tre serbatoi a ferro di cavallo disposti secondo i vertici di un triangolo equilatero; ogni serbatoio é lungo 36 m e largo 18 m.

Fig. 8 - La piattaforma "SCARABEO II" in attività al largo di Ravenna.

SCARABEO II
SAIPEM

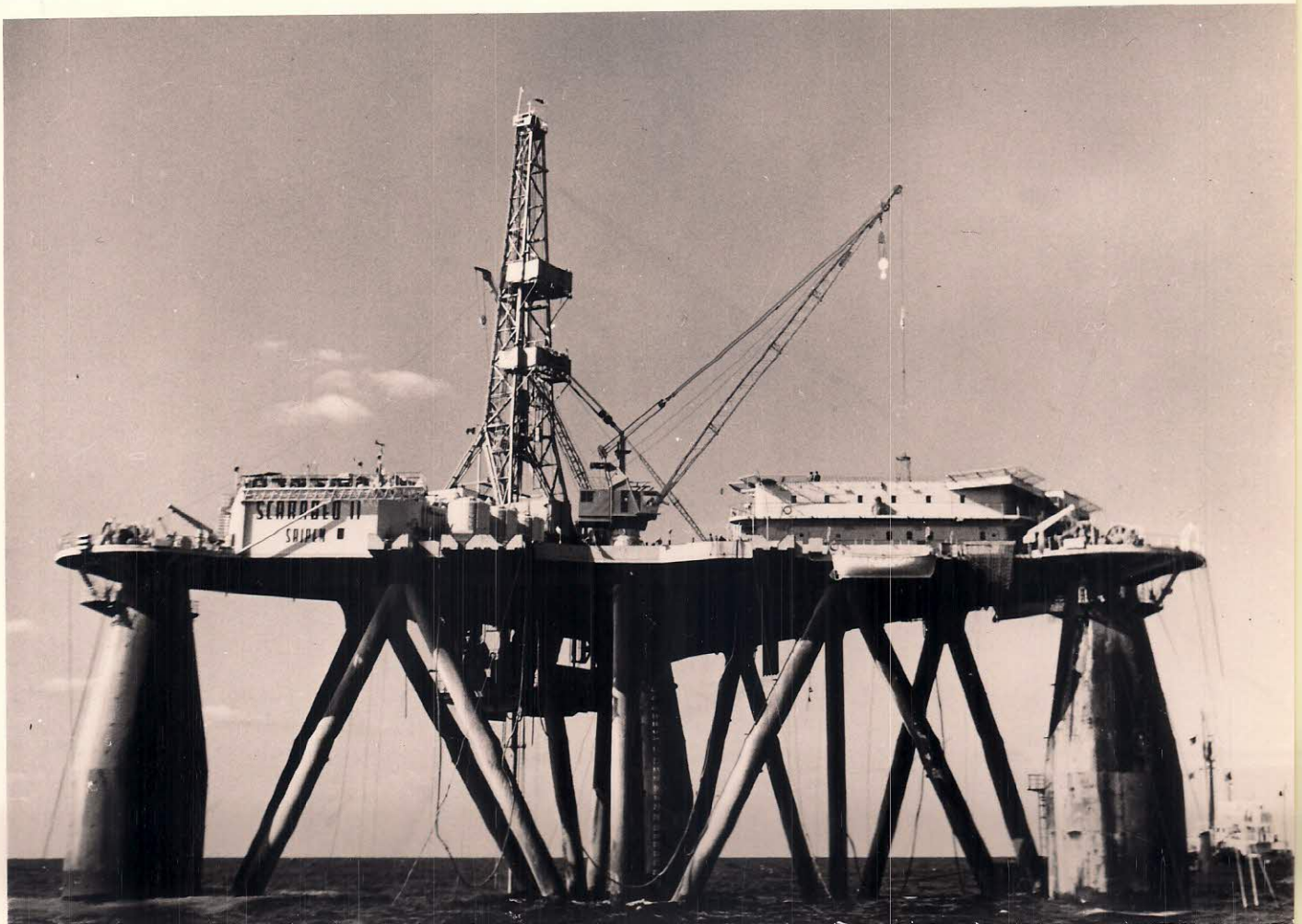
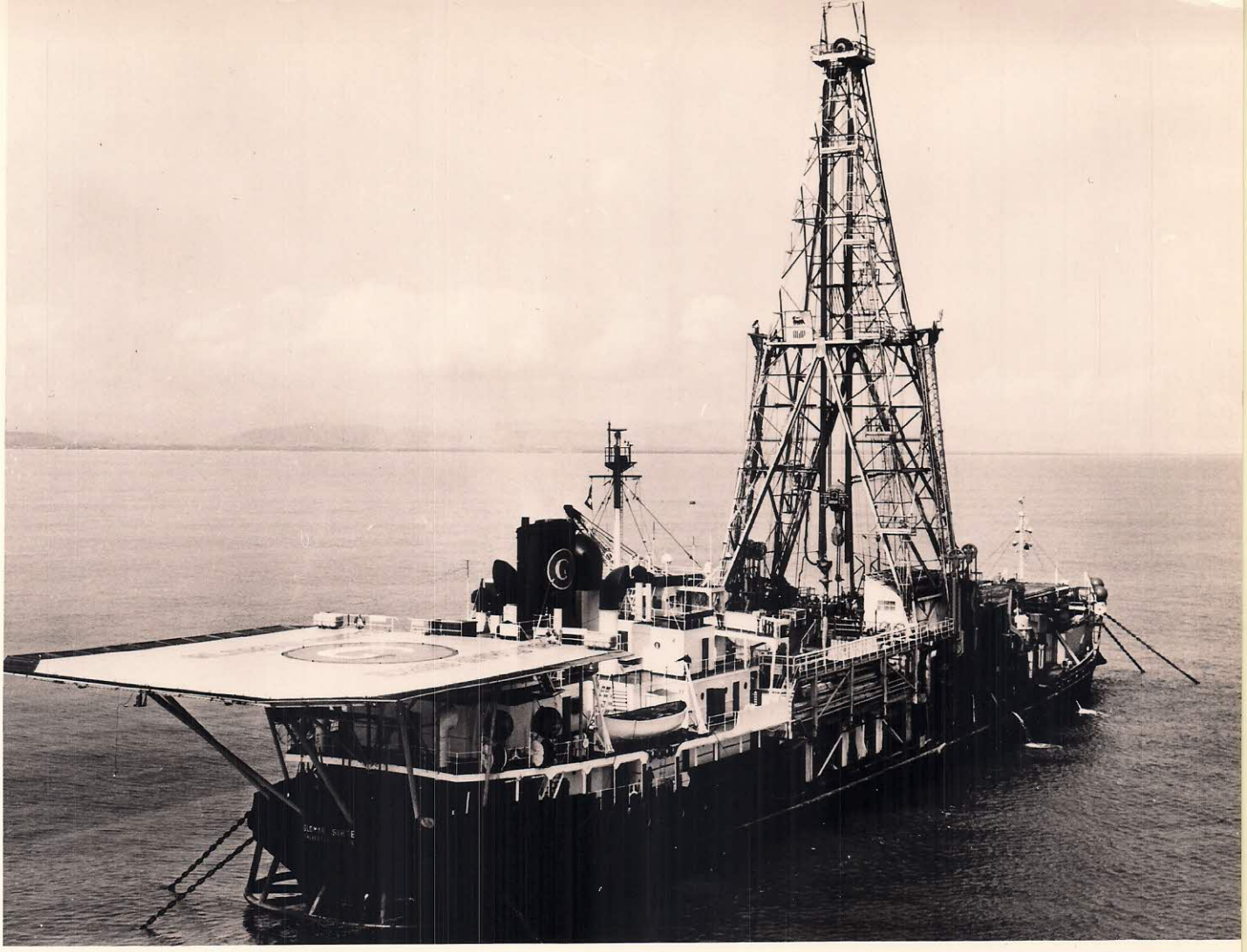
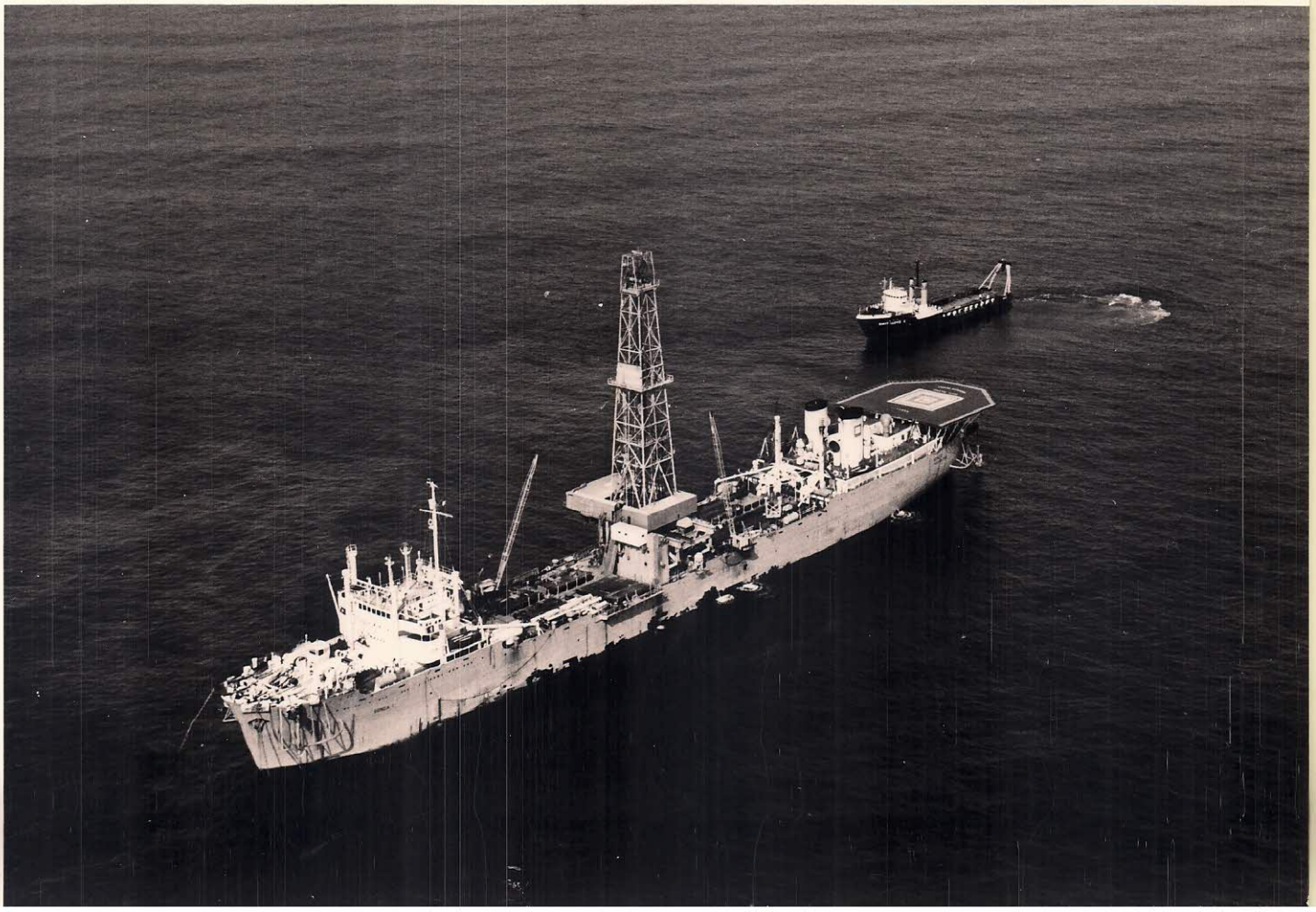

