



Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 2177A

ANNO: 2017

A P P U N T I

STUDENTE: Placido Daniele

MATERIA: Appunti Uosie Supply - Prof. Gerboni

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

APPUNTI GERBONI DA REGISTRAZIONI 2017

ESAME UOSIE POLITECNICO DI TORINO

INDICE

1) INTRODUZIONE.....	pag 2
2) CARBONE.....	pag 4
3) PETROLIO.....	pag 19
4) GAS NATURALE.....	pag 49
5) FONTI NON CONVENZIONALI.....	pag 65
6) URANIO.....	pag 70

PREMESSA

Questo opuscolo è stato ottenuto ascoltando le registrazioni delle lezioni tenute dalla professoressa Gerboni del modulo riguardante il Supply dell'esame di Uso Ottimale e Sicurezza dei Sistemi Energetici, completato ed integrato con alcuni dati trovati negli slide o tratti dai documenti integrativi forniti dalla professoressa. Si consiglia di studiarlo utilizzando le sue slide come supporto. Con la speranza di aver fatto un buon lavoro, si augura buono studio.

Placido Daniele, Ingegneria Energetica 2017.

Quando sono noti i limiti dell'accumulo, le dimensioni, la quantità di fonte in esso presente e la facilità di estrazione si parla di riserva.

Si vede che circa tre quarti del **Total Primary Energy Supply (TPES)** del mondo nel 2014 sono di fonti fossili.

- **lignite torbosa (peat-like coal)**, fibrosa e soffice,
- **lignite xiloide (xyloid)**: è grassa e si possono vedere le fibre degli alberi,
- **lignite picea (black lignite)**, dalla consistenza compatta e omogenea.

Grandi giacimenti di lignite si trovano in Germania, Polonia, Repubblica Ceca, Cina, Ucraina e in Russia. Non è un materiale prezioso quindi non lo si trasporta su grandi distanze e si preferisce utilizzarlo in loco (riduzione dei costi di trasporto). È più compatto della torba, opaco e scuro.

Il **litantrace** (80% di carbonio) è un materiale più antico e più prezioso della lignite. Ci sono comunque delle impurezze quindi le percentuali sono molto generiche. I litantraci possono essere a loro volta classificati in base al potere agglomerante:

- **Litantraci grasse**
- **Litantraci magre**

Quanto più sono compatti, tanto meno si sfaldano tanto migliore è la qualità del carbone.

In base al contenuto di sostanze volatili si distingue tra:

- **Litantrace a fiamma lunga**
- **Litantrace a fiamma corta**

all'aumentare del contenuto delle sostanze volatili aumentano le dimensioni della fiamma.

Il litantrace non è usato solo a scopi energetici ma può essere usato anche per realizzare il **coke** impiegato nelle acciaierie (è uno dei precursori degli acciai). Il coke è un carbone prodotto artificialmente. Si ottiene riscaldando il litantrace (o l'antracite) a 1000 °C in assenza di ossigeno, le ceneri e il carbone sono mescolate; nel corso del processo le sostanze volatili condensano e formano il **catrame**.

Il litantrace è un carbone compatto, duro, opaco con zone di lucidità.

Circa il 95% del litantrace mondiale si trova nell'emisfero Nord. I principali paesi in cui vi sono giacimenti di litantrace sono Cina, USA e Russia che detengono il 60% del totale. In Italia alcuni depositi si trovano in Sardegna.

Il carbone più antico è l'**antracite** (85% di carbonio) dall'aspetto quasi metallico, utilizzata poco per la produzione di energia elettrica, molto per il riscaldamento. È il carbone più prezioso. È molto lucido e sporca poco, ovvero è molto compatto, non grasso.

La **grafite** è la forma finale del processo di carbonizzazione ed è fatta da solo carbonio. È soffice ed è una forma allotropica del carbone, l'altra nota è il diamante che però è stabile solo ad alte pressioni e temperature. La grafite, con l'eccezione delle centrali nucleari nelle quali è usata come moderatore neutronico, non è

2.2 Considerazioni generali

Il carbone è ancora una fonte importante. Il suo utilizzo nel mondo è in crescita negli ultimi anni.

Si vede che nel 2014 a livello mondiale il carbone copre il 28% del TPES, nel 1973 era il 24,5%; tuttavia va osservato che dal 1973 al 2014 il TPES è più che raddoppiato quindi il suo impiego è su larga scala e non può essere trascurato.

Inoltre si vede che le riserve di carbone, progressivamente dal 1995 al 2015 si stanno riducendo. Questo è un unicum tra le fonti fossili in quanto si vedrà che le riserve di olio e di gas sono in aumento in questo stesso arco di tempo considerato.

Quindi la disponibilità del carbone si sta riducendo. Inoltre si vede che la maggior parte del carbone è quasi equamente ripartito tra Asia Pacific (Cina nel 90% dei casi) Europa-Eurasia e Nord America. Queste tre aree utilizzano il carbone e sono anche i principali produttori (produzione in questo corso è sinonimo di estrazione). Si nota che dove c'è estrazione di carbone c'è anche il consumo, quindi il carbone è utilizzato in loco, per la maggior parte.

La Cina usa tutto il suo carbone e ne importa dell'altro, anche la Russia consuma molto carbone così come gli Stati Uniti. Invece l'Europa consuma sempre meno carbone sostanzialmente per due motivi:

- Da un lato le risorse sono sempre più esigue;
- Dall'altro l'Europa si è data dei forti vincoli ambientali che la portano a ridurre il consumo di carbone a fini energetici.

Le riserve più grandi di carbone sono negli USA, il principale produttore è però la Cina anche se non ha le stesse disponibilità di giacimenti degli USA. Nel 2004 la Cina consumava 1400 Mt di carbone mentre nel 2013 consumava 4000 Mt quindi un incredibile crescita nel giro di 10 anni. Questi consumi non sono sostenibili, la Cina sta raggiungendo un plateau perché la nazione sta diventando più ricca e quindi potrà iniziare a diventare più efficiente.

Un altro parametro importante è il rapporto **R/P (riserve/produzione)**

Rapporto R/P: indica per quanti anni è disponibile una risorsa al patto di estrarre con un tasso di produzione costante. Si misura in anni.

Ad esempio la Norvegia ha grandi giacimenti di olio e di gas che però vanno via via ad esaurirsi. Per decisione politica si è scelto di ridurre l'estrazione e quindi di aumentare il rapporto R/P allungando l'orizzonte di disponibilità della risorsa in modo da consentire anche alle generazioni future di usufruire di queste risorse.

trasporta del carbone liquido, ovvero del polverino mescolato ad acqua o ad olio e inviato nelle condotte ai luoghi di interesse. Questo carbone può essere usato direttamente oppure separato dall'acqua o dall'olio prima del suo utilizzo. In ogni caso questa soluzione non è molto efficiente perché il carbone liquido è molto corrosivo ed abrasivo. La Russia ha poche coste e pochi porti nonostante la sua estensione. Verso l'Europa la Russia affaccia sul mar Caspio (che è un mare chiuso) e sul mar Nero che anche esso è chiuso quindi la possibilità di esportazione verso l'Europa è molto difficile. Altre coste sono verso il Pacifico ma lì l'unico cliente è il Giappone (la Cina ha il suo carbone).

Ucraina ha pochi giacimenti, alcuni importanti sono di lignite che usa in loco (bacino di Donetsk).

Sud Africa ha riserve di carbone. È stato isolato a causa della Seconda Guerra Mondiale e dell'Apartheid. Recentemente ha studiato un modo con cui rendersi energeticamente indipendente sfruttando il carbone dal quale ottenere benzina e altri idrocarburi allo stato liquido che sono più facili da utilizzare sia in centrale che nei trasporti.

Germania ha giacimenti nella zona della Ruhr ma le miniere sono per lo più abbandonate. Sono poco economiche da sfruttare e inoltre i vincoli sulle emissioni in Europa sono molto più elevati che in altre parti del mondo e quindi aumentano i costi di gestione delle miniere e di conseguenza quelli di estrazione.

Dal punto di vista dei trasporti il principale importatore di carbone è la Cina.

2.4 Estrazione del carbone

Utilizzate delle tecniche per individuare la presenza del giacimento di carbone, si fanno delle supervisioni, analisi della storia e della conformazione del suolo e del sottosuolo. In questo modo si individuano le miniere più importanti di carbone. Quando la certezza della presenza del giacimento è sufficientemente elevata, si portano i macchinari e si iniziano gli scavi. Questo perché le attrezzature sono molto costose.

La scoperta di giacimenti grandi è più facile rispetto a quelli più piccoli. È più complicato ed economicamente meno interessante individuare i giacimenti piccoli. Per piccolo giacimento si intende un filone che ha una altezza compresa tra 1 e 1,5 metri al di sotto di diversi metri di roccia. Nei giacimenti più grandi nel mondo (Cina e USA) ci sono filoni alti fino a 140 metri, la coltivazione di questi giacimenti è molto durevole nel tempo e molto proficua. Un filone spesso un metro deriva dalla compressione di 15-20 metri di foresta tritata. Talvolta lo spessore è detto **potenza**.

draghe perché si deve cercare di andare il più lontano possibile senza muoversi e il sistema risulterebbe altrimenti instabile.

- **Escavatrice a ruota di tazze (bucket wheel excavator).** La ruota di tazze ruota e con i denti a forma di secchiello erode la parete della miniera. Il materiale raccolto viene versato su un nastro trasportatore posto su retro che trasporta il carbone verso una zona di accumulo temporaneo dove il carbone viene depositato in attesa di essere trasportato e trattato prima dell'utilizzo.

I problemi di questo tipo di miniere sono la polvere e il rumore. La polvere è il problema più preoccupante ed è legata sia alle esplosioni sia allo scavo, inoltre sono dovute anche all'azione del vento. Le polveri sono nocive e devono essere abbattute. Un primo abbattimento è realizzato mediante l'utilizzo di camion cisterna che spruzzano acqua sul carbone per ridurre le polveri.

I camion non possono circolare sulle strade civili ma solo nelle miniere.

Le miniere a cielo aperto sono circa il 40% delle miniere in attività e consentono di estrarre il 90% del carbone presente nel giacimento. La maggior parte delle miniere australiane e americane sono open pit, rispettivamente 80% e 67% della produzione nazionale di carbone.

