



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA

FACOLTÀ DI GIURISPRUDENZA

Master Universitario di II° livello in “Diritto dell’ambiente e gestione del territorio”

ANTONIO LO CASCIO

Petcoke: Tra sottoprodotto e rifiuto

—
Project Work Master
—

Anno Accademico 2018/2019

Petcoke: Tra sottoprodotto e rifiuto

INDICE

INTRODUZIONE	pag. 1
CAPITOLO I	
I.1. Cos'è il petcoke	pag. 2
I.2. Destinazione d'uso	pag. 4
I.3. Coke di petrolio come combustibile	pag. 5
I.4. Impatto ambientale	pag. 8
I.5. In ottica BAT: La tecnologia SNOX (cenni)	pag. 12
I.6. Evoluzione normativa	pag. 13
I.7. Normativa vigente	pag. 16
I.8. Rilevanti pronunce sul petcoke	pag. 20
CONCLUSIONI	pag. 23
BIBLIOGRAFIA	pag. 26

Introduzione

Questo lavoro ha come oggetto la trattazione del *coke di petrolio* o più comunemente *petcoke*, un materiale che, come vedremo, ha la peculiarità di essere giuridicamente sul bilico di due qualificazioni: da una parte, quella di *sottoprodotto* derivato di una attività industriale ai sensi dell'art. 184-*bis* del D.Lgs. n. 152/2006; dall'altra, quando non rispetta le condizioni previste per legge, quella di *rifiuto* ex art. 183 comma 1 lett *a*) dello stesso decreto.

Nell'ambito degli assetti di produzione di energia elettrica appare chiara la necessità dell'individuazione di tecnologie che siano in grado di fornire energia elettrica a basso costo, unitamente al raggiungimento di un obiettivo di effettiva sostenibilità ambientale nel pieno rispetto delle normative ambientali vigenti e future.

Nel nostro Paese l'utilizzo del *petcoke* come combustibile per la produzione di energia è strettamente disciplinato da una serie di norme a tutela della salute umana e ciò è dovuto essenzialmente ai livelli di emissioni inquinanti generati dall'impiego di tale combustibile, quantomeno, con le tecnologie più tradizionali.

Ciò premesso, ai fini di una chiara comprensione, richiedendo una conoscenza eterogenea e non solo strettamente giuridica in virtù del taglio trasversale che la tematica ha intrinsecamente, il lavoro è stato impostato cercando in primo luogo di spiegare il "*mondo*" del *coke* di petrolio e in seguito analizzando, addentrandoci, la disciplina giuridica.

La prima parte è dunque dedicata alla enucleazione di argomenti attinenti alla nascita del *petcoke*, al suo uso nonché alle caratteristiche merceologiche.

La seconda ripercorre l'iter normativo avente ad oggetto il *coke* di petrolio, la spiegazione della normativa vigente cui si accompagnano le sentenze delle Cassazione e della Corte di Giustizia Europea che hanno avuto il merito di delineare più chiaramente certi ambiti di chiaroscuro normativo.

Capitolo 1

Petcoke: Tra sottoprodotto e rifiuto

I.1. Cos'è il Petcoke

Il *coke petrolifero* (detto, appunto, anche *petcoke* o *pet coke*, come abbreviazione di *petroleum coke*) è un carbone ottenuto attraverso la carbonizzazione¹ delle frazioni altobollenti (cioè aventi elevata temperatura di ebollizione) prodotte durante la distillazione² del petrolio.

Più precisamente, viene definito *coke di petrolio* il residuo solido che si ottiene dal coking, un processo di raffinazione nel quale, mediante piroscissione³ e successive reazioni di ricombinazione, frazioni petrolifere pesanti vengono convertite in prodotti leggeri (gas e benzine), distillati medi e coke residuo.