SCARABEO II

Fig. 9 - La nave di perforazione (drilling-vessel) "GLOMAR SIRTE", della GLOBAL MARINE, che ha operato per conto dell'AGIP MINERARIA nello offshore dell'Argentina e dell'Italia Meridionale. La nave é lunga 116 m, larga 20 m ed ha una stazza lorda di 10.000 ton.; l'impianto di perforazione é un CONTINENTAL EMSCO 3000 capace di raggiungere la profondità di 5000 m.

Fig. IO - La nave di perforazione (drilling-vessel) "SONDA I" della READING E BATES Offshore Co., in attività sul giacimento di gas "Luna" scoperto dall'AGIP MINERARIA al largo di Crotone nel 1971. La nave é lunga 195 m, larga 24 m ed ha una stazza netta di 13.000 ton. L'impianto di perforazione é un NATIONAL 1320-VE che può raggiungere la profondità di 6000 m.





iniettato a pressione il fango, che fuoriesce dallo scalpello, in corrispondenza del fondo pozzo e risale nella intercapedine tra le aste e la parete del foro o la colonna di rivestimento fino a tornare alla superficie.

Tutto questo sistema di collegamenti è tenuto sotto controllo durante la perforazione e deve essere congegnato in modo tale da impedire fuoriuscite anomale del fango di perforazione o peggio ancora dei fluidi naturali contenuti nelle rocce del sottosuolo, ciò che porterebbe ad "eruzioni" incontrollate, con gravi pericoli per le persone e le attrezzature e con possibilità di inquinamenti massicci dell'ambiente terrestre o marino.

Le attrezzature necessarie a questo scopo sono realizzabili con relativa facilità quando il pozzo e l'impianto di perforazione siano collegati con strutture rigide. E' questo il caso dei pozzi eseguiti in terraferma e di quelli eseguiti in mare da piattaforme che poggiano sul fondo marino durante la perforazione.

La situazione è diversa quando l'impianto di perforazione si trova su una piattaforma semisommergibile o su una nave; esso è allora soggetto sia a movimenti verticali, dovuti al moto ondoso e alle maree, sia a movimenti orizzontali, che, per quanto limitati, esistono sempre sia nei natanti provvisti di sistemi di ancoraggio sia in quelli che adottino un sistema di autoposizionamento dinamico.

In questo caso si deve creare un sistema di collegamenti non rigidi tale da garantire la continuità anche in condizioni meteorologiche difficili.

Questo problema e quello strettamente collegato del posizionamento dell'impianto sono, come vedremo, i maggiori ostacoli che limitano tuttora le possibilità tecniche della perforazione in acque oltre una certa profondità.

3.2 Evoluzione e stato attuale delle tecniche

L'esecuzione di pozzi petroliferi nelle aree marine iniziò nel 1947 nel Golfo del Messico: furono costruite delle piattaforme fisse, sostenute da palafitte, sulle quali era piazzato l'impianto di perforazione. Si trattava di una soluzione costosa, dato che la piattaforma stessa poteva essere sfruttata solamente per la perforazione di un numero limitato di pozzi e comunque solamente in fondali relativamente bassi.

Le prime piattaforme mobili del tipo autosollevante (Jack up) furono costruite poco dopo. Queste piattaforme, tuttora largamente usate, sono costituite da una struttura galleggiante, che può essere rimorchiata da una ubicazione all'altra; una volta posizionata sulla ubicazione prescelta, mediante un sistema di pignoni e cremagliere vengono calate tre o più "gambe" fino a che esse non vanno a poggiare sul fondo; la struttura viene poi ulteriormente sollevata per porla ad un livello superiore a quello delle alte maree e delle più forti mareggiate prevedibili.

In questo modo la stessa piattaforma può essere utilizzata per eseguire un numero elevato di perforazioni ed il costo della sua costruzione viene ad incidere assai

meno sul singolo pozzo. Anche questo sistema ha però delle limitazioni di impiego : per ragioni strutturali una piattaforma autosollevante può operare in acque profonde non più di 100 metri.

Questo limite è stato superato con l'introduzione di impianti galleggianti, cioè di natanti sui quali è collocato l'impianto di perforazione vero e proprio.

Le unità galleggianti usate sono di tre tipi :

1) Nave di perforazione (Drilling vessel) : nave vera e propria, dotata di un sistema di propulsione ed attrezzata con un impianto di perforazione la cui torre è posta sopra ad una apertura centrale dello scafo.
2) Pontone di perforazione (Drilling barge) : pontone, generalmente sagomato a forma di nave per ragioni idrodinamiche ma non provvisto di sistema di propulsione. L'impianto di perforazione è disposto come nel caso precedente.
3) Unità semisommergibile (Semisubmersible) : costituita da una piattaforma sostenuta da colonne a grande diametro che poggiano sullo scafo o sugli scafi sommersi. Con questo criterio costruttivo si minimizzano i movimenti delle unità dovuti al moto ondoso e si può operare con le migliori garanzie di continuità anche in mari particolarmente tempestosi. Le unità dei tre tipi descritti vengono mantenute in posizione da un sistema di ormeggio costituito generalmente da otto/dieci ancore collegate all'unità con cavi o catene.

Nel decennio scorso si è operato con unità di questo tipo in acque di profondità anche superiore ai 200 metri;

così nel Canale di S. Barbara, al largo della California, il pontone Wodeco IV e l'impianto semisommergibile Bluewater II hanno perforato, per conto della Humble Oil in acque profonde 400 mt.

Si può quindi affermare, sulla base di dati di fatto che, almeno fino a queste profondità, i problemi tecnici relativi sia all'impianto di perforazione che al mezzo navale su cui esso è installato sono stati risolti.

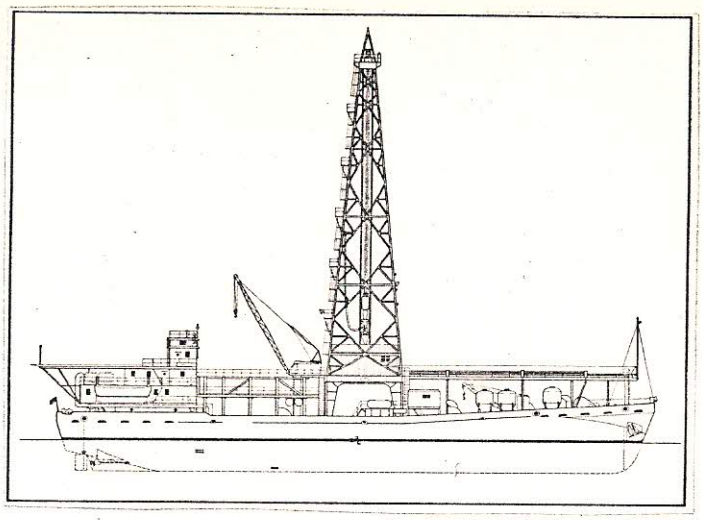
3.3 Previsioni

La necessità di operare in acque molto profonde, fino almeno ai 1000 metri, ha posto negli ultimi anni nuovi problemi che sono stati affrontati e risolti in alcuni casi particolari, mentre sono in via di risoluzione sul piano generale.

I problemi più importanti che si pongono in operazioni in acque molto profonde sono:

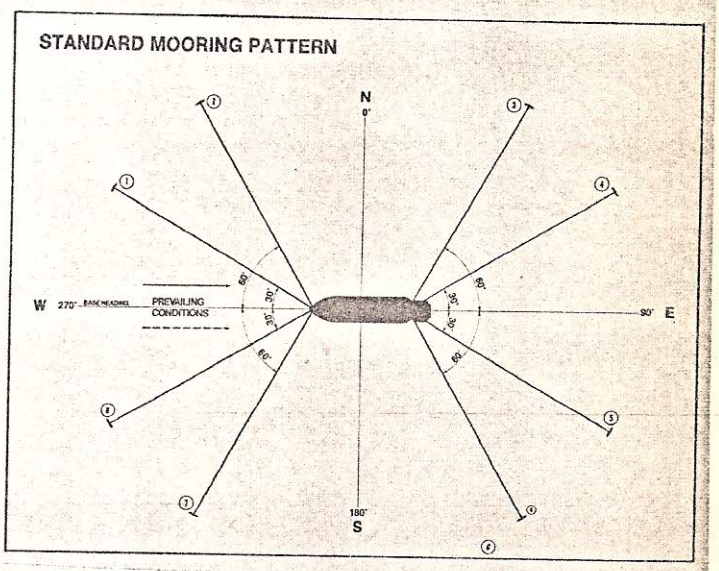
3.3.1 il mantenimento della posizione

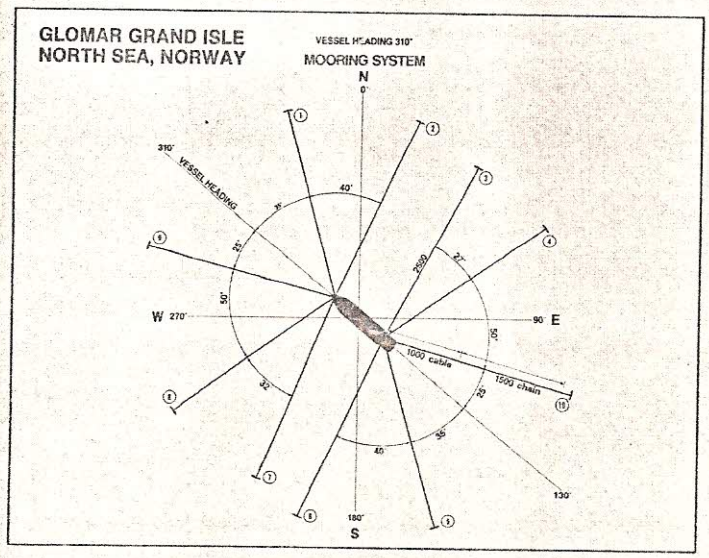
L'ormeggio convenzionale, con ancore, cavi e catene, può comportare complicazioni eccessive per gli ingombri ed i pesi delle linee di ormeggio e per le sollecitazioni che vi si determinano. La soluzione più generale del problema è il posizionamento dinamico: un sistema di idrofoni riceve speciali segnali acustici da una o più stazioni emittenti preventivamente calate sul fondo marino e li trasmette ad un computer posto a bordo. Il computer, dopo aver elaborato i dati ricevuti,



SCHEMI DI POSIZIONAMENTO CON ANCORE

Global Marine rigs are kept in top operating condition through a continuing program of upgrading equipment, including new diesel power units, slush pumps and rotary tables for greater drilling capacity. Recently, the water-depth capability of several rigs was increased by means of the addition of new mooring equipment and riser systems. And a 10-point anchoring system has been developed that enables our ships to hold position over a hole under very difficult weather conditions. In effect, this new technique allows a ship to rotate its position over a hole to reduce the impact of wind and waves.





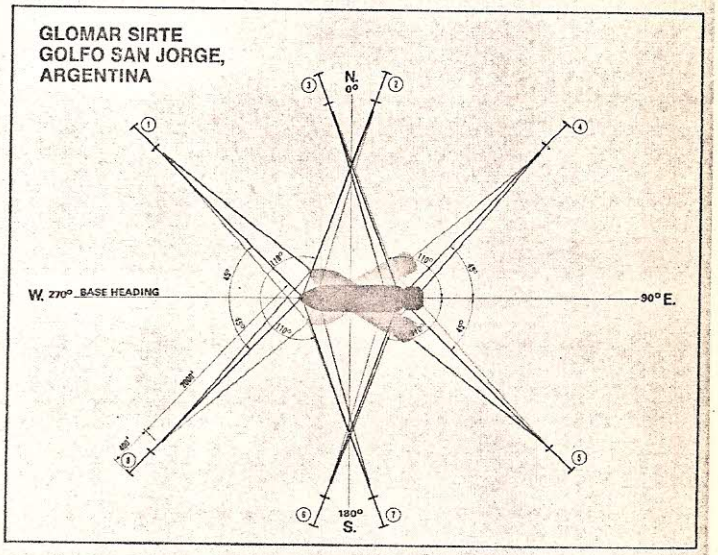


Fig. 11

Fig. 12 - Schema di funzionamento del sistema di controllo posizionale delle navi mediante satelliti.
Tale sistema viene usato per condurre l'impianto galleggiante sul punto prescelto per la perforazione.

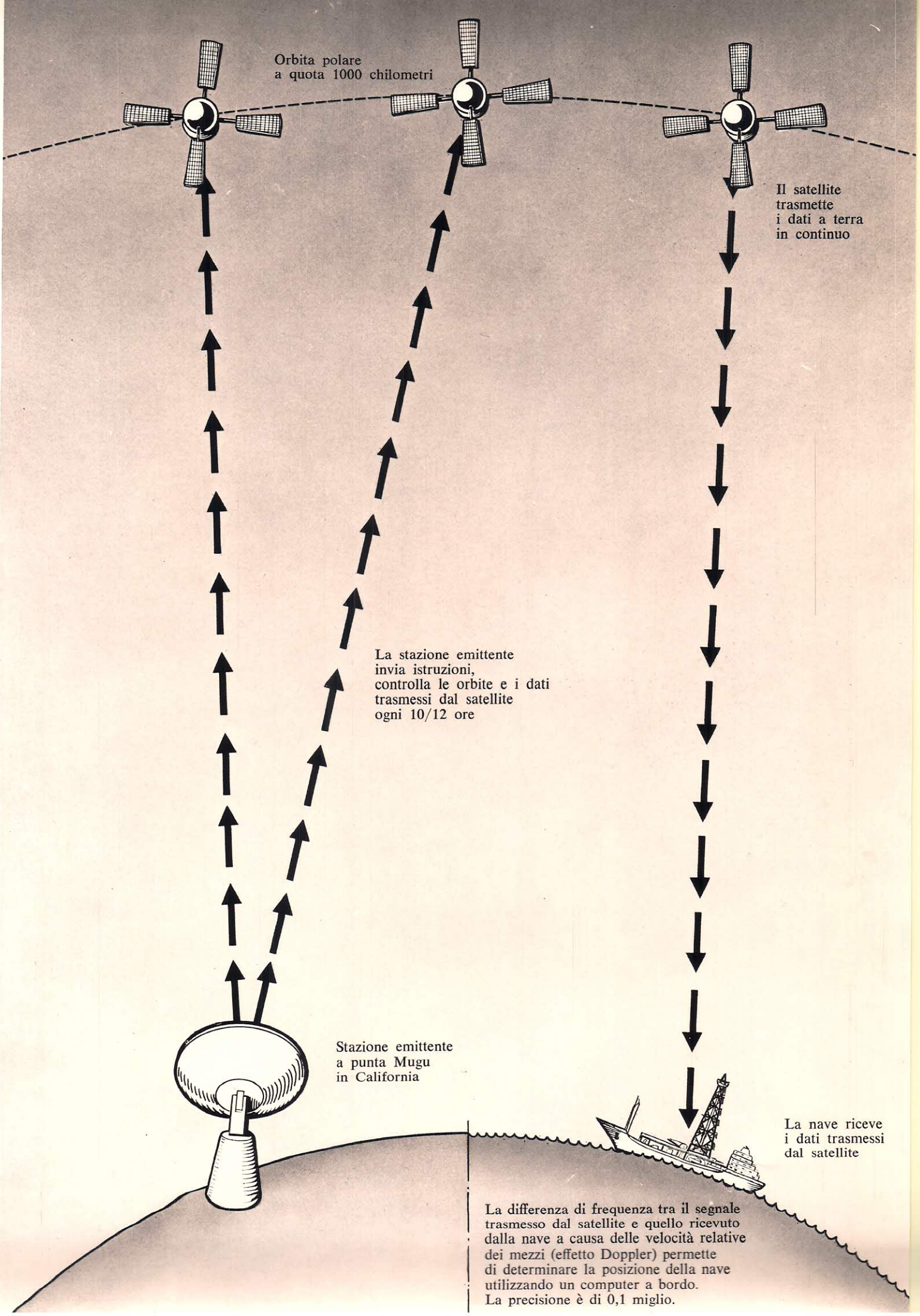
trasmette ad un sistema di propulsori, situati a poppa ed a prua del natante, i comandi atti a mantenere la nave centrata sul pozzo, compensando così i movimenti dovuti al moto ondoso ed alle correnti.

Il sistema di posizionamento dinamico è già in esercizio dall'agosto del 1968 sul drilling vessel Glomar Challenger, che opera per conto di un Istituto Oceanografico statunitense (lo Scripps Institute), nel quadro di un progetto scientifico internazionale (JOIDES: Joint Oceanographic Institution Deep Earth Sampling Project).

Questa nave ha già eseguito quasi duecento perforazioni, sia pure non a scopo petrolifero ma per il solo prelievo di campioni dal fondo, in acque di profondità spesso superiori ai 5000 metri, con penetrazioni di fondo marino talora superiore ai 1000 metri.

Nuove unità entrate in esercizio recentemente sono la SEDCO 445, che opera per conto della Shell in Estremo Oriente e la PELICAN della Società francese Foramer che opera per conto della Total nel Mare del Nord; é inoltre in costruzione ed é previsto che inizi l'attività entro il 1972 la SAIPEM II, del Gruppo ENI, che opererà per conto dell'AGIP.

SAIPEM II, SEDCO 445 e PELICAN sono inizialmente attrezzate per operare a 600-700 metri di profondità ma è realizzabile il loro potenziamento, con attrezzature adatte, per renderle atte ad operare in acque di profondità illimitate.


Orbita polare
a quota 1000 chilometri
Il satellite
trasmette
i dati a terra
in continuo
La stazione emittente
invia istruzioni,
controlla le orbite e i dati
trasmessi dal satellite
ogni 10/12 ore
Stazione emittente
a punta Mugu
in California
La nave riceve
i dati trasmessi
dal satellite
La differenza di frequenza tra il segnale
trasmesso dal satellite e quello ricevuto
dalla nave a causa delle velocità relative
dei mezzi (effetto Doppler) permette
di determinare la posizione della nave
utilizzando un computer a bordo.
La precisione è di 0,1 miglio.

Infine, nei cantieri IHC di Rotterdam è imminente l'inizio della costruzione di una nuova unità uguale alla PELICAN, che opererà per conto della compagnia franco-norvegese Nordic Offshore Drilling Co. Sistemi di ormeggio adeguati in acque profonde fino a 1000 metri sono previsti in molte unità di tipo semisommergibile o drilling vessel attualmente in costruzione. Si sta anche studiando la possibilità di realizzare unità semisommergibili con posizionamento dinamico che costuirebbero, per le eccellenti caratteristiche di stabilità, il meglio per la perforazione in acque molto profonde.