- **Miniera sotterranea o underground mine:** rappresentano il 60% delle miniere da cui si estrae carbone. Se il filone è molto in profondità si scavano due o più pozzi e si estrae il carbone direttamente da sotto. Il diametro dei pozzi deve essere sufficientemente ampio da consentire l'ingresso del personale e delle macchine anche se parzialmente smontate. I pozzi consentono di giungere all'altezza del filone e di qui si lavora in orizzontale. Ci sono due modi per coltivare una miniera sotterranea.

- **Room and pillar (stanze e pilastri):** si realizzano delle camere entrando da un pozzo estraendo il carbone prima in una direzione e poi nell'altra ad essa ortogonale in modo da creare una alternanza di stanze vuote e di pilastri di carbone (fino al 40% del totale contenuto nella miniera) che sostengono la volta della miniera, ma anche con altre protezioni quali martinetti e reti di protezione. Però il carbone dei pilastri non è perso, ma man mano si abbattano i pilastri. Il soffitto crolla ma le operazioni sono controllate per proteggere il personale. Col crollo del soffitto si ha una depressione dello strato di roccia sovrastante.
- **Long wall (coltivazione a lunghi fronti):** si entra da un pozzo e si estrae carbone con un macchinario che scava lateralmente, lungo un fronte

2.5 Trattamenti del carbone

All'esterno della miniera si ha una area di accumulo di carbone estratto che prima dei trattamenti di pulizia viene omogeneizzato perché ci sono diverse tipologie di carbone (sia per composizione che per pezzatura). Lo si distribuisce in maniera omogenea in modo da ottenere del materiale che ha la stessa caratteristica.

Il materiale estratto è molto sporco e va pulito. Il carbone estratto dalla miniera è detto **run of mine** o **tout venant**. Si devono separare gli inerti e gli inquinanti. Subito al di fuori della miniera, perché il carbone non è conveniente trasportarlo per lunghe distanze, il carbone viene quindi ripulito e separato dagli inerti e dagli inquinanti, soprattutto lo zolfo. Ci sono quattro fasi.

- **Classificazione:** i pezzi vengono distinti in base alla loro dimensione, la soglia massima è di quattro pollici (10 centimetri). Quelli che hanno pezzature superiore a quella limite vengono frantumati. In questa prima fase non si distingue ancora tra inerti e carbone vero e proprio.
- **Frantumazione:** i pezzi più grandi della dimensione soglia vengono frantumati. Può essere a diversi livelli per ottenere del polverino o una pezzatura media. La frazione fine ha 0,28 mesh, la frazione grossa va da un quarto fino a quattro pollici.
- **lavaggio:** consiste di diverse operazioni. La più importate è la separazione tra carbone e inerti. Si utilizzano dei meccanismi gravimetrici, basati sulle differenze di densità tra inerti e carbone. Si usano setacci o liquidi densi. Uno dei dispositivi utilizzati è il **crivello oscillante**: il carbone e gli inerti sono posti su un setaccio ed è messo in movimento in modo che si sposti dall'ingresso all'uscita e viene anche lavato nel frattempo. Ci sono delle vasche piene d'acqua che è messa in pulsazione dal basso per fare in modo che il carbone venga mosso per agevolare la separazione delle parti più pesanti (inerti).

Un altro metodo è l'utilizzo di liquidi densi, acqua addizionata con magnetite che le conferisce una densità compresa tra gli 1,4 e 1,8 g al centimetro cubico ovvero un po' maggiore di quella del carbone (1.1-1.2). All'interno di vasche grandi viene buttato un carico di run of mine. Il carbone galleggia mentre gli inerti vanno sul fondo. La magnetite è preziosa e quindi va recuperata con una certa frequenza con dei separatori magnetici, quindi non c'è consumo di magnetite.

Con queste due tecniche si è eliminata la parte più grossa degli inerti.

recuperate. In passato si utilizzavano disidratatori termici oggi poco usati a causa della loro bassa efficienza.

2.6 Rischi e pericoli nelle miniere

Il tasso di mortalità delle miniere è molto elevato a causa di incidenti, legati ad atmosfere esplosive asfissianti e crolli. Il gas naturale eventualmente presente nella miniera può essere recuperato ed usato. I vantaggi sono:

- riduzione delle emissioni di gas serra in atmosfera,
- riduzione del rischio di esplosioni,
- possibilità di utilizzo come fonte di energia.

Nel 2016 negli USA sono morti 9 minatori. Altri incidenti sono legati alle macchine da taglio in movimento, shock elettrici, carenza di ventilazione, infiltrazioni di acquiferi e conseguenti allagamenti, cadute dai terrazzamenti, esplosioni, asfissia, durante il trasporto, ecc.

Si contano 2808 incidenti tra il 1980 e il 2008. La maggior parte dei quali in underground.

In Cina gli incidenti si stanno riducendo anche se, a parità di carbone estratto la mortalità è ancora circa 10 volte maggiore di quella degli altri paesi estrattori di carbone. Si è fatto molto per migliorare la sicurezza delle miniere cinesi ma molto deve essere ancora fatto. La maggior parte degli incidenti è legata all'assenza di ventilazione. Nel 2015 hanno raggiunto la soglia dei 900 morti all'anno (molto minore di quella degli anni precedenti).

Si è detto che due problemi sono la polvere e il rumore. La polvere è associata ai venti e al trasporto di materiale. Inoltre c'è il problema dell'**acid mine drainage** che avviene nelle miniere open pit in cui si riportano alla luce degli strati di roccia che normalmente sarebbero sepolti e che contengono metalli pesanti e composti acidi o zolfo. Quando piove l'acqua scioglie questi metalli e lo zolfo crea l'acido solforico. Si raccoglie un bacino di acqua molto inquinata e acida che deve essere opportunamente trattata per evitare seri rischi ambientali se dovesse percolare nel terreno contaminando eventuali acquiferi.

Altro impatto notevole è la subsidenza tipica delle miniere underground. Non si verifica l'acid mine drainage ma è comunque un impatto ambientale.

I lavoratori possono essere colpiti da malattie quali malaria, AIDS, tubercolosi, dovute alle precarie condizioni di lavoro, soprattutto la salubrità dell'aria che contiene silicati e che indebolisce per tanto i polmoni.

Un mezzo molto usato è il treno: hanno 200 carrozze, 4 o 6 locomotori. Sono molto lenti e trasportano 10-15 mila tonnellate di carbone. Il carico impiega circa 4 ore mentre lo scarico 10. I vagoni non sono chiusi quindi una parte del materiale viene disperso, altra fonte di inquinamento e perdita economica.

Per piccole distanze si usano i camion, quelli che trasportano 250 tonnellate non possono transitare sulle strade ordinarie, quelli che trasportano fino a 25 tonnellate invece si. I camion permettono di superare pendenze che i treni non possono affrontare.

Le navi sono classificate in base alle dimensioni:

- **Handy size:** sono navi molto maneggevoli che possono passare ovunque, trasportano il 24% del carbone mondiale;
- **Suez size:** navi che possono passare attraverso il canale di Suez;
- **Panamax:** sono in grado di passare lo stretto di Panama, trasportano il 31% del carbone totale;
- **Cape size:** non passano attraverso Suez e Panama ma vanno per Città del Capo o Capo di Buona Speranza e trasportano il 44% del carbone totale.

È molto più semplice caricare una nave che scaricarla perché si possono utilizzare i nastri trasportatori; per il carico la portata è fino a 6000 tonnellate all'ora mentre lo scarico ha una portata di 15000 tonnellate al giorno.

Il costo del carbone in Australia ha come voce predominante i costi di estrazione, un piccolo costo domestico ma un elevato costo di esportazione (porto di Rotterdam); nel caso della Russia il costo di estrazione è più basso, ma il costo di trasporto interno è molto elevato e il trasporto oceanico è relativamente limitato.

Il carbone può essere trasportato in forma liquida, fluido molto abrasivo, mediante le pipeline, ci sono due esempi di queste pipeline una negli USA e una in Russia (da Belovo dove ci sono le miniere a Novosibirsk ove ci sono le centrali). Le percentuali di acqua e di olio possono essere 30%-70% o 50%-50%.

2.9 Sintesi delle cose da sapere sul carbone

Dal 1995 al 2015 le riserve sono in diminuzione.

MACROAERA GEOGRAFICA	PERCENTUALE GIACIMENTI CARBONE
Europa - Eurasia	34,8
Asia Pacific (Cina)	32,3
Nord America	27,5

3) PETROLIO

3.1 Formazione del petrolio

Il petrolio si è formato nelle centinaia di milioni di anni da resti di microorganismi cellule e animali e non da depositi vegetali. I giacimenti non sono dei laghi sotterranei ma esso è contenuto nelle rocce. Nel tempo la materia organica si è accumulata all'interno di rocce molto porose dette **rocce madri**. In queste rocce la materia organica è stata stoccata e preservata nel tempo, inoltre le rocce madri sono quelle rocce che per prime sono state compresse dagli strati litografici superiori. Nel tempo gli accumuli sono stati sepolti da altri strati di roccia e quindi le rocce madri sono sprofondate a notevole profondità trovandosi in condizioni di pressioni e temperature elevate. La temperatura aumenta di circa 3 °C ogni 100 metri. Queste elevate pressioni e temperature hanno lavorato sull'accumulo organico modificando la chimica delle catene di carbonio costituenti la materia. Queste catene si sono divise e riorganizzate dando luogo ad una miscela chiamata **kerogene**. Il kerogene è il precursore del petrolio, non è né materia organica né petrolio. È quindi intermedio e immaturo, ovvero non è ancora nella forma idonea per essere sfruttato. Il kerogene si forma nella roccia madre. Gli idrocarburi liquidi e solidi sono formati dalla disgregazione termica coadiuvata con le elevate pressioni. Il principale meccanismo che porta alla formazione di questi idrocarburi è il **cracking**, rottura di catene molto lunghe di carbonio e di idrogeno per formare catene più corte. Le catene ottenute non sono tutte della stessa lunghezza. Questo meccanismo avviene nella roccia madre. La temperatura è importante per il cracking ed esiste una finestra di valori di temperature in cui il processo è ottimizzato, la **finestra dei liquidi** tra gli 80 e i 150 °C. Quindi non è detto che il kerogene, sottoposto a temperature e pressioni elevate subisca il cracking e si trasformi in idrocarburi a minore peso molecolare, perché devono essere rispettate precise condizioni di temperatura e pressione. Se la temperatura fosse troppo elevata, ad esempio, le catene non resterebbero integre.