Storicamente l'interesse riposto dall'industria petrolifera nel processo di produzione del petcoke (il *coking*) risiede soprattutto nella capacità di tale processo di valorizzare i residui di raffinazione, riducendone la quantità e producendo da essi prodotti leggeri più pregiati.⁴ Di fatto il principale valore economico del *coking* consiste innanzitutto nella sua capacità di convertire frazioni pesanti di scarso valore in frazioni leggere, che possono poi essere incorporate in combustibili più vantaggiosi, quali benzine o gasoli, mentre scarso interesse commerciale, soprattutto ai fini di un eventuale impiego come fonte energetica, è sempre stato attribuito al coke residuo, il quale, peraltro, se non opportunamente utilizzato potrebbe rappresentare un materiale di difficile smaltimento⁵.

Negli ultimi anni però, l'abbondante produzione e la conseguente riduzione del prezzo, in combinazione con il sempre più diffuso impiego delle c.d. "*tecnologie pulite*" per la produzione di energia (tecnologie in grado di fornire un impiego ambientalmente corretto anche dei combustibili ritenuti "potenzialmente problematici") hanno suscitato l'interesse di molti settori industriali verso l'impiego del coke di petrolio

¹ Con il termine *carbonificazione* (o carbogenesi) si indica il processo che porta ad una graduale perdita di ossigeno, azoto ed idrogeno (con conseguente aumento del tenore di carbonio dai tessuti vegetali), che vengono sottratti in seguito al contatto con l'aria oppure, se tali tessuti vegetali sono sottoposti ad elevate pressioni, ad aumento di temperatura o all'azione di funghi e batteri. La carbonificazione è la causa delle alterazioni che portano alla formazione di combustibili solidi naturali.

² La *distillazione* è una tecnica utilizzata per separare due o più sostanze presenti in una miscela, che sfrutta la differenza dei punti di ebollizione di tali sostanze (o in altre parole, la loro differenza di volatilità).

³ La *piroscissione* (o pirólisi) è un processo di decomposizione termochimica di materiali organici, ottenuto mediante l'applicazione di calore e in completa assenza di un agente ossidante (normalmente ossigeno).

⁴ A. ALZIATI, *Riv. Combustibili* (1970), 24, 390.

⁵ D'altro canto, come avremo modi di vedere più avanti, escluso il particolare utilizzo nell'industria cementifera, l'impiego del coke di petrolio come combustibile, seppur incentivato dall'elevato potere calorifico che lo caratterizza, ha sempre destato molte perplessità soprattutto in relazione all'elevato contenuto di zolfo e di metalli pesanti che lo contraddistingue ed al conseguente impatto ambientale che ne sarebbe derivato.

come fonte energetica e di riflesso ne hanno modificato anche la prospettiva economica.

Materiale solido, nero, di composizione sostanzialmente carboniosa, il coke di petrolio all'apparenza si presenta molto simile al carbone. Come detto, si ottiene dal coking, processo mediante il quale le frazioni pesanti derivanti dai tradizionali processi di raffinazione del petrolio (residui atmosferico o sottovuoto, talvolta miscelati con bitume, sludge, tar sands e altre frazioni pesanti di raffineria) vengono ulteriormente convertiti in frazioni leggere e coke. Di indubbia efficacia quando in una raffineria si vogliono ridurre le rese di residui a favore di gas, benzine e distillati medi, il coking, da un punto di vista pratico, può essere considerato un processo di cracking⁶ in condizioni operative non molto severe, con l'eccezione che i prodotti di reazione vengono mantenuti nelle condizioni di cracking per un tempo piuttosto lungo.⁷

Esistono tre tipi di coking con i quali, in funzione delle caratteristiche dell'alimentazione e del tipo di impianto stesso, si possono produrre varie tipologie di coke di petrolio qualitativamente diverse l'una dall'altra. In relazione a tale diversità il coke di petrolio trova svariati impieghi sia come *combustibile* (soprattutto nell'industria del cemento e negli impianti di produzione di energia), sia come *materia prima* (ad esempio, nell'elettrometallurgia).