3.3.2 il collegamento con il pozzo

Esso è costituito da un tubo (riser) di diametro di circa 18 pollici, da altre tubazioni di diametro minore e da manichette flessibili. Tutto questo sistema deve essere snodato e flessibile per consentire un certo grado di movimento relativo tra il natante e la testa del pozzo situata sul fondale marino; deve essere inoltre dimensionato in modo tale da assorbire le sollecitazioni che vi si determinano. Ciò si ottiene con giunti di collegamento snodati e con giunti telescopici; ovviamente, aumentando la profondità dell'acqua aumenta anche la lunghezza del riser ed il suo peso; per evitare flessioni pericolose il riser deve essere mantenuto in uno stato di tensione ottenuto con tensionatori pneumatici; nel caso di riser lunghi e pesanti si sono studiati sistemi di alleggerimento già in uso.

La costruzione di un riser per acque molto profonde potrebbe comportare costi elevatissimi; si sta pertanto studiando di aggirare il problema del collegamento testa pozzo-impianto di perforazione eliminando il riser ed adottando altre soluzioni tecniche (teste rotanti).

Si può quindi concludere che sia il problema del posizionamento dell'impianto che quello del collegamento dell'impianto alla testa del pozzo sono tecnicamente risolti o risolvibili per profondità marine fino ai 1000 metri. I costi molto elevati di certe soluzioni saranno con tutta probabilità ridotti e resi accessibili con l'adozione di nuovi accorgimenti tecnici.

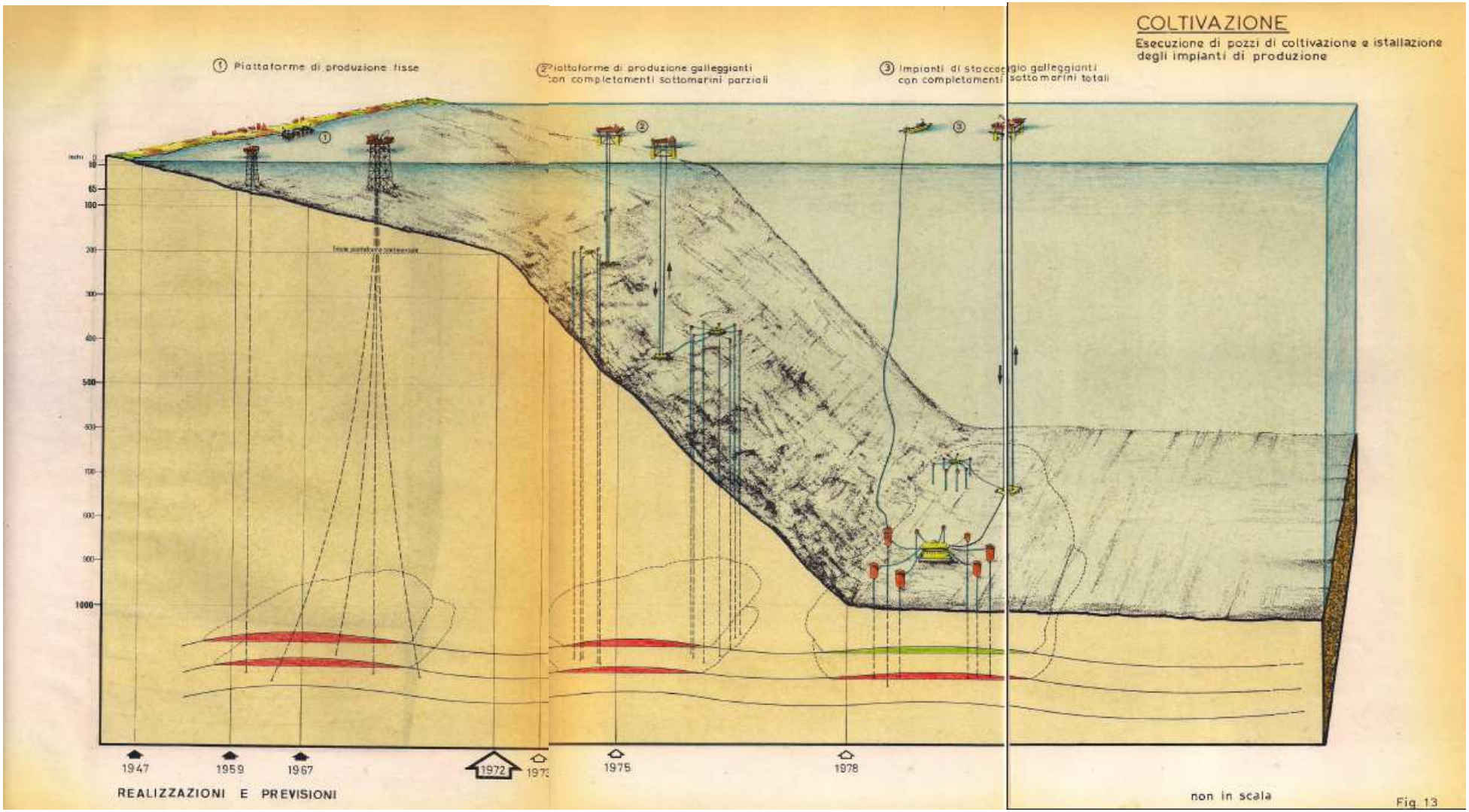

COLTIVAZIONE
Esecuzione di pozzi di coltivazione e istallazione degli impianti di produzione
① Piattaforme di produzione fisse
② Piattaforme di produzione galleggianti con completamenti sottomarini parziali
③ Impianti di stoccaggio galleggianti con completamenti sottomarini totali
metri
0
50
65
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1947
1959
1967
1972
1975
1978
REALIZZAZIONI E PREVISIONI
non in scala

Fig. 13

4. LA COLTIVAZIONE

4. 1. Premessa

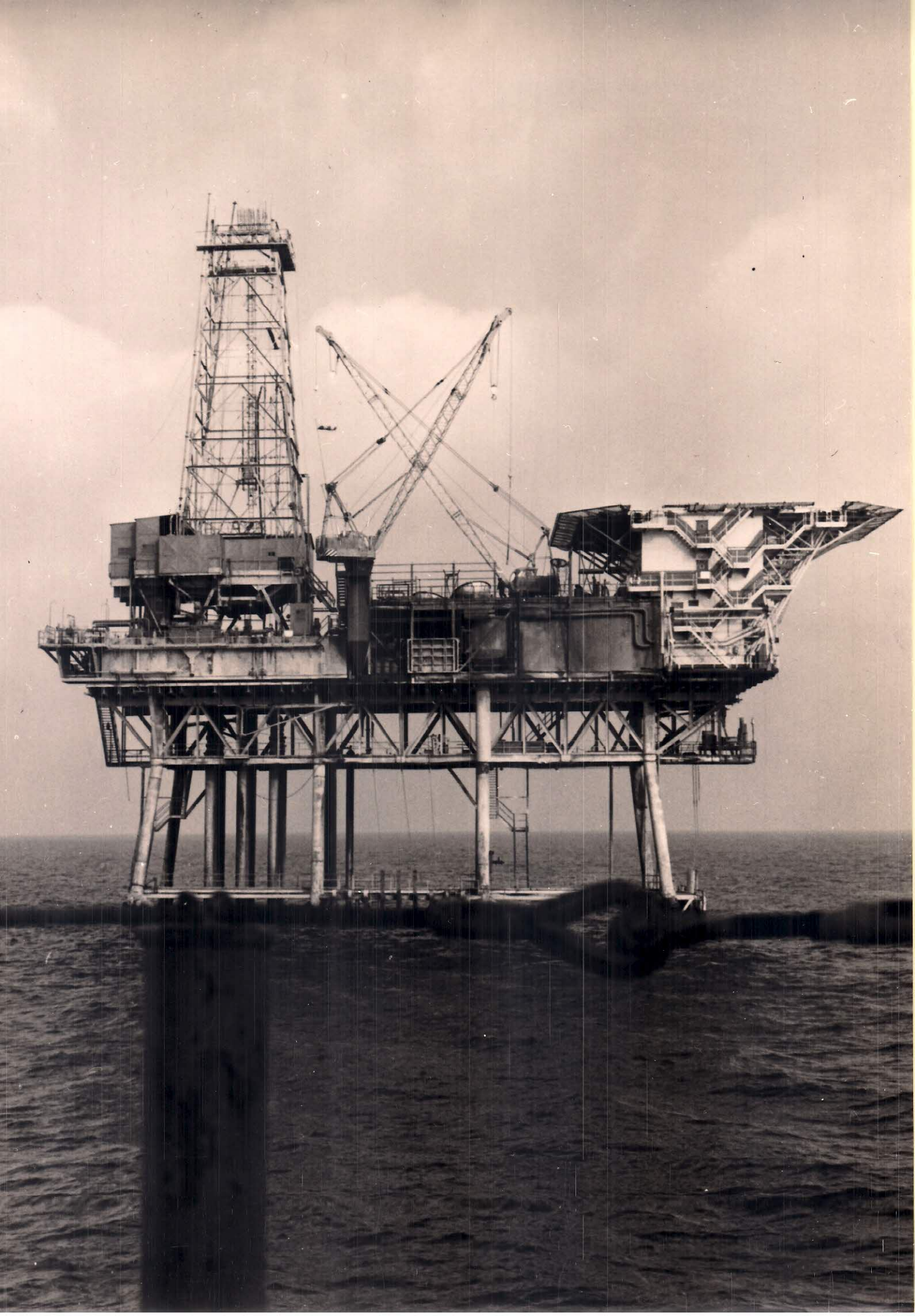
Quando il pozzo esplorativo ha identificato con sicurezza la presenza di idrocarburi nel sottosuolo si procede normalmente ad una fase di prove (testing), durante la quale si raccolgono i dati indispensabili per una valutazione quantitativa ed economica del giacimento.

Le prove vengono eseguite nel pozzo esplorativo e consistono essenzialmente nel mettere in comunicazione gli strati profondi con la superficie. Ciò avviene mediante la perforazione delle colonne di acciaio che rivestono il foro alla profondità corrispondente ai livelli mineralizzati e la temporanea eliminazione della contropressione esercitata dal fango che riempie il pozzo.

In questo modo la pressione di strato, normalmente uguale o maggiore della pressione idrostatica, fa penetrare i fluidi stessi nel pozzo e li fa risalire in superficie. Durante le prove, che possono durare da poche ore ad alcuni giorni, vengono misurate le pressioni al fondo ed alla testa del pozzo, sia durante l'erogazione che durante gli intervalli nei quali il pozzo viene chiuso, nonché la quantità dei fluidi erogati.