Il petrolio è una miscela di molecole diverse, le più simili tra loro vengono poi separate e raggruppate in modo da ottenere i singoli prodotti di raffinazione. Le molecole sono tra loro diverse perché il fenomeno è fortemente variabile da luogo a luogo: dipende dal tipo di materia organica di partenza, dalla posizione geografica, dal tipo di roccia madre, dalle temperature e dai tempi di sepoltura. Quindi tutti i petroli sono diversi. Si cerca di sfruttare i petroli di qualità migliore.

Non sempre la separazione petrolio-gas è netta, ma può accadere che il gas è in parte disciolto nel petrolio. Si può avere anche o solo petrolio oppure solo gas. Il **contatto gas-olio** e il **contatto olio-acqua** sono le linee di separazione ideali tra i diversi fluidi.

Tutta la materia presente all'interno della roccia reservoir è fortemente compressa e si trova ad elevate pressioni. Questo aiuta nelle prime fasi di estrazione (i fluidi vengono alla luce per effetto della differenza di pressione tra l'interno del reservoir e ambiente esterno).

3.2 Calcolo del volume di idrocarburi in una roccia serbatoio

Questa informazione è relevantissima per capire le potenzialità del giacimento, e quindi valutare la convenienza o meno del suo sfruttamento.

I dati noti sono:

- Area di estensione del giacimento e quindi il perimetro del giacimento, impronta del giacimento;
- Spessore del giacimento, ci dice la potenza del giacimento. È lo spessore della roccia reservoir.
- Porosità (ϕ) : è la frazione di volume della roccia occupato dai fluidi.
- Saturazione in acqua, olio, gas e idrocarburi: è la percentuale di ognuno di questi composti all'interno della roccia reservoir; è uno dei parametri più importanti da valutare perché indice di quanta porosità è occupata da acqua o da idrocarburi. Se risulta più facile valutare la percentuale di acqua rispetto a quella degli idrocarburi allora la percentuale di idrocarburi si può calcolare come

$$S_h = 1 - S_w .$$

Si calcola quindi l'**Oil Originally In Place (OOIP)**:

$$OOIP = V_h = (1 - S_w) * \phi * A * h$$

OOIP: indica il volume di petrolio presente all'interno della roccia reservoir, prima di cominciare l'estrazione.

È importante anche lo **Stock Tank Oil Originally In Place (STOOIP)**

STOOIP: indica il volume dei serbatoi da costruirsi all'esterno dell'area di produzione per contenere il petrolio estratto. È il volume di petrolio occupato in condizioni standard, a pressione e temperatura ambiente.

Infatti i due volumi sono diversi perché nella roccia reservoir ci sono elevate pressioni e temperature.

estratto (e anche il gas) viene esportato e quindi si guadagna un po' di meno per guadagnare più a lungo.

Il calcolo dell'R/P è fatto ogni anno ma all'interno dell'anno possono esserci notevoli variazioni.

Nel caso del petrolio i Paesi produttori consumano poco petrolio e ne esportano molto. Gli USA anno avuto una produzione costante per molto tempo ma recentemente si è avuta una crescita della produzione del loro petrolio. Per quanto riguarda l'Africa sta aumentando la produzione e anche in parte il consumo (questo è sintomo di sviluppo). Il grosso del petrolio consumato a livello mondiale è nell'Asia Pacific, soprattutto Cina e India. L'Europa si mantiene costante in termini di produzione ma presenta una piccola contrazione in termini di consumo. Questo può essere considerato positivo dal punto di vista ambientale, si riduce il consumo di una fonte fossile non rinnovabile e inquinante, ma può anche essere indice di una crisi ormai pluriennale che l'Europa sta attraversando.

Il paese con la più alta estrazione pro capite di petrolio è l'Arabia Saudita mentre la Corea del Sud ha il più elevato consumo pro capite di petrolio.

Per quanto riguarda il consumo di prodotti di raffinazione, distinti tra distillati leggeri e distillati pesanti, si vede che il Nord America ha un consumo elevato di distillati leggeri mentre in Europa è elevato il consumo di distillati medio-pesanti. Quindi ci sono delle raffinerie che devono produrre prevalentemente distillati leggeri o distillati pesanti.

Al 2015

- i principali produttori sono Arabia Saudita, Stati Uniti e Russia (che hanno diverse disponibilità ma pressoché lo stesso rateo di produzione);
- i principali esportatori sono Arabia Saudita, Russia, Emirati Arabi, Iraq, Nigeria, Canada (verso gli USA), Kuwait, Venezuela, Angola e Kazakistan (new entry nel mondo del petrolio).
- I principali importatori sono USA, Cina, India, Giappone, Corea, Germania.

Nel 2008-2009

- Tra gli esportatori netti compare l'Iran, che ora non lo è più a causa dell'embargo, e la Norvegia (che poi ha deciso di ridurre la sua produzione).
- La Cina importava 175 Mt ma nel 2015 importava 300 Mt (più che duplicato le importazioni).

Le principali esportazioni verso il mondo sono dal Medio Oriente, Iraq, Iran, Giordania e Libano (che sono sul Mediterraneo). Un altro grande punto di esportazione è in Siberia verso l'Europa, verso le ex repubbliche sovietiche e la Cina.

Il petrolio leggero più importante è il Brent estratto offshore tra la Scozia e la Norvegia.

- Contenuto di zolfo: lo zolfo è nocivo per l'ambiente. Nel caso di petroli con alto contenuto di zolfo si parla di **petroli acidi (sour)**, lo zolfo si combina con l'acqua e dà luogo all'acido solforico. Un petrolio con basso tenore di zolfo è detto **dolce (sweet)**. La classificazione è:
 - Dolce $S < 0,5\%$
 - Medio acido $0,5\% < S < 1,5\%$
 - Acido $S > 1,5\%$

Un petrolio leggero e dolce è un petrolio di ottima qualità.

I petroli di riferimento con cui si valuta il prezzo del petrolio nel mercato sono il **Brent** per il mercato europeo e il **WTI (West Texas Intermediate)** per quello Americano. Sono i petroli migliori e che sono quindi diventati il riferimento per tutti gli altri (Arabian extra-light, Arabian light, Arabian medium, Arabian heavy, ...).

Il valore del petrolio è calcolato in base alla quantità di gasolio o di diesel che si può produrre da esso. A titolo di esempio dal Brent si può distillare il 5% di gasolio, il 26% di diesel con basso tenore di zolfo in accordo con le richieste dell'industria automobilistica; il resto lo si può convertire in GPL, nafta e kerosene; è preferita la conversione in nafta. Per confronto dal Djeno Melange, prodotto in Nigeria si ottiene l'1,5% di gasolio e il 22% di diesel.

Le oscillazioni del prezzo del petrolio sono influenzate da criticità geopolitiche ed economiche. Nel 2016 si raggiunge un minimo di 48,90 dollari legato ad una sovrapproduzione del petrolio. Grazie alla mediazione della Russia si è avuta una regolazione delle estrazioni e quindi un aumento del prezzo del petrolio. L'Iran ha rifiutato di adeguarsi a queste politiche e continua ad estrarre molto.

3.5 Ciclo di vita di un giacimento petrolifero

Il ciclo di vita di un giacimento petrolifero si compone di diverse fasi:

- *Valutazione di aree e bacini*, in cui si fanno rilievi non invasivi e modellazioni geologiche per individuare quali sono le aree che possono ospitare delle rocce reservoir. Parallelamente a queste procedure si avviano anche quelle amministrative-burocratiche per ottenere i diritti su quelle aree per poter fare poi le estrazioni. Questo per recuperare tempo prezioso.

Questa gobba modifica la regolarità della massa e quindi il valore della gravità puntuale sarà diverso. Questo metodo però non ha la stessa affidabilità del precedente, tuttavia fornisce delle indicazioni.

3.5.2 Fase di perforazione o drilling

In questa fase non si ha produzione. Si realizzano solo dei fori nel terreno. Le macchine utilizzate in questa fase sono completamente diverse da quelle utilizzate nella fase di produzione.

È una fase pericolosa perché non si sa cosa si incontrerà effettivamente durante lo scavo ma si ha solo una vaga idea grazie ai modelli. Un rischio di tipo finanziario è quello di non trovare nulla. Se si trova qualcosa si può avere un rischio tecnologico perché il petrolio potrebbe essere ricco di zolfo ad altissima pressione e che quindi va controllato. Una seconda possibilità è quella di trovare gas ad altissima pressione ricco di zolfo. Lo zolfo in entrambi questi casi si trova nella forma dell'acido solfidrico (H_2S) che uccide in pochissimi minuti se inalato. Se lo si trova questo costituisce una ulteriore complicazione in quanto va opportunamente trattato e rimosso in sicurezza. Ad esempio i giacimenti di gas in Italia non hanno acido solfidrico.

Altri problemi possono sorgere dalla natura delle rocce che si stanno scavando che possono essere o troppo dure o troppo friabili ed è un problema in entrambi i casi.

Quindi questa fase è tecnologicamente molto impegnativa rispetto a quella di produzione che è molto più semplice perché è tutto noto e si aspetta solo che l'idrocarburo esca. Ovviamente è opportuno mettersi nelle condizioni di produrre come nel caso offshore.

3.5.2.1 Perforazione onshore (su terra ferma)

È più semplice da realizzare rispetto a quella offshore, che sarà analizzata al §3.5.2.2. Si usa una torre centrale con all'interno tutte le macchine necessarie. Il castello, ovvero l'intelaiatura è detta **derrick**, struttura tubolare che serve per sostenere tutte le attrezzature utilizzate nella perforazione. Un'altra struttura è detta **must** ma non è molto utilizzata.

All'interno del derrick è appeso un gancio che a sua volta sostiene una struttura alla quale è agganciata un'asta. L'asta viene messa in rotazione e al fondo dell'asta c'è uno **scalpello** che ruotando crea il foro nella roccia. Inizialmente, per imprimere il movimento rotatorio si utilizzava una asta a sezione quadrata detta **kelly** che veniva inserita nella **rotary table**, tavola che a sua volta era collegata ad un motore esterno mediante una opportuna trasmissione che mette in rotazione la tavola. La tavola, ruotando, trasmette il moto al kelly che, da sotto, è filettato e avvitato alla prima di

conferito dalla rotary table. Sono molto suscettibili all'usura e sono realizzati in carburo di tungsteno. Sono impiegati per le rocce più morbide.