I tre tipi di coking, possono essere così distinti:

- Ritardato (*Delayed coking*)
- Fluido (*Fluid coking*)
- Flessibile (*Flexi-coking*)

Non volendo porre in tal sede l'obiettivo di una trattazione analitica dei processi di produzione in oggetto, possiamo dire che il *coking ritardato* è il più vecchio ma anche di gran lunga il più usato processo per la produzione di coke di petrolio (negli Stati Uniti, ad esempio, copre circa il 95%). Essenzialmente, è un processo semicontinuo operante a temperature di circa 400-450 °C nel quale il coke si deposita nelle camere di lavorazione (coking drums), da dove per essere prelevato, viene frantumato idraulicamente in grossi pezzi. Tale processo è, generalmente, in grado di convertire in prodotti più dell'80% della carica, con una produzione di 0,13 tonnellate di coke di petrolio per tonnellata di alimentazione.⁸

Il *coking fluido* è un processo continuo che richiede temperature superiori a 485 °C dove il coke viene anche utilizzato come combustibile

⁶ Il *cracking* in chimica è un processo attraverso il quale si ottengono idrocarburi paraffinici leggeri per rottura delle molecole di idrocarburi paraffinici pesanti. È pertanto un processo adottato per la produzione di idrocarburi leggeri, quali le benzine, a partire da greggi medio-pesanti e pesanti, aumentando la quantità di benzina ottenibile dal petrolio greggio.

⁷ T. RUSSO in A. GIRELLI, *Petrolio - Grezzo Raffinazione Prodotti*, Tamburini Editore, Milano, 1969, Cap. 3, p.197.

⁸ *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries*, December 2001.

nel bruciatore; il quantitativo eccedente le esigenze termiche viene estratto come prodotto finito. Questo tipo di lavorazione produce, rispetto al coking ritardato, più gasolio ma meno benzina, seppure con NO più elevato, e meno coke.

Il *coking flessibile* è un ampliamento del coking fluido, che prevede l'inclusione di un gassificatore adiacente al bruciatore. In genere, con il coking flessibile quasi il 90% della carica viene trasformato in prodotti gassosi e liquidi. L'inserimento di un gassificatore, inoltre, conferisce notevole flessibilità al processo, permettendo, tra l'altro, di convertire l'eventuale eccesso di coke in gas, utilizzabile a sua volta sia come fonte di energia che come materia prima per la produzione di composti chimici.⁹

Al di là della fondamentale importanza che rivestono le caratteristiche dell'alimentazione al coking nel condizionare la qualità del prodotto finale, bisogna comunque osservare che anche il tipo di impianto e le condizioni operative in esso adottate hanno una parte importante nel determinare la composizione chimica e la struttura fisica del coke di petrolio ottenuto.

Il coke da coking ritardato (*delayed coke*), ad esempio, può contenere ancora fino al 15% circa di sostanze volatili e, talvolta, è contraddistinto da un caratteristico odore "idrocarburico".¹⁰

Il coke da coking fluido (*fluid coke*), invece, derivando da un processo condotto a temperature più elevate, ha minori contenuti di sostanze volatili e di idrogeno ed è più duro. Viene prodotto sotto forma di sabbia fine (0,25- 0,75 mm di diametro).¹¹ La superficie liscia dei grani gli conferisce particolari caratteristiche di fluidità, che ne determina anche la denominazione.

Il coke da *coking flessibile* (*flexicoke*) infine, rispetto al precedente, ha contenuti sia di volatili che di idrogeno ancora più bassi, è più fine e di conseguenza presenta una maggiore polverosità.¹²

Molto spesso il coke di petrolio uscente dal coking senza subire ulteriori trattamenti viene genericamente denominato *green coke*.

I.2. Destinazione d'uso

Solitamente, in prima approssimazione per giudicare la qualità del coke di petrolio e valutarne il più idoneo utilizzo, si ricorre alla sua *composizione chimica*, con particolare riferimento al **contenuto di zolfo** e di **metalli pesanti**. D'altra parte la presenza, anche elevata, di tali elementi nel coke di petrolio è naturalmente insita nel suo processo di formazione. Infatti quantità più o meno rilevanti di composti organici

⁹ Cfr. J. G. SPEIGHT, *The Chemistry and Technology of Petroleum*, 3rd Edition, Marcel Dekker Inc, New York, 1999, p. 529.

¹⁰ *Petroleum Test Coke Plan* da <http://www.api.org/-hvp/petroleumcoketp.htm>.