L'esame dei diagrammi sui quali vengono registrati i risultati delle prove permette una prima stima della produttività del pozzo e questo dato, unitamente a quelli che la prospezione sismica ha fornito riguardo alla forma

Fig. 14 - Piattaforma fissa di produzione installata sul giacimento gassifero "AGOSTINO - A" nel Mare Adriatico (AGIP).



ed alle dimensioni del possibile giacimento, ne permettono una prima valutazione approssimata.

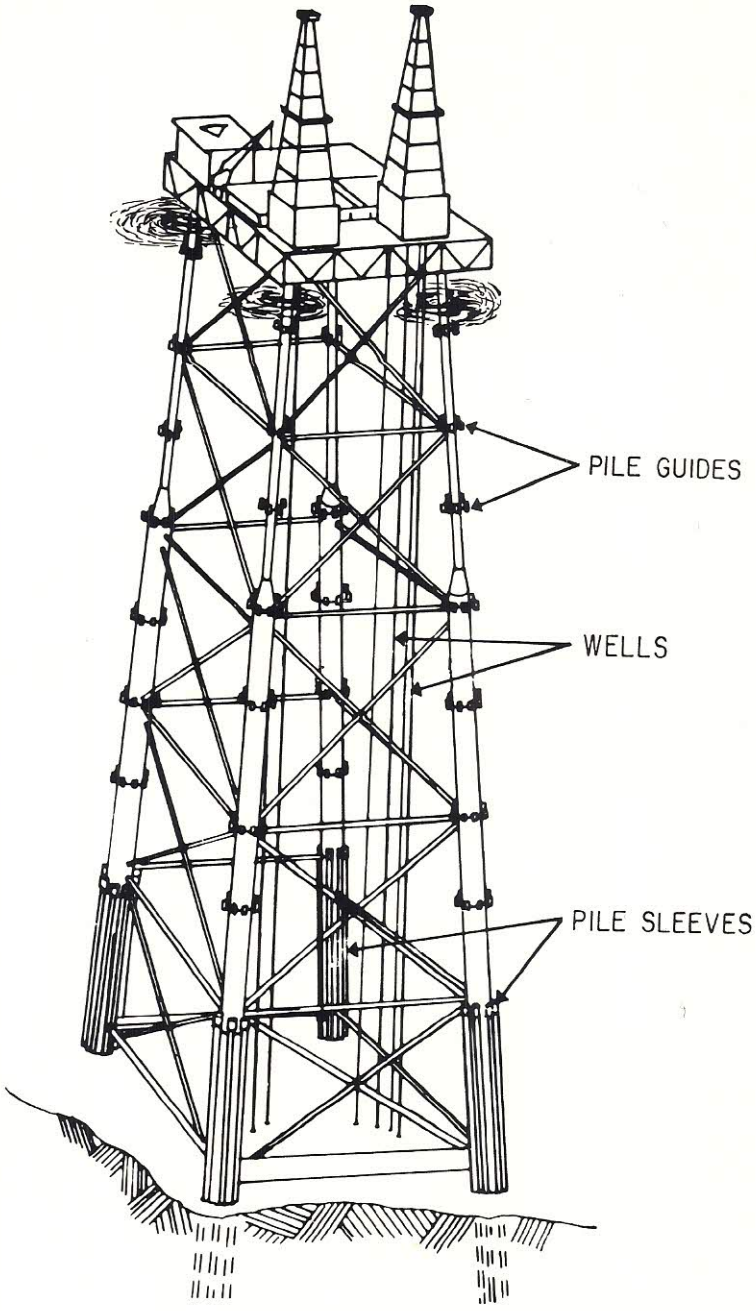
In base ad essa viene decisa l'esecuzione di altri pozzi esplorativi (outpost) che vengono a loro volta provati ed hanno lo scopo di confermare e precisare l'estensione e l'importanza del giacimento.

Successivamente a questa fase e nel caso che sia dimostrata l'esistenza di un giacimento di dimensioni economiche, può iniziare la coltivazione vera e propria, secondo un programma che prevede il recupero della massima quantità di idrocarburi entro un determinato numero di anni (20-25).

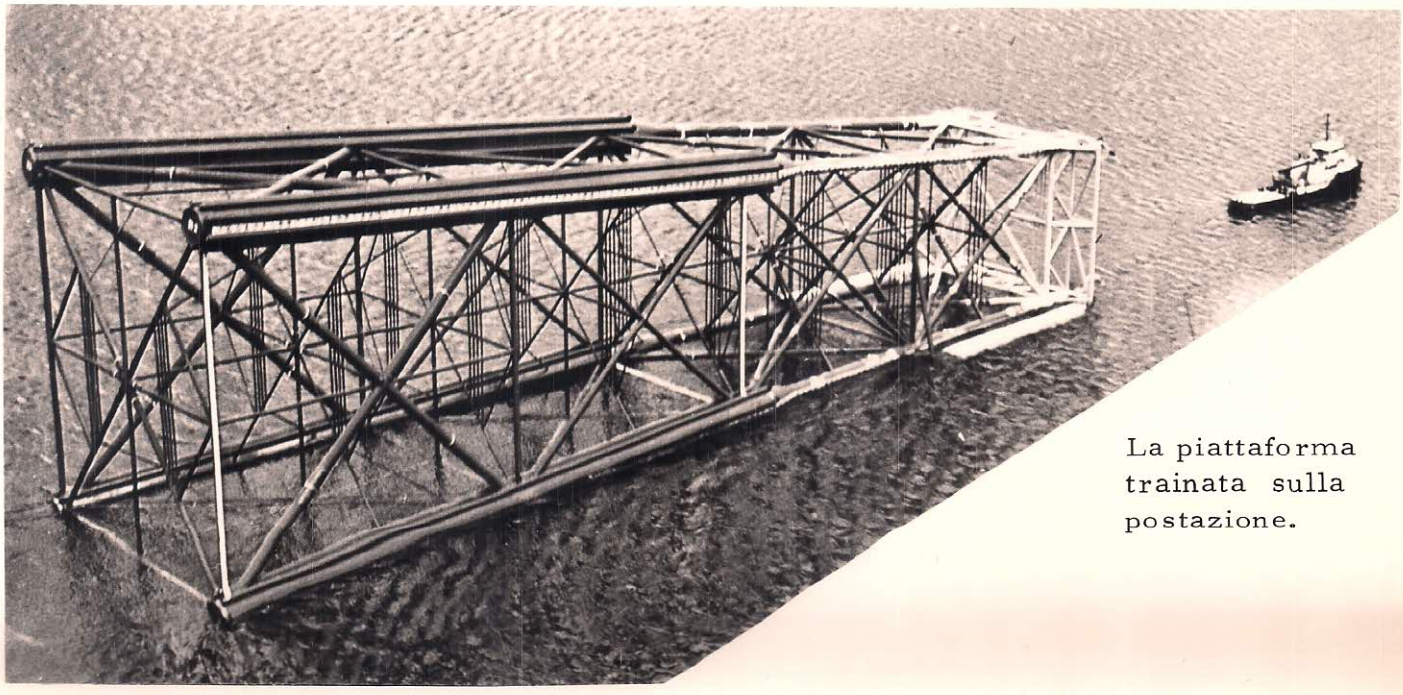
Dal punto di vista strettamente tecnico ciò comporta:

a) l'esecuzione di un certo numero di pozzi di produzione. Di norma vengono eseguiti da 12 a 48 pozzi partendo da un'unica piattaforma di perforazione fissa deviando la penetrazione della sonda in modo che alla profondità degli strati mineralizzati i pozzi risultino notevolmente distanziati tra loro. Questo accorgimento permette di suddividere i costi operativi e della piattaforma tra i diversi pozzi.

b) Il completamento del pozzo di produzione.
Un pozzo di produzione viene eseguito con le stesse modalità di un pozzo esplorativo ma, terminata la perforazione, é necessario dotarlo di attrezzature interne ed esterne (alla testa pozzo) che permettano l'erogazione controllata dei fluidi di strato, i controlli periodici e gli eventuali interventi nel pozzo stesso. La manovra



Piattaforma fissa di produzione progettata dalla Humble per essere installata nel Canale di S. Barbara (California) su un fondale di 215 m



La piattaforma trainata sulla postazione.

di queste attrezzature richiede la possibilità di accesso dell'uomo sulla testa pozzo o l'installazione di appositi telecomandi.

c) L'installazione di un impianto di raccolta e di separazione per il primo trattamento dei fluidi estratti. Se si tratta di petrolio l'impianto di separazione elimina il gas contenuto in soluzione nel greggio e l'acqua che a volte ne accompagna la risalita dallo strato produttivo. Se si tratta di gas, questo viene separato dalle fasi liquide presenti nel prodotto greggio prima di essere immesso nelle condutture di trasporto.