- **Scalpellini in diamante naturale**, non semplici da realizzare.
- **Scalpellini con denti in diamante sintetico PDC (Polycrystalline Diamond Compact)**. Non sono molto grandi, quindi si asporta poco materiale. Inoltre risente alle alte temperature (600-700°C sono sufficienti per degradarlo in grafite) sviluppate in presenza di rocce abrasive.
- **Scalpellini con denti in diamante sintetico TSP (Termally Stable Polycrystalline)** che sono stati stabilizzati e che riescono a resistere a temperature più elevate senza degradarsi.
- **Scalpellini con denti impregnati** di materiale duro che sono usati per le rocce più dure.

Alcuni scalpelli realizzano una sorta di carotaggio che, soprattutto nelle fasi iniziali può essere molto importante per analizzare la composizione della roccia.

Un altro elemento chiave della perforazione sono i **fanghi**, acqua appesantita con **bentonite**. I fanghi sono pompati dall'alto all'interno delle aste che sono tutte, incluso il kelly, cave. I fanghi sono pompati ad alta pressione e giungono fino allo scalpello che presenta degli ugelli in prossimità dei denti. La fuoriuscita del fango dall'ugello serve per molteplici scopi.

- *Riportare in superficie i residui di perforazione*. Questo è fondamentale per ottenere importanti informazioni su cosa si sta perforando. Il fango risale nello spazio fra l'asta e il foro. La pressione è elevata (300 bar). Arriva sul derrick, viene raccolto ed esaminato. Passa su un **vibroaglio**, un setaccio che elimina l'acqua dai detriti. Questi frammenti vengono analizzati per capire la natura dello strato che si sta perforando, la sua composizione, quanto si è lontano dal reservoir ecc. Quando il fango torna su più velocemente, oppure quando quello presente nelle vasche gorgoglia a causa del gas, ci si accorge di essere arrivati al giacimento. Inoltre dall'analisi del fango si risale allo stato dello scalpello.
- *Ostacolo al franamento del pozzo*: le rocce possono essere dure o molto friabili. In questo caso le pareti collassano e vanno a riempire il foro che invece deve essere pulito. Il fango nella sua risalita tiene in posizione le pareti del foro grazie alla sua elevata pressione.
- *Blocco della ricaduta dei detriti quando si arresta la sua circolazione*: quando la trivellazione si ferma e il fango non viene più pompato, tutto rimane teoricamente in equilibrio. Tuttavia i detriti all'interno del fango tendono a

bocca del pozzo. Questo primo casing è martellato all'interno del terreno ed è detto **tubo guida.** Viene montato lo scalpello dal diametro maggiore e si scava oltre i primi 90 centimetri all'interno del tubo guida fin quando non è necessario sostituire lo scalpello oppure ci si arresta perché si è trovato un acquifero (tipicamente sono molto superficiali, il contatto con le falde acquifere va evitato perché i fanghi possono inquinare) e si inserisce un secondo casing di diametro inferiore al precedente. Si inserisce il nuovo scalpello e si riprende la perforazione, ad ogni cambio di scalpello si introduce un nuovo casing di diametro sempre più piccolo (si realizza una struttura telescopica). Il casing può ripartire da dove si è fermato l'ultimo casing precedente (in questo caso si parla di **lining**) utilizzato per i pozzi molto profondi e offshore. Il casing vero e proprio invece riparte sempre dalla superficie del pozzo.

Quando si arriva all'ultimo passaggio si è inserito l'ultimo casing. Si continua a pompare fanghi, ma questo non può essere eseguito all'infinito. Si procede quindi alla fase di cementazione: si pompa un cemento a presa rapida che si inserisce nell'intercapedine tra le pareti del foro interna e la parete esterna del casing, tappando tutti i buchi ed evitando la risalita degli idrocarburi che può comportare esplosioni oltre alla perdita di quello che si vuole vendere. Sul fango si fa scendere un tappo a tenuta che va a contatto con le pareti interne del casing. Esso separa il fango dal cemento. Il calcolo del cemento è fatto dall'ingegnere del cemento che calcola il volume compreso tra il foro e il casing. Calcolato il volume di cemento da impiegare si inietta il cemento e poi si inserisce un secondo tappo che differisce dal precedente.

Cosa accade durante queste operazioni. Schematizzando si ha fango, tappo, cemento o malta, tappo, altro fango. Si continua a pompare, il fango esce attraverso la luce tra casing e parete del foro tornando su fin quando il primo tappo arriva sul fondo del pozzo. Questo tappo ha una membrana che si rompe quando esso arriva in fondo al pozzo e il cemento continua a premere sul tappo. La rottura della membrana fa sì che il cemento risalga attraverso la stessa luce da cui è uscito il fango. Se il calcolo del cemento è corretto, quando il secondo tappo arriva sul fondo del pozzo tutto il cemento ha riempito l'interstizio in cui si è infilato senza perdite. Il pozzo a questo punto è cementato. Il secondo tappo non si può rompere. I fanghi che si stanno continuando a pompare non riescono più a defluire perché tutto è stato sigillato. A questo punto si smette di pompare i fanghi. Si è ottenuto un foro con un casing cementato. Queste operazioni vengono ripetute ad ogni cambio di scalpello e ad ogni inserimento di casing. Quando non si è ancora giunti al reservoir il secondo

Durante la perforazione possono accadere diversi tipi di incidenti.

- *Perdita di circolazione dei fanghi*: si incontra uno strato di roccia molto friabile, il fango la disgrega e viene disperso al suo interno non risalendo più in superficie e di conseguenza si perdono le informazioni contenute nei detriti presenti in esso; inoltre non è positivo fratturare la roccia in quanto possono verificarsi delle subsidenze e collassi. Appena ci si rende conto che il fango in risalita ha una pressione inferiore a quella prevista o ne risale di meno, si può supporre che è in atto una perdita di circolazione e si devono mettere in pratica tutta una serie di misure per evitare questa frattura della roccia e la conseguente perdita di circolazione dei fanghi. Infatti tipicamente non si vuole fratturare la roccia tranne in particolari occasioni, come ad esempio nel caso degli idrocarburi non convenzionali dove ci sono rocce dure con pochi pori, e lì si vuole mettere in comunicazione tra di loro mediante il fracking.
- *Prese di batteria*: la batteria rimane incastrata dentro il foro. Questo può essere dovuto a diversi motivi (la batteria non è ben avvitata oppure la roccia ha una natura collosa che deforma la batteria facendola incastrare). Il punto in cui la batteria rimane incastrata si chiama **pesce** e i metodi di disincaglio sono detti di **pesceggio**. Si cerca di utilizzare un argano che sta sopra al derrick per tirare la batteria. Se non funziona si cerca di svitare la batteria fino al punto in cui si ha il pesce e si cerca di disincastrare con dei ganci o dei magneti. Infine si può ricorrere al **side tracking** che è l'ultima spiaggia in quanto è il metodo più costoso. Consiste nel creare un foro parallelo al primo e arrivare fino al punto in cui si ha il pesce; talvolta si utilizza lo stesso foro fin quando è possibile e poi si devia arrivando al pesce lateralmente. Questa è una delle operazioni che si possono fare in simultanea durante la produzione. Il problema è riuscire a scavare in una direzione diversa da quella verticale. Solo recentemente sono disponibili le tecnologie per una **perforazione direzionata** secondo delle curve predeterminate. Questa necessità è anche una esigenza legata allo sfruttamento dei pozzi più difficili da sfruttare. Questa tecnica è usata soprattutto nell'offshore in cui si utilizza una sola piattaforma per realizzare diversi pozzi dalla stessa posizione al fine di sfruttare al massimo il giacimento con il minimo movimento della piattaforma. Per realizzare questa trivellazione direzionata si installano i motori direttamente sugli scalpelli. Diventa essenziale anche l'alimentazione di questi motori e quindi tutti i cavi che servono per il collegamento dei motori alla rete elettrica.

pozzo e il BOP sono installati sulla piattaforma. Il BOP si usa nel drilling mentre in generale è assente in fase di produzione.

- **Navi di perforazione:** usate per le acque ultra profonde. Sono petroliere riconvertite che hanno un foro al centro dello scafo a tenuta all'acqua. All'interno di questo foro vengono collocati e calati tutti gli strumenti di perforazione e il foro è sovrastato da un derrick. Una delle complicazioni del fatto di perforare offshore è quella di doversi portare tutti gli strumenti e le attrezzature necessarie (fanghi, cemento, barre, scalpelli, casing, teste pozzo, BOP, ecc.) che sono pesanti e ingombranti. I rifornimenti sono effettuati con dei **vessels**, piccole barche, ma queste operazioni sono sempre critiche. Si devono attendere le condizioni climatiche favorevoli perché si sta trasportando materiali tossici, infiammabili o pesanti. Quindi la piattaforma offshore in generale deve essere il più possibile autonoma.

Gli impianti del mediterraneo sono più piccoli rispetto a quelli del Mare del Nord o del Pacifico. Inoltre può accadere che gli impianti di produzione siano comunque dotati di un derrick di perforazione questo nei grandi impianti di produzione.

Può succedere che sugli impianti di produzione sia necessario avere anche i dispositivi per la perforazione, quindi la piattaforma di perforazione deve essere vicina a quella di produzione ed in caso di bisogno le due piattaforme si accoppiano. Questo momento è molto delicato e pericoloso perché la piattaforma di produzione è abbastanza sicura (del giacimento si sa tutto) mentre quando si perfora ci sono sempre dei rischi (parti rotanti, elementi pesanti, giacimento poco noto) che praticamente si traducono in una fuoriuscita incontrollata di idrocarburi. Questa fase in cui le due piattaforme lavorano contemporaneamente è detta **operazione simultanea** ed è regolata con opportune normative.