¹¹ *Metodi di produzione del petcoke*, A.I.T.E.C., Maggio 2002.

¹² CONCAWE, Product Dossier n. 93/105 - *Petroleum coke*.

dello zolfo, assieme a quantità assai piccole di composti contenenti elementi diversi (come nichel, vanadio, ferro e rame), sono riconosciuti tra i costituenti del petrolio grezzo.

Il processo di raffinazione mediante il quale, attraverso una serie di operazioni fisiche e altre di carattere chimico, dal petrolio grezzo si ottiene una vasta gamma di prodotti commerciali (benzine, gasoli, ecc.) tende a concentrare tali elementi, considerati contaminanti nocivi, nelle frazioni più pesanti e nei residui. Di conseguenza anche nel *coke di petrolio*, che in pratica rappresenta il **residuo del coking**, si accumulano tutti quegli elementi indesiderabili, in particolare proprio zolfo e metalli pesanti, già presenti nel grezzo di partenza.¹³

Come già accennato in precedenza, generalmente sono i livelli di zolfo e di metalli pesanti, in particolare di nichel e vanadio, che più di altri condizionano l'*uso finale del petcoke*, il quale, da un punto di vista pratico, ha sostanzialmente due utilizzi: come *combustibile* (commercialmente denominato *fuel grade*) oppure come *fonte di carbonio* (*anode grade*).

Generalmente coke di petrolio a bassi contenuti di zolfo (fino al 3%) e di metalli pesanti (Ni+V <450 ppm) vengono ritenuti pregiati e preferiti come materia prima (o fonte di carbonio). Per contro, elevati contenuti di zolfo e metalli pesanti sono invece meglio tollerati, quando il petcoke viene utilizzato come combustibile. Dalla situazione presente nel mercato mondiale, possiamo affermare che circa i 2/3 del coke di petrolio prodotto vengono utilizzati come fonte di energia.

In relazione a tale utilizzo è doveroso osservare come il sempre più frequente ricorso a petroli grezzi pesanti di bassa qualità ha determinato nel corso degli ultimi venti anni un costante incremento dei valori medi delle concentrazioni di zolfo e vanadio nel coke di petrolio. A fronte di questo dato di fatto, si ritiene comunque che l'aspetto critico non sia rappresentato tanto dalla qualità globale del coke di petrolio che si ottiene da questo tipo di grezzi, quanto, piuttosto, dalla capacità di chi lo utilizza come fonte di energia di adattarsi a combustibili contenenti altissimi livelli di zolfo e di metalli pesanti. Infatti, da come l'industria saprà far fronte a questi dettami qualitativi, dipenderà l'espansione del mercato del combustibile coke di petrolio.¹⁴

I.3. Coke di petrolio come combustibile

Pur essendo a tutti gli effetti un derivato petrolifero, il *coke di petrolio*, come tipologia di materiale, ma soprattutto come *combustibile*, è sempre stato accomunato al carbone.

In effetti, sebbene contraddistinti da un'origine alquanto differente, i due prodotti presentano strette analogie:

¹³ Cfr. G. PINELLI, *Il coke di petrolio come fonte di energia*, da www.ssc.it.

¹⁴ Cfr. R. DYMOND, *Hydrocarbon Engineering*, 1999.

- molto simili come aspetto fisico, presentano la stessa logistica della manipolazione e hanno la medesima destinazione finale come fonte di energia sia negli impianti termici che in altre applicazioni industriali.
- dal punto di vista analitico, la caratterizzazione del coke di petrolio (e la sua interpretazione), quale strumento per stimarne qualità e valore di materia prima energetica, si è sempre basata sui tradizionali parametri, nonché sugli stessi metodi analitici, utilizzati per la valutazione del carbone.

Preso atto di queste affinità, bisogna tuttavia osservare che, alla luce delle rispettive composizioni chimiche, i due combustibili evidenziano sostanziali differenze qualitative.