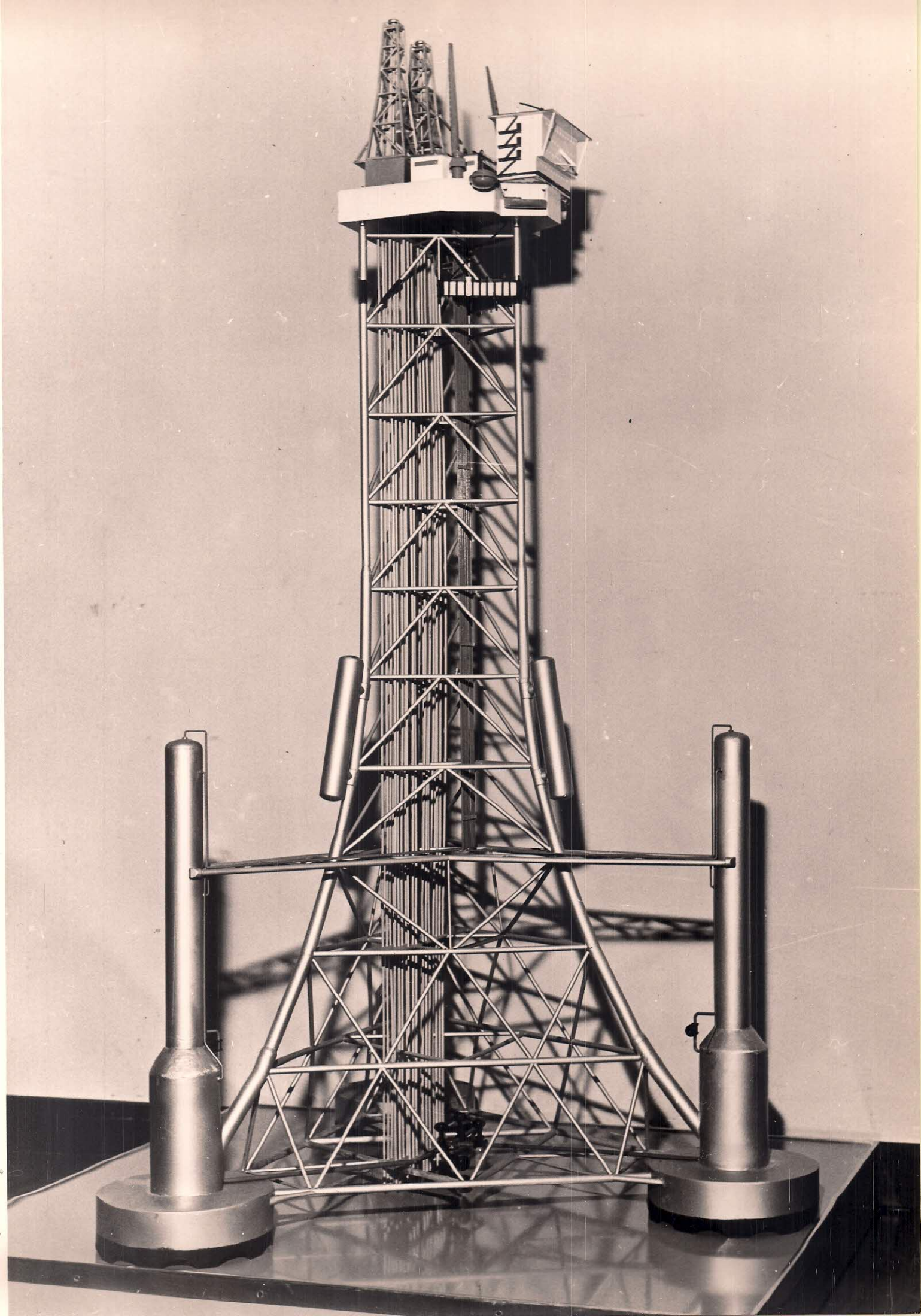
d) L'installazione di condutture che dai centri di raccolta e di separazione portino gli idrocarburi alla costa, da dove possono essere immessi nella rete di distribuzione o convogliate alle raffinerie. Una soluzione alternativa alla posa di condotte sul fondo marino può essere data dal trasporto a terra per mezzo di petroliere; questo però comporta l'installazione di grandi serbatoi di stoccaggio in mare.

4.2 Evoluzione e stato attuale delle tecniche

Fino ad oggi la soluzione comunemente adottata per la coltivazione dei giacimenti in mare é rappresentata dalle piattaforme di produzione fisse attualmente realizzate in acque della profondità massima di 115 metri, che risolvono completamente i problemi operativi anche se hanno evidenti limitazioni tecniche ed economiche in relazione alla profondità dell'acqua.

Fig. 16 - Struttura della piattaforma fissa progettata dalla TECNOMARE (ENI) per essere installata su un fondale di 200 mt.

Dal fondo del mare alla sommità della torre di perforazione la piattaforma misura 272 mt.; il peso della sola struttura in acciaio é di 16.000 ton. -

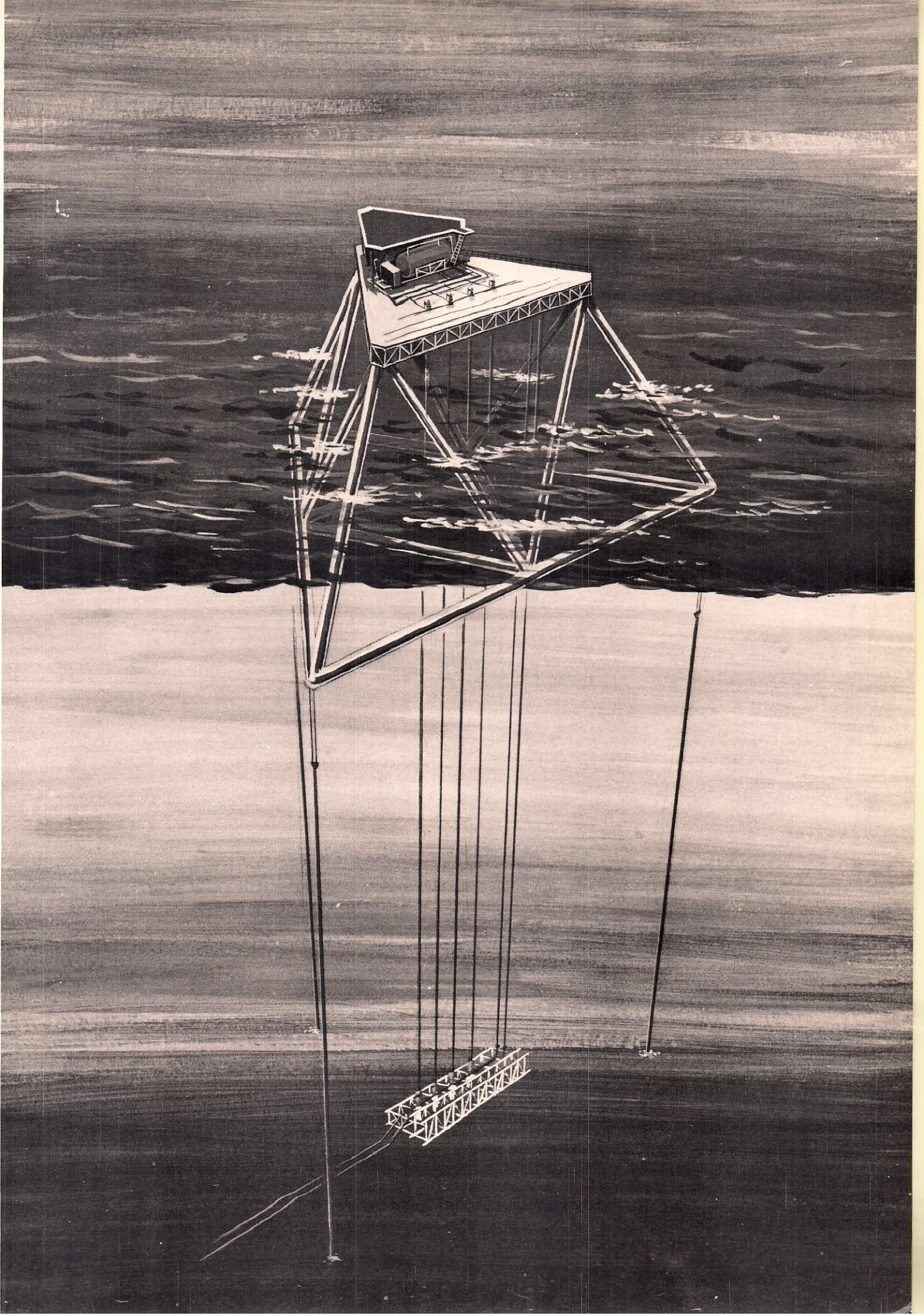


I tipi di piattaforma finora usati prevedono l'impiego di sistemi di vincolo della struttura al fondale marino costituiti da pali infissi. Sulla piattaforma viene montato un impianto di perforazione che esegue i pozzi di coltivazione e viene successivamente rimosso. Il completamento dei pozzi non presenta difficoltà, dato che le teste dei pozzi stessi sono sul piano della piattaforma; anche gli impianti di raccolta e separazione dei fluidi vengono montati sulla piattaforma ed una condotta sottomarina trasporta gli idrocarburi alla costa, dove si trovano gli impianti di stoccaggio per il greggio e le connessioni con la rete dei metanodotti per il gas.

E' importante notare come la tecnica dei pozzi deviati consenta, entro certi limiti determinati dalla morfologia del fondale marino e dalle caratteristiche del giacimento, di coltivare campi petroliferi in tutto o in parte situati al di sotto di fondali di una certa profondità partendo da aree dove il mare é relativamente meno profondo. E' questo il caso del giacimento di S. Barbara, nell'offshore californiano, dove i pozzi esplorativi sono stati eseguiti in acque più profonde di 400 metri, mentre le piattaforme fisse di produzione, già in fase avanzata di progettazione, saranno installate su fondali che superano di poco i 200 metri.

Quando il giacimento si trovi ad una notevole distanza dalla costa e la posa delle condotte presenti difficoltà o comunque non possa essere realizzata rapidamente, possono essere costruiti impianti di stoc-

Fig. I7 - Disegno illustrativo di una piattaforma di produzione galleggiante mantenuta in postazione con un sistema di ancoraggio in tensione.



caggio marini; é questa la soluzione transitoria prevista per il giacimento petrolifero di Ekofisk, situato nel centro del Mare del Nord, dove é in costruzione un serbatoio della capacità di 160.000 mc, poggiante sul fondale e dal quale verranno caricate direttamente le petroliere.