3.5.3 Fase di produzione

Dopo aver cementato il pozzo si chiama la compagnia di estrazione che valuta quando è il momento di mettere in produzione il giacimento. La prima cosa che si deve fare è contattare una terza compagnia che è specializzata nel **completamento del pozzo**. Il completamento del pozzo è l'operazione che collega il pozzo alla piattaforma di produzione per consentire la risalita a giorno degli idrocarburi. Si utilizzano delle cariche esplosive che sono accuratamente studiate per demolire il casing e il cemento e poco oltre la roccia. Inoltre si crea una infrastruttura per la risalita degli idrocarburi. Ci sono quattro possibilità:

Devono essere eliminate le sostanze tossiche e corrosive che possono danneggiare i tubi che si trovano subito dopo il christmas tree e quindi si riduce la loro vita utile (caso Kashagan).

Alcuni giacimenti producono prevalentemente gas e quindi in questo caso il gas va separato dall'olio.

Ci sono quattro tipologie di giacimento da cui derivano quattro diversi meccanismi di fuoriuscita naturale con cui si estrae al massimo il 40% del petrolio del giacimento.

- **Solution gas drive:** prevalentemente olio con gas disciolto. Il gas si espande prima dell'olio a contatto con la pressione ambiente e questa espansione spinge l'olio all'interno dei tubi; in parte anche l'olio si espande perché è anche esso in pressione ma la sua espansione è più contenuta rispetto a quella del gas perché è un liquido. Il gas in soluzione fa da forza motrice per spingere l'olio all'interno dei tubini di produzione.
- **Gas cap drive:** il gas è separato dall'olio. Si incontra prima il gas e poi l'olio. Con la perforazione si giunge fino alla zona dell'olio, il gas è stato messo in contatto con l'ambiente esterno e si espande andando a schiacciare l'olio sottostante che viene quindi convogliato all'interno dei tubini di produzione. Non si deve perforare solo nella zona dell'olio altrimenti risulta essere più difficile realizzare la comunicazione del gas con l'esterno, quindi il drilling è interno alla regione del gas. Se ci si ferma prima della zona dell'olio il gas si espande e risale solo gas perdendo la possibilità di far uscire il petrolio naturalmente.
- **Water drive:** il gas è poco presente ma c'è molta acqua. L'acqua sta sotto l'olio e può spingere l'olio grazie ai movimenti degli acquiferi. Questa situazione è più rara delle precedenti.
- **Gravity drainage:** è il meno efficace. Consiste nel trascinarsi dell'olio da parte del gas, dovuto alle differenze di densità tra gas e olio, lungo le parti inclinate: il gas tende a risalire verso l'alto e rimpiazza l'olio che si porta in basso dove incontra il tubino di produzione e viene da esso raccolto e riportato in superficie.
- **Mixed drive:** combinazione di due o più dei meccanismi precedenti.

Il meccanismo naturale, detto **produzione primaria**, che permette di far risalire l'olio viene individuato nella fase di drilling quando si realizza il carotaggio per capire la stratificazione del giacimento e pianificare la profondità del drilling.

Il restante 60% viene estratto con altri metodi.

costruito separatamente dal top side e vengono accoppiati offshore. Il basamento viene affondato e sopra è fatto scorrere il top side. Le zampe vengono fatte risalire e viene poi trasportata fino al punto di produzione. Nelle zampe ci sono i tubini di produzione che risalgono tutto il basamento.

- **Piattaforme compliant** (tra 500 e 900 metri): sono piattaforme “adattabili”. La travatura è costituita da un jacket molto lungo perché arriva fino al fondo dei mari abbastanza profondi (600 metri) e si ancora ad esso. La struttura non è rigida ma si flette leggermente per assorbire gli forzi e limitare le tensioni dovute alle correnti ed ai venti. In questo senso si adatta. La prima parte del jacket, quella sul fondo del mare, è rigida e solida mentre la parte più superficiale è più flessibile. Tra le due parti c’è uno snodo che consente alle due parti di muoversi l’una rispetto all’altra, inoltre lo snodo è tale che le oscillazioni della parte flessibile siano le meno ampie possibili e che non entrino in risonanza amplificando le oscillazioni dovute alle correnti.

3.5.4.2 Piattaforme semisommersibili

Le teste pozzo sono sul fondo del mare, il collegamento tra pozzo e piattaforma è realizzato col riser.

- **TLP (Tension Leg Platform, da 500 a 2100 metri):** piattaforma non fissa usata per i fondali molto profondi. La parte superiore a pelo d’acqua è molto simile alle strutture semisommersibili delle piattaforme di drilling. Ha dei grandi galleggianti che le consentono di muoversi autonomamente e una volta giunta in posizione, di ancorarsi sfruttando le **tension leg**. Le tension leg sono dei cavi molto robusti che vengono ancorati al terreno o appesantendoli con dei grossi cilindri di cemento infissi nel terreno oppure con delle ventose metalliche. È idonea per fondali molto profondi perché è sufficiente avere i cavi della giusta lunghezza. La TLP giunge autonomamente in posizione e viene leggermente affondata, quindi la si ancora e in seguito riemerge in parte tendendo i cavi che consentono così di mantenere la posizione. Sono molto diffuse nel Mare del Nord o nel golfo del Messico. Non ci sono volumi per lo stoccaggio dell’olio o del gas estratto, l’olio (o il gas) viene in parte processato e separato dagli inquinanti e in seguito è spedito a terra con una pipe line (**sea lines**) che dalla piattaforma ridiscendono nel mare e arrivano alla costa più vicina dove è presente un impianto di raffinazione dell’olio (analogamente nel caso del gas, che però non va raffinato ma solo pulito e distribuito). Le sea lines sono

3.5.4.3 Goliat

FPSO che collega le teste pozzo sottomarine, costruita in Corea ed è installata nell'Artico. Ci sono dei moduli abitativi. È rotonda perché nel mare Artico i venti sono molto violenti e quando è necessario realizzare il trasbordo da Goliat alla petroliera non è sempre noto con precisione qual è il punto migliore per l'attracco della petroliera, quindi essendo rotonda ogni punto va bene per compiere le operazioni necessarie. La sua forma è legata alle avversità climatiche del luogo in cui opera. Inoltre la produzione di elettricità non avviene a bordo, quindi non ci sono i motori, ma è alimentata con un cavo ombelicale dalla Norvegia. La realizzazione del cavo e il suo srotolamento hanno costituito un notevole problema ingegneristico.

3.6 Impianti e sistemi presenti sulla piattaforma

Ci sono impianti di supporto al **processo primario** che è quello di separazione del petrolio (o del gas) da acqua, inerti, sostanze tossiche e corrosive, gas (olio). È richiesto un sistema di generazione di potenza elettrica per alimentare tutte le utenze presenti a bordo. Impianti di trattamento del gas per l'alimentazione delle turbine usate per la generazione di potenza; impianti per l'iniezione di sostanze chimiche all'interno delle condotte che riducono gli effetti della corrosione o della temperatura; impianti di separazione del glicole e relativo serbatoio, si ricorda che il glicole è utilizzato per la separazione dell'acqua dall'idrocarburo. Serbatoi per lo stoccaggio del gasolio di alimento dei diesel di emergenza; impianti di aria compressa per il funzionamento di valvole e attuatori e BOP. Le ganasce del BOP possono essere attivate in svariati modi differenti (ridondanza per la sicurezza) e uno di questi è di tipo pneumatico il che implica l'uso di aria compressa. Impianti di raffreddamento, di pescaggio e trattamento dell'acqua marina ma non per i lavoratori. Viene resa potabile (per i casi di emergenza). Raccolta delle acque reflue e delle acque nere che non possono essere direttamente sversate nel mare ma richiedono un certo trattamento. Impianto di generazione di azoto, usato al posto dell'aria compressa.

Tra i sistemi di sicurezza troviamo sia sistemi di back up per far fronte alle emergenze, batterie tampone che alimentano il sistema nel frattempo che si avviano i diesel di emergenza; sensori, sistema di protezione incendio attiva e passiva. Sistemi di evacuazione del personale (scale e lance di salvataggio), le lance sono già inclinate verso il mare e sono tenute in posizione fin quando tutto va bene. I sensori rilevano fughe di gas e di acido solfidrico soprattutto nei pressi delle teste pozzo. Sistemi di compressione e pompaggio. Sale controllo poste nel modulo di alloggi

3.8 Trattamento del petrolio

Come precedentemente accennato, le piattaforme sono munite di impianti per il trattamento del petrolio (o del gas). Si è anche detto che, tra le sostanze che si devono separare, c'è l'acqua (che può costituire una frazione significativa del fluido estratto) e che per farlo viene utilizzato il glicole. Quest'acqua è comunque sporca dal momento che è stata a contatto con gli idrocarburi e quindi non può essere sversata direttamente in mare.

Ci sono tre diversi impieghi per cui può essere usata questa acqua:

- depurata e resa utilizzabile per scopi civili;
- trattata e scaricata nel mare;
- re-iniettata nello stesso pozzo per favorire la fuoriuscita del petrolio.

Esistono delle normative che regolano questi sversamenti e limitano le concentrazioni di inquinanti che l'acqua deve contenere al fine di poter essere riversata. Tali normative operano sia a livello Nazionale che a livello Europeo.

Il regolamento Europeo, emanato nell'ambito della Commissione OSPA (Oslo-Parigi) prevede un valore limite della concentrazione di olio presente nell'acqua di sversamento pari a 30 mg/l giorno. L'approccio seguito dagli USA è leggermente diverso: il limite massimo giornaliero è di 42 mg/l tuttavia la media mensile deve essere al di sotto dei 29 mg/l. Quindi c'è la possibilità di sfiorare rispetto ai livelli europei per pochi giorni al mese per motivi tecnici.

Inoltre in tutte le aree costiere non è consentito lo scarico delle acque di separazione perché la massa di acqua non è tale da diluire adeguatamente gli inquinanti. In questi casi le acque sono caricate su una nave cisterna che le porta a terra dove verranno trattate, oppure si utilizza una pipeline che collega la piattaforma alla terra.

[Attaccate alle gambe del jacket di una piattaforma c'è la possibilità che si formi una certa fauna marina (cozze e molluschi), in quanto sono il sito preferenziale di attacco e proliferazione di questi organismi. Queste cozze sono più pulite delle altre perché la qualità dell'acqua è costantemente monitorata e tenuta sotto controllo, soprattutto nel caso di impianti che estraggono gas poiché gli sversamenti incontrollati di olio sono poco probabili. Inoltre, nel caso dell'Italia, i pozzi sono tutti abbastanza vecchi quindi la loro produzione non è elevata (appena pochi bar di differenza di pressione) e questo riduce ulteriormente i rischi.]