Innanzitutto si deve rilevare che, seppure con un minor grado di variabilità rispetto a quanto avviene per il carbone, anche la composizione del coke di petrolio, in funzione dell'alimentazione e del tipo di coking, può variare entro un ampio intervallo di valori. In ogni caso, come considerazione di carattere generale si può affermare che il coke di petrolio è caratterizzato da *elevati contenuti di carbonio e di zolfo* e da un *potere calorifico* decisamente superiore rispetto al carbone.

Per contro, sempre rispetto al carbone, si evidenziano invece *minori contenuti di sostanze volatili e di ceneri*, mentre sono scarsamente rilevanti le differenze osservate per idrogeno e azoto. Particolarmente consistente, infine, nel coke di petrolio è il contenuto di vanadio che generalmente è sotto le 100 ppm nei carboni.¹⁵

Da un punto di vista pratico l'interpretazione dei risultati analitici, rappresenta un punto di partenza indispensabile in rapporto al comportamento del combustibile in determinate condizioni d'esercizio e quindi al suo utilizzo finale. Nei coke di petrolio, che molto spesso si differenziano l'uno dall'altro per le gradazioni delle loro proprietà, la valutazione è sostanzialmente riconducibile al ruolo chiave che esercita la combinazione di un limitato numero di **parametri** quali, in particolare, il *potere calorifico*, i contenuti di *zolfo*, di *sostanze volatili*, di *metalli*, di *ceneri* e la *durezza*.

Sul piano della qualità, il *potere calorifico* rimane il principale fattore per la valutazione di un *combustibile solido*, in quanto è misura dell'energia chimica disponibile (sebbene, ad onore del vero, la proporzione di essa recuperabile in un impianto di combustione è influenzata da altre caratteristiche fisiche e chimiche).

L'elevato potere calorifico¹⁶ unitamente al basso costo, rappresenta una delle principali attrattive del coke di petrolio. Oltre agli intuibili vantaggi che derivano da tale caratteristica¹⁷, va inoltre osservato che in

¹⁵ G. PINELLI, *Il coke di petrolio come fonte di energia*, da www.ssc.it.

¹⁶ Quello inferiore mediamente supera i 30 MJ/kg.

¹⁷ Appare interessante a tal riguardo, l'utilizzo "rinforzante" del petcoke in miscela con combustibili energeticamente più poveri quali i carboni sub-bituminosi.

linea di principio un maggior potere calorifico consente di maneggiare una quantità minore di combustibile e quindi incide favorevolmente sui costi di esercizio.¹⁸

L'**elevato contenuto di zolfo**, è un componente indesiderato per tutti i combustibili, nonché una delle caratteristiche qualitative peculiari del *coke di petrolio* utilizzato come *fonte di energia*. Il grado di contaminazione da zolfo, che in casi estremi può raggiungere anche livelli dell'8%, è strettamente correlato alla composizione della carica al coking e, in ultima analisi, al greggio d'origine.

Oltre allo zolfo organico in alcuni casi sono state riscontrate anche modeste presenze di solfati, zolfo piritico e zolfo elementare. Operativamente l'elevata concentrazione di zolfo assume particolare importanza soprattutto *dal punto di vista ambientale*, dal momento che durante la combustione determina un forte incremento delle *emissioni inquinanti*.¹⁹

Per un combustibile solido, il **contenuto di sostanze volatili** (che in pratica rappresentano la parte più reattiva del combustibile), è un parametro molto importante in quanto indice delle caratteristiche di combustione²⁰. Il **basso contenuto di sostanze volatili**, che caratterizza il *coke di petrolio*, spesso rappresenta un ostacolo al suo impiego nei tradizionali bruciatori che comunemente utilizzano carbone, e può portare a conseguenze operative problematiche (accensione difficoltosa che richiede alte temperature, scarsa stabilità di fiamma e difficile combustione). A tali aspetti in genere si ovvia bruciando coke di petrolio in miscela con carbone oppure ricorrendo a bruciatori appositamente disegnati per combustibili a basso contenuto di sostanze volatili.²¹

Mentre ad un esame qualitativo la **presenza di metalli** nel *coke di petrolio*, stante la stretta relazione con la composizione della carica al coking, può variare entro un campo assai esteso, quantitativamente il ruolo più significativo è senza dubbio ricoperto da nichel e vanadio²².