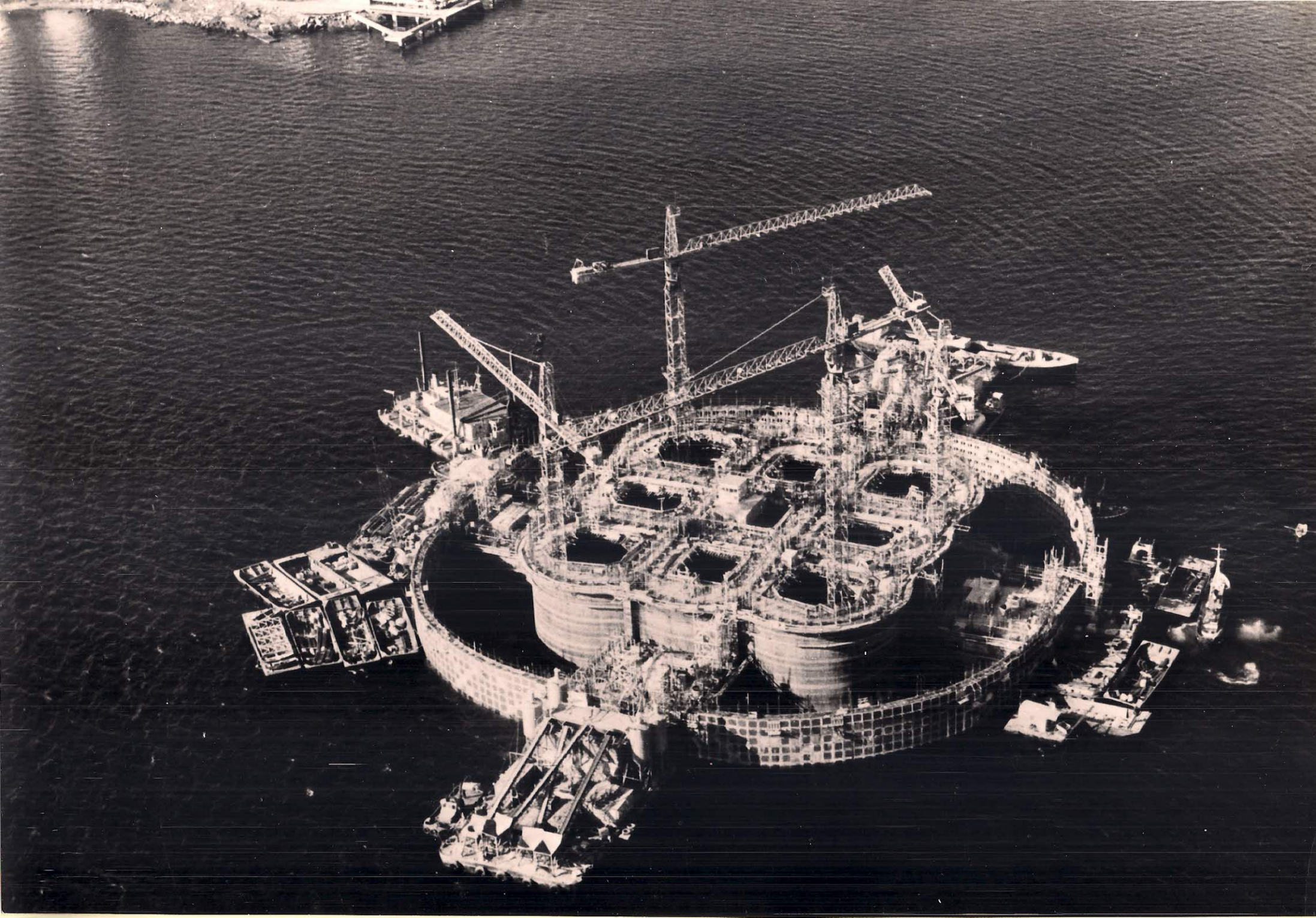
La posa delle condotte sottomarine presenta ancora delle difficoltà quando si debba operare su fondali profondi, con condotte di grande diametro e su lunghe distanze; fino ad oggi sono state posate condotte fino a 24" in circa 100 metri d'acqua e condotte fino a 48" in circa 40 metri.

4.3. Previsioni

La coltivazione dei giacimenti situati sotto fondali marini più profondi di 200 metri ed in situazioni tali da non permetterne lo sfruttamento mediante pozzi deviati eseguiti partendo da fondali meno profondi richiede in ogni caso l'uso di "completamenti sottomarini", ossia di sistemi di intercettazione e controllo dei fluidi posti sulla bocca pozzo al fondo del mare.

Per l'installazione e la manutenzione di questi sistemi, non potendosi più impiegare i sommozzatori, é necessario ricorrere a speciali attrezzature che consentano di operare a distanza (direttamente dalla superficie o dall'interno di batiscafi), oppure racchiudere la testa del pozzo in contenitori a pressione atmosferica, dove il personale, trasportato mediante capsule o sottomarini, può accedere e lavorare in condizioni di sicurezza.

Fig. I8 - Impianto di stoccaggio marino: una delle fasi di costruzione del progetto della PHILLIPS per il giacimento "EKOFISK" nel centro del Mare del Nord; l'impianto ha una capacità di stoccaggio di I6O. OOO mc. di olio.
Ultimata la costruzione, l'impianto verrà trainato in posta zione sul giacimento e ancorato al fondo con installazioni fisse. Il trasporto del greggio in terra ferma avverrà per mezzo di petroliere.



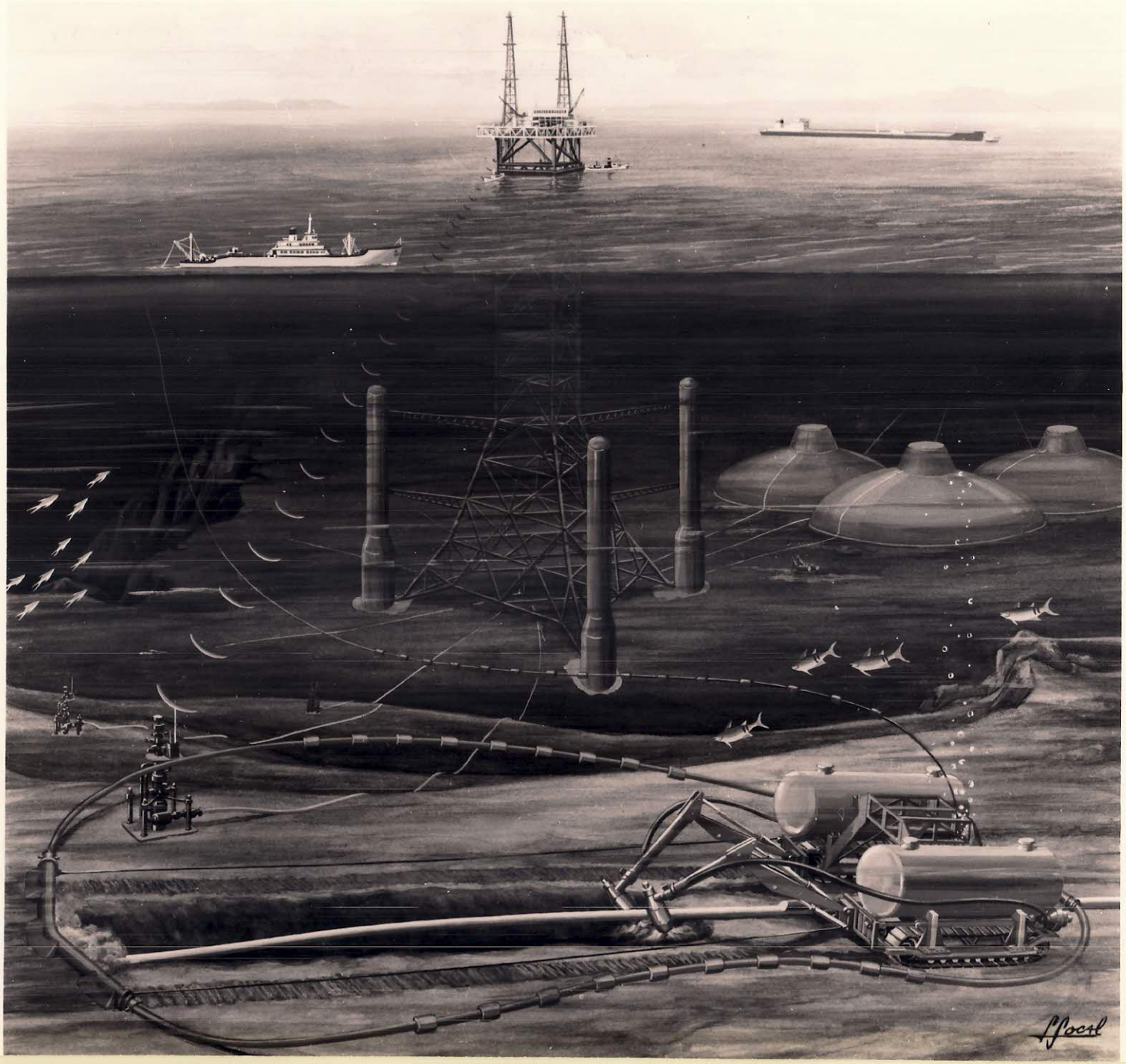
Pur non avendosi, a tutt'oggi, esempi operativi di queste attrezzature su giacimenti in acque più profonde di 100 metri, esistono numerosi prototipi progettati per l'impiego fino a 600 metri ed oltre. Secondo le previsioni dei costruttori questo obiettivo dovrebbe essere praticamente raggiunto entro il 1975.

Gli idrocarburi che affluiscono alla testa dei pozzi di coltivazione devono essere convogliati agli impianti di produzione, nei quali il prodotto greggio viene trattato prima della sua immissione nelle condotte sottomarine. Questi impianti devono essere situati vicino alla testa pozzo e ciò può essere realizzato con diversi sistemi.

a) Ponendo gli impianti su piattaforme fisse; in pratica ciò é realizzabile solamente quando il giacimento non sia lontano da zone con fondali di profondità inferiore ai 200 metri dove poter installare la piattaforma. Questo é il sistema di più facile realizzazione, quando ci si trovi in tali situazioni.

b) Ponendo gli impianti su una piattaforma galleggiante sul tipo delle unità semisommergibili usate per la perforazione. In questo caso deve essere assicurato il mantenimento della posizione per tempi molto lunghi ed in tutte le condizioni metereologiche; si può affermare che ciò é realizzabile fino a 600 metri di profondità con la adozione di ancoraggi, integrati dal sistema di posizionamento dinamico.
Per questo tipo di piattaforma é anche allo studio un sistema di ancoraggio in tensione, impiegabile per profondità di 300 metri ed oltre.