- Aumento della pressione (pressione statica) che favorisce la rimozione delle incrostazioni.
- Uso di sostanze chimiche: in particolare si usano solventi che sciolgono la paraffina ma che presentano lo svantaggio di dover essere successivamente separate prima della raffinazione del petrolio e quindi comportano un dispendio di tempo denaro ed energia.
- Sistemi termici: prevedono il riscaldamento dei tratti di tubo soggetti al fenomeno al fine di sciogliere la cera. Sono poco usati perché molto costosi e di difficile attuazione pratica in quanto non si conosce il punto esatto in cui si è formato il tappo, soprattutto in quelle sottomarine, e non è proponibile il riscaldamento di tutta la pipeline.

Una cosa da evitarsi è l'invio dei **pig** per la rimozione dei tappi di cera. Dei pig si parlerà diffusamente con riferimento alle pipeline del gas. Per adesso si dice che sono delle apparecchiature non dotate di motore inserite nei tubi per la loro pulizia interna e controllo. Se il pig incontra un tappo di cera, esso si ferma in quanto il suo moto è assicurato dal flusso del fluido. Pertanto si ha un doppio danno economico perché si perde sia il pig che il tubo che va a questo punto tagliato e sostituito.

Il nome pig deriva dal fatto che in passato si utilizzavano degli scovolini per la manutenzione dei tubi che trasportavano il gas di città (prodotto dal carbone e costituito da una miscela di gas tra cui idrogeno e monossido di carbonio). Il gas di città possiede un basso potere calorifico e non è molto pulito, di qui la necessità di pulire i tubi internamente dalle incrostazioni formatesi a causa della presenza di componenti pesanti. Il rumore fatto dagli scovolini impiegati ricordava il grugnito di un maiale, da cui il nome pig.

3.10 Trasporto del petrolio

Le principali infrastrutture per il trasporto del petrolio verso l'Europa provengono dalla Russia (Siberia ovest) dove ci sono molti giacimenti di gas e di petrolio. La pipeline più importante è quella di **Druzhba** che attraversa Russia, Bielorussia, Germania verso l'Italia.

I porti per la ricezione del petrolio europei sono di importazione, con l'esclusione di quelli Russi che sono di esportazione. Il petrolio è trasportato via mare con le petroliere che possono attraversare lo stretto di Istanbul nel mar Nero che è molto pericoloso.

In Italia i porti di importazione sono in Sicilia (Augusta), Taranto, Genova, **Trieste**. Dal porto partono le pipeline che si dirigono verso il nord Europa, altre invece portano il

3.12 Sintesi delle cose da sapere sul petrolio

Dal 1995 al 2015 le riserve sono in aumento.

MACROAREA GEOGRAFICA	PERCENTUALE PETROLIO	GIACIMENTI
Medio Oriente	47,30%	
Sud e Centro America	19,40%	
Nord America	14%	
GEOGRAFICA		
Medio Oriente		75
Sud e Centro America		120
Africa		40

Tabella 1: principali giacimenti di petrolio (2015)

Tabella 2: rapporto R/P per il petrolio (2015)

In media a livello mondiale rimangono poco più di 50 anni di riserve ai tassi di estrazione del 2015.

PAESI PRODUTTORI	PAESI ESPORTATORI	PAESI IMPORTATORI
Arabia Saudita	Arabia Saudita	Stati Uniti
Stati Uniti	Russia	Cina
Russia	Emirati Arabi Uniti	India
Canada	Iraq	Giappone

Tabella 3: principali Paesi produttori, esportatori, importatori (2015)

La Cina usa quasi la stessa quantità di distillati leggeri e medi, l'Europa consuma molti distillati medio-pesanti mentre gli USA prevalentemente distillati leggeri.

PAESE	PERCENTUALE
Ex Urss	37,20%
Iraq	14,20%
Arabia Saudita	8,90%
Libia	5,30%
Egitto	4,10%
Algeria	3,90%
Nigeria	2,40%
Altri	24%

Tabella 4: Paesi da cui l'Italia importa petrolio (2015)

La produzione italiana di idrocarburi ammonta a 5,455 migliaia di tonnellate (2015).

4) GAS NATURALE

4.1 Generalità sul gas naturale

Dal 1995 al 2015 le riserve di gas naturale sono in aumento. Sono state scoperte nuove riserve e nuovi giacimenti sfruttabili. Non tutte queste nuove scoperte sono rappresentate da giacimenti semplici da sfruttare perché questi sono stati scoperti e sfruttati decine di anni fa. In linea di massima queste nuove scoperte sono più complicate da sfruttare e quindi anche più costose. Sono giacimenti offshore. I giacimenti onshore sono tendenzialmente più semplici quando sono convenzionali. Al 2015 oltre il 40% del totale delle riserve è collocato nel Medio Oriente, una buona parte, 30%, in Europa-Eurasia e di questo il grosso è in Eurasia (Russia ed ex Urss); l'Eurasia produce mentre l'Europa importa. Asia Pacific, Africa e Nord America hanno pressoché le stesse riserve. C'è un incremento del potenziale da parte degli USA a cui corrisponde un aumento di consumi.

Dal punto di vista R/P al 2015 si ha che il Medio Oriente ha la massima disponibilità di risorse ai ratei di estrazione attuale ma sono in rapida diminuzione rispetto al 1985. Infatti l'uso del gas naturale come fonte energetica è molto recente in questa area, questo perché inizialmente il gas naturale era considerato un elemento indesiderato nei giacimenti di petrolio. Nel mondo restano 75-80 anni ai tassi attuali. L'Africa ha un aumento della produzione e il rapporto R/P diminuisce nonostante la scoperta di nuovi grandi giacimenti di gas. Il gas naturale è considerato l'alternativa ecosostenibile al carbone in molte attività, infatti da esso si può produrre elettricità (il petrolio invece non è usato per la produzione elettrica se non per i motori diesel di emergenza, in quanto è usato per i trasporti). Il gas naturale non è in forte competizione con il petrolio mentre lo è con il carbone ed è più pulito (ha meno zolfo e produce meno anidride carbonica). Pertanto potrà aiutare a raggiungere i vincoli e i target ambientali; un aumento di domanda di gas comporta anche un aumento della produzione.

In Europa-Eurasia viene prodotto molto gas naturale e ne viene consumato altrettanto. Tuttavia c'è un commercio all'interno di quest'area: l'Eurasia produce ed esporta all'Europa che produce poco e consuma molto. Anche nell'Asia Pacific la produzione è in Indonesia e le importazioni sono verso la Cina e il Giappone. Per quanto riguarda la Cina essa importa molto poco gas perché ha il carbone che viene prodotto internamente a basso costo. Di gas interno ce n'è poco e costa di più rispetto al carbone, quindi al momento non ha interesse al commercio del gas.

naturale da pipeline (la maggior parte dalla Russia) e quindi non molto LNG. Comunque la quota di LNG importata andrà ad aumentare nel tempo perché, per motivi geopolitici, la dipendenza da un unico paese può essere causa di seri problemi nel momento in cui ci sono guasti o inconvenienti sulla linea o appunto tensioni tra gli stati. Quindi è importante avere diversi fornitori alternativi, oltre al principale. Questo è conveniente farlo con dell'LNG perché i tubi sono dei collegamenti rigidi mentre le navi metaniere possono partire da qualunque porto che sia dotato di un liquefattore. La capacità di ri-gassificazione delle nazioni europee andrà ad aumentare. Si dovranno superare problemi di coibentazione delle navi metaniere che devono tenere il gas a $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$ per avere la fase liquida. Si prevede che il Qatar diminuirà col tempo il suo ruolo di leader nell'LNG che sarà preso dall'Australia; un altro paese che vedrà un aumento del suo contributo sono gli USA che proveranno ad esportare le loro risorse non convenzionali ai loro clienti più lontani via nave (LNG).

L'Europa invece sarà un importatore sempre più avaro.

Il prezzo del gas per il Giappone è più elevato di tutti perché è LNG che costa di più perché è stata spesa energia per la liquefazione.

Ci sono meno navi metaniere rispetto alle petroliere e quindi la maggior parte dei trasporti a livello mondiale è realizzata tramite delle pipeline su distanze più brevi in zone limitrofe. Dal Qatar partono solo metaniere, così come per l'Indonesia e per Trinidad. Dal Nord Africa (Algeria Libia ed Egitto che hanno grandi liquefattori, ma esportano anche via tubo) si esporta ancora LNG mentre la Russia esporta prevalentemente via tubo (partono dei mazzi di tubi verso l'Europa).

Nel passaggio dal 2014 al 2015 si vede che l'area Asia Pacific OECD (Australia e Giappone) vede una netta diminuzione di importazione di LNG perché il Giappone ha riattivato alcuni reattori nucleari, anche a causa dell'elevato costo del gas LNG.

4.2 Gas naturale in Italia

L'Italia ha una ricca storia per quanto riguarda il gas. Ci sono numerose piattaforme offshore ma anche onshore. Il grosso è stato estratto in passato (anni 1940-1950). Le prime indagini per verificare la presenza del gas naturale sono state fatte nei primi anni 40. Nonostante la guerra, si è usato molto acciaio per la costruzione dei tubi che avrebbero dovuto trasportare il gas verso Milano dalla pianura padana. Inizialmente si era installato un anello tutto intorno a Milano allo scopo di sostituire il gas di città ottenuto a partire dal carbone. Dopo la guerra è iniziato l'ampliamento

- Gela

anche essi sono solo delle entry point; probabilmente tra poco ci sarà il TAP che arriva a Merendugno (Puglia).

L'unica regione italiana che non è ancora dotata di gasdotti è la Sardegna ma ci sono dei progetti in atto. Si vuole metanizzare la Sardegna con il piccolo LNG (piccole navi metaniere).

Il gas è arrivato dopo al sud perché si doveva attraversare il Po che ha un alveo ampio e profondo e quindi ha costituito un serio problema ingegneristico.

4.3 Rete del gas

La rete del gas è costituita da vari elementi. Ci sono le condotte, impianti sulle linee e punti sulle linee oltre alle centrali di compressione.

4.3.1 Condotte

In Italia le condotte sono continuamente posate per aumentare la capacità di importazione e la stabilità della rete. I riferimenti normativi sono due leggi, il **Decreto Ministeriale del 16/04/2008** e il **Decreto Ministeriale del 17/04/2008** (Regola tecnica per la progettazione, costruzione, posa in opera, esercizio e sorveglianza dei sistemi di **distribuzione** e di linee dirette del gas naturale per quanto riguarda il 16/04 e il **trasporto** per quello del 17/04). Quelle di trasporto hanno diametri e pressioni maggiori (17/04) mentre quelle di distribuzione presentano diametri e pressioni più piccole (16/04). Il trasporto ha pressione fino a 70 bar mentre la distribuzione ha pochi millibar di pressione relativa. Quindi cambiano le prove e le tecniche di realizzazione di queste diverse tipologie di condotte. Sono anche differenti i materiali e la loro composizione. Le condotte sono suddivise in sette classi.

1. Condotta di maggiore diametro e maggiori pressioni >24 bar
2. Da 12 a 24 bar
3. Da 5 a 12 bar
4. Da 1,5 a 5 bar
5. Da 0,5 a 1,5 bar
6. Da 0,04 a 0,5 bar
7. < di 0,04 bar

La pressione è intesa relativa.

Le prime tre sono gestite direttamente da SNAM.

Infine ci sono gli **impianti di miscelazione** che servono per ripristinare le caratteristiche chimiche del gas che viene immesso nella rete. Ciò è necessario perché il gas è importato da vari paesi e la sua composizione varia da paese a paese, mentre si vuole avere una composizione omogenea e certificata. Un primo passaggio che subisce il gas di importazione è il controllo della sua composizione che se non rispetta determinati canoni da contratto viene miscelato con un gas ottimo in modo da ripristinare le condizioni di contratto. Se ci sono differenze notevoli viene segnalato al fornitore. Negli impianti di miscelazione e in quelli di riduzione finale viene anche immesso l'odorizzante che non ha influenza sulle proprietà del gas e sulla sua composizione. Ne bastano poche gocce, non è tossico.

4.3.3 Punti sulle linee

Sono le valvole di intercetto e impianti per il lancio e la ricezione dei pig. Questi oggetti sono usati per la manutenzione delle pipeline. In questi punti la pipeline si apre ed è permesso l'inserimento del pig che non si muove grazie ad un motore ma per la sola presenza del flusso di gas. Dopo un certo numero di chilometri i pig vengono raccolti ed estratti.

4.3.4 Centrali di compressione

Si collocano lungo la dorsale e ripristinano la pressione nella pipeline che si riduce a causa delle cadute di pressione dovute all'attrito alle curve e agli spillamenti. Sono disseminate ad intervalli regolari di 150-200 km. Ci sono 11 centrali di compressione in Italia. Ci sono quattro compressori ognuno costituente un modulo per far fronte alle diverse necessità stagionali (in inverno la portata è maggiore che in estate). Il rapporto di compressione non è il rapporto tra la pressione di uscita e quella di ingresso perché il gas in arrivo alla centrale viene prima filtrato e quindi subisce una ulteriore caduta di pressione, e analogamente per la pressione di uscita che è un po' minore di quella che porta il compressore perché viene raffreddato dopo la compressione che comporta il riscaldamento del gas e il passaggio attraverso lo scambiatore di calore comporta una ulteriore caduta di pressione.

$$\beta = \frac{p_1 + \Delta p_m}{p_2 - \Delta p_a} > \frac{p_1}{p_2}$$

Quindi il apporto reale di compressione è maggiore di quello ideale. Ci sono anche filtri, scambiatori per l'inter-refrigerazione, dispositivi antiincendio, dispositivi di avvio dei compressori e altri ausiliari. Le centrali di compressione sono tutte gestite dal **centro di dispacciamento a San Donato Milanese**. La taglia dei compressori varia dagli 11 ai 25 MW e pompano fino a 70 bar.

Se tutto va per il meglio la prima operazione da fare è l'**apertura della pista**, che consiste nella eliminazione dello strato superficiale e lo si conserva, a differenza di quanto fatto per le miniere di carbone, perché poi la trincea viene richiusa in tempi molto più brevi. La pista è molto più ampia del diametro del tubo ed è profonda solo pochi metri. Una porzione della pista serve per il moto dei mezzi, l'altra per il deposito dei materiali. L'impatto ambientale è minimo rispetto a quello delle miniere open pit.

Lungo il percorso si individuano delle piazzole per depositare i tubi che saranno utilizzati per la pipeline, che vanno distribuiti lungo tutto il tracciato per velocizzare e agevolare le operazioni di posa in opera. Per il trasporto dei tubi si utilizzano vari macchinari che sono equipaggiati con ganasce e ganci che non devono in alcun modo danneggiare la superficie del tubo. Il tubo è rivestito da una guaina di protezione dagli agenti esterni (corrosione, umidità, correnti parassite). È fondamentale che questa guaina protettiva non venga danneggiata. La macchina più usata è il **side booms (trattori sfilatubo)** che lavorano in squadre.

I tubi vengono posizionati lungo il tracciato non saldati per vedere come fare per seguire al meglio il tracciato che in generale non è rettilineo. Alcuni tubi infatti potrebbero dover essere piegati con una opportuna **macchina piegatubo**. Questa operazione è molto delicata: il tubo viene riscaldato e piegato, se il processo non è svolto con cautela possono crearsi eccessive tensioni e quindi possibilità di frattura in seguito alla formazione di cricche.

La fase successiva è la **saldatura dei tubi** che avviene prima ancora dello scavo della trincea in cui saranno inseriti i tubi. La saldatura è prevalentemente meccanica, per velocizzare le operazioni. Prima di saldare la protezione in plastica viene rimossa alle estremità del tubo, quindi si procede alla saldatura del metallo. In alcuni casi speciali si può realizzare una saldatura manuale da operai specializzati di rifinitura o in casi di logistica particolare e per saldare tra loro tratti più lunghi di pipeline. Si usano delle "cassette" che hanno diverse finalità. In primis proteggono la saldatura dagli agenti atmosferici e consentono le operazioni anche in condizioni climatiche non favorevoli (pioggia, neve). Protegge l'area della saldatura dalle polveri e dall'inquinamento, infine protegge l'ambiente esterno dai fumi prodotti durante la saldatura che sono filtrati prima di essere rilasciati nell'ambiente. La saldatura è la parte più critica di tutta la pipeline. I tubi sono appoggiati su supporti di legno rivestiti da sacchi di iuta con sabbia all'interno per evitare il danneggiamento del rivestimento. Terminata la saldatura, questa viene controllata con delle radiografie (raggi gamma e raggi x) per verificare la continuità della saldatura. Il controllo va fatto lungo il tracciato e vale

per la posa in opera e per la manutenzione, quindi c'è un grande impatto ambientale ed economico. Se si realizzano delle curve (il percorso non è detto che sia rettilineo perché si devono seguire le zone più stabili della montagna), spesso il tubo è protetto da degli smorzatori che assorbono le vibrazioni.

4.4.2 Tecnologia trenchless

Si usa quando si devono attraversare strade ferrovie e piccoli corsi d'acqua. Ci sono due tecniche possibili, entrambe col vantaggio di evitare lo scavo di trincee e pertanto utili quando c'è acqua o quando si lavora in aree urbane. Sono usate anche per altre infrastrutture quali acquedotti, cavi della fibra ottica ecc.

- **TOC (Trivellazione orizzontale controllata)**: in realtà non è orizzontale ma parabolica. Ci si pone da un lato dell'ostacolo e si lancia una piccola **testa rotante** che scava un foro pilota che passa al di sotto dell'ostacolo riemergendo dall'altro lato dell'ostacolo. Precedentemente sono fatti studi di fattibilità. Realizzato il foro guida si lancia una seconda testa rotante di diametro uguale a quello del tubo da installare che allargherà il foro guida, con l'aiuto di fanghi misti a bentonite. Come terzo e ultimo passaggio si aggancia il tubo ad una tesa non rotante con la quale si tira il tubo attraverso il foro allargato. In questo modo si supera l'ostacolo.
- **Micro tunnelling**: si scavano due pozzi abbastanza ampi da consentire l'inserimento di macchine e dei tubi dalle due parti opposte dell'ostacolo. All'interno dei pozzi si scava in orizzontale. Per lo scavo si può usare una testa rotante o una **macchina spingi tubo**, se il terreno è molto soffice. La lunghezza dei tubi è minore di quelli utilizzati in superficie e quindi sono richieste maggiori punti di saldature.

4.4.3 Attraversamenti aerei

Come ulteriore possibilità per superare gli ostacoli suddetti è possibile realizzare ponti o sfruttare ponti già esistenti per ancorare i tubi del gas. I ponti possono essere rigidi o con semplici piloni.

4.4.4 Attraversamenti fluviali

Il tubo viene adagiato sul letto del fiume. Le tecnologie trenchless sono meno impattanti ma molto costose. Per questo motivo, quando non è economicamente conveniente si ricorre alla posa su fondali più o meno profondi. Ci si occupa in questo spazio dei fondali poco profondi (fiumi o laghi). Il tubo già piegato è mosso con i side booms. La piega è dovuta alla necessità di dover assecondare la discesa e

4.5 Grandi gasdotti che alimentano l'Italia

4.5.1 Transmed

Nasce ad Hassi 'R Mel in Algeria che collega i campi secondari a questo grande campo. Da qui ci sono quattro rami. Uno che attraversa lo stretto di Gibilterra e rifornisce Spagna e Portogallo. Due canali arrivano in due porti diversi (**Skikda** e **Arzew**) che sono dotati di impianti di liquefazione per l'esportazione ad altri paesi dentro e fuori il Mediterraneo. Il quarto ramo è il Transmed che attraversa la Tunisia e il Mediterraneo fino a Mazara del Vallo. Da qui il Transmed attraversa tutta la Sicilia e lo stretto di Messina e risale tutta l'Italia fino alla Pianura padana.

4.5.2 Gas dal Nord Europa

È il gas norvegese, inglese, danese e olandese che arriva a passo Gries. La difficoltà è l'attraversamento delle Alpi. Si scavano le gallerie come detto precedentemente. Ci possono essere anche notevoli pendenze perché il percorso non è né rettilineo né sulla stessa quota per seguire i tratti più stabili della montagna.