Fig. 19 - Disegno illustrativo di uno studio della TECNOMARE (ENI) per la coltivazione di un giacimento sottomarino.
Il progetto prevede l'impiego di una piattaforma fissa per la perforazione, il completamento ed il controllo dei pozzi produttivi; l'installazione sul fondo dei serbatoi per lo stoccaggio; la posa di condotte sottomarine con l'impiego di mezzi meccanici automatizzati; il trasporto del greggio per mezzo di petroliere che vengono ancorate alle boe di carico fisse.



c) Ponendo gli impianti sul fondo del mare; questa soluzione elimina la necessità di piattaforme di produzione, fisse o galleggianti.
Attrezzature di questo tipo sono state già realizzate dalla CFP e dalla BP nel Campo di Zakum nel Golfo Arabico. Si tratta di un impianto sperimentale installato a soli 20 metri, ma progettato per profondità fino a 200 metri.

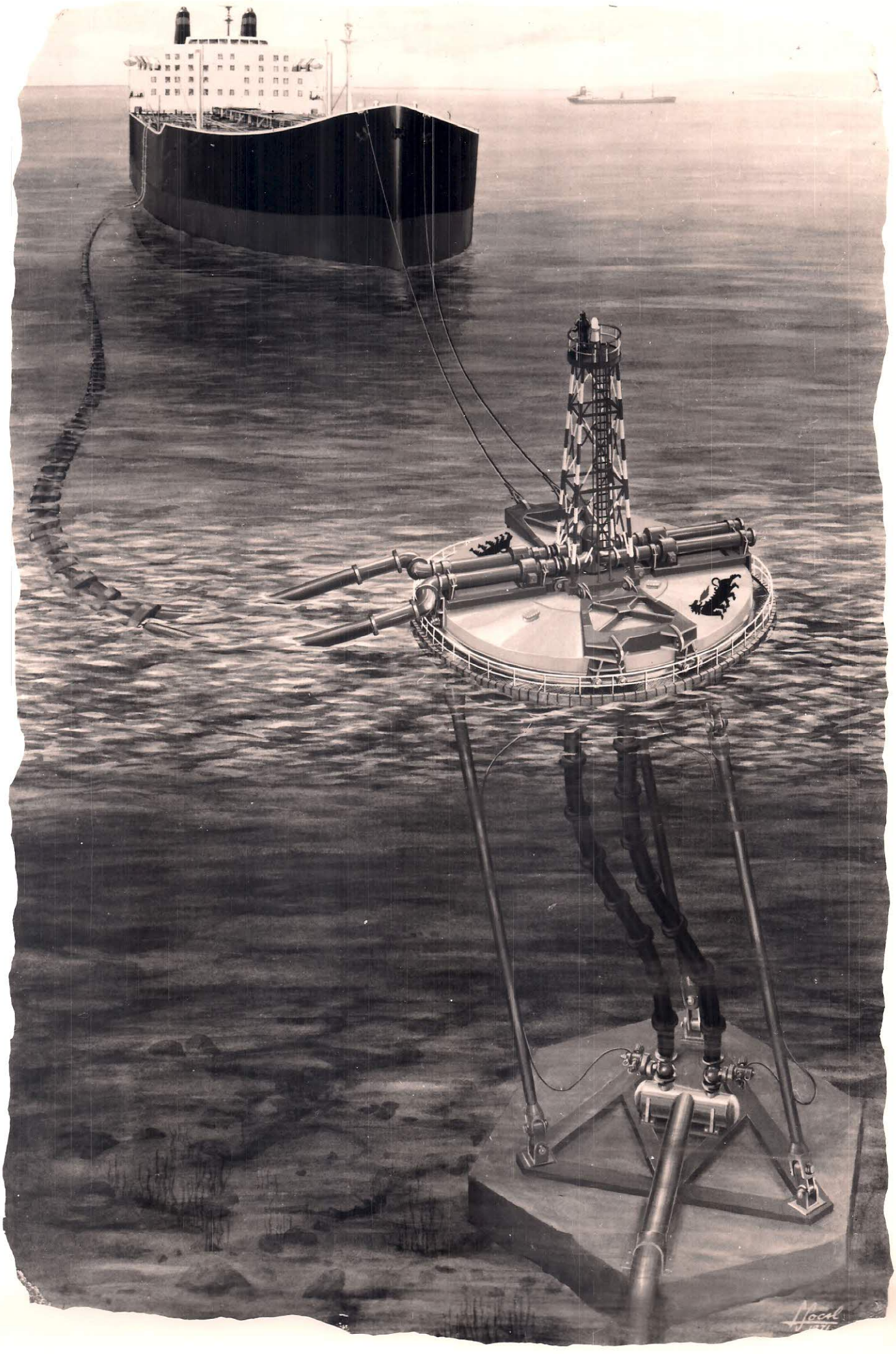
Un altro sistema di produzione sottomarina é stato messo a punto dalla Humble per profondità fino a 600 m. Questo sistema comprende, oltre alle apparecchiature di produzione, una complessa rete di tubazioni di raccordo tra i vari pozzi, un sistema di valvole che regolano la produzione dell'olio, l'iniezione di acqua o di gas, il recupero di eventuali perdite etc.

Un sistema simile é stato anche realizzato dalla Deep Oil Technology per profondità di 450 metri.

Un progetto di testa pozzo sottomarino automatizzata con controllo a distanza per profondità d'acqua a 600 metri é in corso presso la Tecnomare Spa. (ENI).

Merita di essere menzionato infine il progetto, del tutto avveniristico, studiato congiuntamente dalla North American Rockwell e dalla Mobil per profondità superiori ai 1000 metri; la caratteristica principale del sistema consiste nell'essere dotato di una camera cilindrica di acciaio, alta 16 metri e del diametro di 5 metri, che contiene le varie apparecchiature di produzione in un ambiente a pressione atmosferica nel quale il personale, trasferito sul fondo mediante un apposito sommergibile, può lavorare in condi-

Fig. 20 - Disegno illustrativo sull'impiego delle boe di carico, saldamente vincolate al fondo, alle quali vengono ancorate le petroliere per il trasporto del greggio prodotto da giacimenti a grandi distanze dalla costa.



zioni normali.

E' difficile prevedere oggi quale di queste soluzioni avrà maggiore successo e diffusione in futuro, anche perchè la scelta dell'uno o dell'altro sistema è condizionata, oltre che dalla profondità dell'acqua, dall'ubicazione del giacimento, dal numero dei pozzi necessari per il suo sviluppo, dal tipo e dal volume totale dei fluidi estraibili etc.

In altre parole, la coltivazione di un giacimento in acque profonde costituisce un problema che deve essere affrontato volta per volta, sulla base di quelle che sono le caratteristiche tecniche ed economiche del giacimento scoperto.

Si ritiene attualmente che fino a profondità intorno ai 250 metri risulterà ancora conveniente l'uso di piattaforme fisse, eventualmente integrate da completamenti sottomarini, mentre per profondità maggiori si dovrà ricorrere a completamenti sottomarini montando gli impianti di produzione su piattaforme fisse installate in acque più basse o su piattaforme galleggianti. Le previsioni correnti fanno ritenere realizzabile la produzione con questi sistemi in acque di profondità dell'ordine dei 1000 metri entro il 1976-78.

Più incerta è la data di possibile realizzazione di impianti completamente sottomarini, che peraltro rappresentano la soluzione più valida per qualsiasi profondità; si prevede comunque che il sistema possa essere funzionante in acque fino a 500 metri per il 1981 ed in acque a 1000 metri per il 1984-85.

Per quanto riguarda la posa di condotte sottomarine esiste la possibilità, accertata finora teoricamente, di usare i mezzi convenzionali attualmente in uso (pontoni) fino a diametri di 18" e profondità di 200 metri di acqua. E' però prevista la possibilità di superare tale limite facendo uso di mezzi nuovi, ad esempio pontoni semisommergibili con rampe inclinate o verticali, in modo da far descrivere alla tubatura, durante il varo, una sola curva a largo raggio. Sono in corso studi per determinare metodi e attrezzature che permettano l'installazione di condotte fino a 1000 metri di profondità.

5. CONCLUSIONI

Allo scopo di fornire una valutazione tecnica sulla necessità di estendere l'applicazione della Legge n° 613 del 27/7/67 anche alle aree marine con fondali più profondi di 200 metri, sono stati esaminati l'evoluzione, lo stato attuale ed il quadro previsionale delle tecniche per la ricerca e lo sfruttamento degli idrocarburi in mare.

Si è così potuto dimostrare che la profondità dei fondali non costituisce oggi un ostacolo nella fase della prospezione; è cioè attualmente possibile eseguire, nei mari di qualsiasi profondità, tutte le operazioni necessarie per la valutazione indiretta delle possibilità di rinvenimento di idrocarburi e per la determinazione delle località dove si intendono eseguire i sondaggi esplorativi.

L'esecuzione dei sondaggi stessi, ossia la fase della perforazione, è stata realizzata in acque di oltre 500 metri di profondità; gli impianti di perforazione più moderni sono attrezzati per operare fino a 600-700 metri e prevedono di poter giungere al limite dei 1000 metri con opportune modifiche nelle attrezzature necessarie.

Le difficoltà da superare divengono maggiori quando si debba passare alla coltivazione dei giacimenti eventualmente scoperti. L'assoluta necessità di poter garantire il pieno controllo dell'erogazione degli idrocarburi e del loro trasporto alla rete di distribuzione in ogni momento durante un periodo pluriennale, comporta la messa a punto di attrezzature complesse e costose.

Sono oggi in corso di realizzazione gli impianti per la coltivazione del giacimento del Canale di S. Barbara,

nel mare californiano, in fondali di oltre 500 metri di profondità; diverse Società specializzate, in collaborazione con le maggiori Compagnie petrolifere, stanno collaudando attrezzature che si propongono di risolvere integralmente i problemi dello sfruttamento dei giacimenti in acque profonde fino almeno ai 1000 metri entro il 1978.

Esistono quindi le premesse tecniche per affermare che anche i problemi relativi alla coltivazione dei campi petroliferi in acque oltre i 200 metri di profondità possano essere risolti quando se ne presenti la necessità.

Si deve ricordare infatti che solamente una situazione reale, cioè la sicurezza dell'esistenza di un giacimento di dimensioni economiche, può consentire il passaggio dalla fase dei prototipi sperimentali a quella della realizzazione completa.

Questa situazione reale può sorgere solamente quando e dove sia stato possibile svolgere le prime fasi delle complesse operazioni di ricerca che a loro volta possono essere condotte solamente nel quadro di una legge mineraria che lo consenta.