4.5.3 Gas dalla Russia

Arriva dal Tarvisio dove la roccia è di natura carsica, dunque friabile e questo complica le cose. Inoltre ci sono molti fiumi e laghi che devono essere attraversati. Per consolidare il terreno si realizzano piccole gallerie in cui si possono infilare delle attrezzature. I tubi, quando devono essere trasportati con dei mezzi sono ancorati ad essi con dei cavi legati ad un tappo saldato al tubo che viene poi tagliato quando il tubo deve essere saldato agli altri tubi. Tutti questi tubi sono di grande diametro. I suoi giacimenti più importanti sono quelli di **Lanburg** da cui partono mazzi di tubi di grosso diametro (10 tubi da 1,4 metri) che man mano si ramificano verso l'Europa. Si ha una convergenza verso Mosca che assorbe molto gas.

4.6 Dispacciamento

Si occupa della gestione della rete. Il centro di controllo è a San Donato Milanese, mentre a **Crema** si ha la gestione delle centrali di compressione. Per poter essere controllate, le unità devono essere equipaggiate con sistemi di controllo. Molte delle funzioni di controllo sono eseguite automaticamente tra cui

- Accensione
- Spegnimento
- Regolazione
- Gestione dei sistemi ausiliari

alberi che soffocano se si formano delle sacche di metano sotterranee dovute alle perdite.

Per la manutenzione per le pipeline offshore si inviano sommozzatori specializzati con opportune attrezzature. Le operazioni sono normate da regolamenti in termini di sicurezza sia del personale sia del tubo.

4.8 LNG in Italia

Ci sono tre impianti di ri-gassificazione, è sufficiente la temperatura ambiente. Le tecnologie sono state scelte in base alle necessità geografiche.

- **Panigallia:** costruito nel 1971 onshore (Liguria), $6,38 \frac{Mm^3}{y}$.
- **Livorno:** offshore è una nave riconvertita che è diventata un impianto di ri-gassificazione. La struttura di ancoraggio è stata fortificata. Il gas ri-gassificato viene portato a terra con una pipeline che si congiunge al Transmed. Si è scelto di usare una nave perché il mar Tirreno è molto profondo. $6,25 \frac{Mm^3}{y}$
- **Porto Viro (Rovigo):** della Adriatic LNG in cui compare il Qatar. È un impianto offshore di tipo gravity based perché il mare non è eccessivamente profondo e inoltre il basamento fa da serbatoio per lo LNG. La ri-gassificazione avviene in mezzo al mare, quindi il gas ri-gassificato giunge a terra con una pipeline che si congiunge con quella di provenienza russa. A lungo questo impianto è stato l'unico impianto di ri-gassificazione di tipo gravity based al mondo. $13 \frac{Mm^3}{y}$

4.9 Sintesi delle cose da sapere sul gas naturale

Dal 1995 al 2015 risorse in aumento.

MACROAERA GEOGRAFICA	PERCENTUALE PETROLIO	GIACIMENTI
Medio Oriente	42,80%	
Europa-Eurasia	30,40%	

Tabella 1: principali giacimenti di gas naturale

Il grosso della produzione in Europa-Eurasia è in Eurasia mentre i consumi e le importazioni sono in Europa.

5) FONTI NON CONVENZIONALI

5.1 Definizione di fonte non convenzionale

Sono dette fonti non convenzionali perché queste fonti hanno delle caratteristiche che le rendono uniche e le contraddistinguono dalle altre. È possibile che nel tempo la definizione di queste fonti possa cambiare, soprattutto a causa dei miglioramenti tecnologici.

Riportando in un grafico sull'asse delle ordinate la **viscosità** e sull'asse delle ascisse la **permeabilità** è possibile capire quale è il discrimine tra fonti convenzionali e fonti non convenzionali.

Si osserva che la permeabilità è una proprietà della roccia che contiene la fonte mentre la viscosità è una proprietà dell'idrocarburo. Pertanto i due parametri sono riferiti a due oggetti diversi.

La permeabilità della roccia si può ad esempio misurare in termini di porosità: se la porosità è bassa lo è anche la permeabilità (si hanno pochi pori sparsi) e vice versa. Una roccia poco permeabile è difficile da attraversare. Inoltre è possibile che l'idrocarburo abbia una elevata viscosità: queste due caratteristiche sono il discrimine tra una fonte convenzionale e una fonte non convenzionale. Pertanto una fonte non convenzionale è un idrocarburo che presenta una elevata viscosità ed è contenuto in una roccia poco permeabile, ovvero poco porosa.

Quindi tali fonti presentano una difficoltà aggiuntiva di estrazione rispetto a quelle convenzionali.

Una possibile definizione di fonte non convenzionale è la seguente:

le fonti non convenzionali sono definite come quelle fonti contenute in rocce reservoir il cui rapporto permeabilità/viscosità è tale da richiedere l'uso di tecnologie che modificano la permeabilità della roccia o la viscosità del fluido, in modo da produrre un idrocarburo (petrolio o gas) a tassi economicamente competitivi.

Dalla definizione precedente si evince l'importanza del fattore economico (la competitività delle fonti non convenzionali rispetto a quelle convenzionali). La convenienza è valutata in base al prezzo del petrolio; tuttavia non è l'unico aspetto da tenere in considerazione in quanto è importante anche la possibilità di rendersi energeticamente indipendenti che per alcuni paesi è fondamentale (USA).

queste operazioni, spesso molto energivore, il costo di produzione di idrocarburi dalle sabbie bituminose è elevato e quindi i prodotti finali ottenuti sono di bassa qualità. Inoltre si ha un dispendio di tempo e di denaro non trascurabile. Il tutto, ovviamente, concorre a rendere questa fonte una non convenzionale.

Un vantaggio risiede nel fatto che le oil sands sono superficiali e quindi facilmente estraibili (non si ha la necessità di realizzare i pozzi).

- **Tight oil:** petrolio dalle caratteristiche analoghe a quello convenzionale ma intrappolato in una roccia reservoir con bassa porosità (bassa permeabilità).
- **Shale oil:** petrolio formato in una roccia di tipo scisto, molto ricca di materiale organico e a causa di opportuni meccanismi si ha che la roccia madre è allo stesso tempo anche la roccia reservoir. Di conseguenza non si sono avute le migrazioni primaria e secondaria (diversamente da quanto si è visto nel petrolio convenzionale). Lo scisto ha una struttura a lamelle, pertanto risulta sempre elevata la difficoltà di estrazione di questa fonte.
- **Oil shale:** idrocarburo rimasto nella forma del **kerogene**, dunque è un petrolio ancora immaturo che, una volta estratto, deve subire numerosi processi che lo portano a maturazione prima del suo utilizzo.

5.3 Considerazioni generali

Non esiste ancora una storia consolidata di estrazione di fonti non convenzionali, quindi le stime e le statistiche in merito a tali fonti non sono attendibili e accurate, variano molto da un anno all'altro.

La loro distribuzione è abbastanza uniforme a livello mondiale tranne che nel Medio Oriente in cui si nota una totale assenza di queste fonti (probabilmente perché in questa macro-area geografica i meccanismi sono stati talmente perfetti da dar luogo alle sole fonti convenzionali).

Nel 2010 gli USA continentali (48 paesi) stimavano di estrarre molto greggio convenzionale e poco da fonti non convenzionali; mentre nel caso del gas prevedevano di estrarne molto da fonti non convenzionali (di loro proprietà) e poco da fonti convenzionali. Queste previsioni erano basate su un orizzonte temporale di 25 anni, ovvero fino al 2035.

Ora, con l'ascesa al potere di Trump si deve vedere come cambieranno questi obiettivi, anche alla luce delle variazioni del prezzo del petrolio.

Studi che necessitano di ulteriori approfondimenti confermano che il fracking non altera significativamente la sismicità della zona dal punto di vista macroscopico mentre potrebbe avere impatti sulla micro-sismicità locale.

5.5 Situazione europea

In Europa i giacimenti di fonti non convenzionali non sono molto sfruttati perché interessano delle zone ad alta densità di insediamenti urbani. Grandi giacimenti sono in Polonia dove si punta molto sulla estrazione di tali fonti per diventare energeticamente indipendenti e svincolarsi così dalle importazioni dalla Russia. Anche il Regno Unito possiede giacimenti e si stanno svolgendo dei test di natura sismica per verificare la sicurezza di eventuali estrazioni.

La Comunità Europea ha esaminato il problema delle fonti non convenzionali e si è stabilito che prima di poter sfruttare tali fonti è necessario presentare una **VIA** (Valutazione di Impatto Ambientale).

Le scorie della combustione, tipicamente uranio e plutonio, possono essere recuperate e riciclate, riutilizzandole come combustibile per altri reattori.

In Canada i reattori non usano uranio arricchito quindi la maggior parte delle estrazioni è destinata all'esportazione.

6.2 Tecnologie di estrazione

Per estrarre l'uranio si utilizzano le stesse tecniche analizzate nella trattazione inerente il carbone. Infatti si tratta sempre di miniere e quindi sono usati anche gli stessi mezzi e macchinari, con la differenza che, a causa delle minori quantità, tutto viene ridimensionato. Inoltre si deve tener conto che nella maggioranza dei casi l'uranio non è considerato il principale prodotto di estrazione bensì è solo un co-prodotto.

Una tecnologia innovativa in più rispetto al carbone la **in situ leach**. Questa tecnica consiste nel scavare due piccoli pozzi nel primo (detto di **iniezione**) si inietta una soluzione che può essere acida o basica a seconda del tipo e della composizione della roccia che si vuole disgregare. La soluzione attraversa orizzontalmente il filone di roccia che separa i due pozzi corrodendolo e generando un fluido che viene raccolto dal secondo pozzo (detto di **aspirazione**) riportandolo in superficie. Un collettore raccoglie il fluido e lo invia alla separazione dove l'uranio viene separato da tutto il resto.

Tale operazione non richiede lo scavo di trincee, riduce l'impatto ambientale e i costi.

Usando questa tecnica si estrae il 48% dell'uranio a livello mondiale.

6.3 Sintesi delle cose da sapere sull'uranio

PAESE	PERCENTUALE
Australia	29%
Kazakhstan	13%
Canada	9%
Russia	9%

Tabella 1: principali Paesi con riserve di uranio (2015)

COMPAGNIA ESTRATTIVA
Areva
Cameco
Uranium One
Kazatoprom
Armz

Tabella 2: principali compagnie estrattive di uranio