Appare necessario sottolineare che nel processo di combustione la presenza quali-quantitativa di metalli, nel loro complesso, è molto importante sia da un *punto di vista ambientale*, in relazione alle **emissioni**, sia da un punto di vista operativo, in quanto direttamente correlata alla composizione delle ceneri che andranno a formarsi.

Le **ceneri** sono, infatti, il residuo inorganico che rimane dopo la

¹⁸ Cfr. A. GIRELLI, *Riv. Combustibili*, 1978, 32, p. 357.

¹⁹ Cfr. H. AL-HAJ IBRAHIM, B.I. MORSI, *Industrial & engineering chemistry research*, 1992, 31.

²⁰ Le *sostanze volatili* che si liberano durante la fase iniziale di riscaldamento (pirolisi o devolatizzazione) condizionano gli stadi successivi del processo di combustione e ne influenzano i principali parametri sperimentali quali accensione, stabilità e temperatura della fiamma.

²¹ A. DACCO', G. RABOTTI, B. PASSARO, E. PARODI, *Riv. Combustibili*, 1998, 52, 165.

²² Questo perché tali elementi sono già presenti, in partenza, nel petrolio grezzo sotto forma di complessi organici (porfirine). Talvolta raggiungono concentrazioni considerevoli (anche centinaia di ppm), e nel coke di petrolio possono arrivare a livelli molto elevati, dell'ordine delle migliaia di ppm. Senza dimenticare altri elementi, quali silicio, ferro e alluminio che spesso abbondano nel petcoke.

combustione. Possiamo affermare che, in via generale, ad un maggior contenuto di ceneri corrisponde un minor contenuto di materiale organico combustibile e di conseguenza un più basso potere calorifico.

Il *coke di petrolio* è caratterizzato da un **contenuto di ceneri particolarmente basso**. La composizione delle ceneri è strettamente correlata al contenuto di metalli. In rapporto a tale dipendenza, oltre ai potenziali effetti ambientali che ne potrebbero derivare, le ceneri da coke di petrolio, anche se talvolta piuttosto abrasive, possono assumere caratteristiche tali da risultare molto interessanti per applicazioni industriali (ad esempio, quali additivi nell'industria del cemento), come anche nell'edilizia.²³

Infine, l'ultimo parametro da valutare è la **durezza**, cioè la *determinazione dell'indice di macinabilità* Hardgrove (HGI)²⁴ che serve per valutare la tendenza o la predisposizione di un carbone a frantumarsi.

La macinabilità del petcoke ha, generalmente, un campo di variabilità molto più ampio di quello riscontrato per il carbone, contraddistinto invece da una maggiore regolarità²⁵. In tale contesto, nel petcoke i valori più bassi in genere si riferiscono a coke di petrolio molto duri, che vengono prodotti da grezzi ad alto contenuto di metalli. Mentre, i valori più alti sono attribuibili a petcoke relativamente morbidi caratterizzati da un maggior contenuto di materie volatili. Tale distinzione è utile anche per comprendere come nella pratica operativa l'utilizzo di petcoke particolarmente duri necessita di supplementari operazioni di macinazione con conseguente aggravio di costi.

I.4. Impatto ambientale

Seppur condizionato dallo scetticismo che suscitano gli elevati contenuti di zolfo e di metalli pesanti, l'impiego di coke di petrolio come fonte di energia - in virtù di un contenuto energetico ampiamente competitivo con gli altri combustibili tradizionali associato ad un costo contenuto, e grazie alle moderne tecnologie di contenimento delle emissioni - ha acquisito negli ultimi tempi una crescente attenzione.

Le esperienze maturate negli ultimi anni a livello mondiale sulle potenzialità energetiche del *coke di petrolio* sono ben documentate in un dettagliato rapporto pubblicato dalla IEA Coal Research²⁶, dal quale emerge che il coke di petrolio, può trovare un efficace impiego come combustibile sia negli *impianti termici per la produzione di energia* sia nell'*industria del cemento*.

²³ R.E. CONN, K. SELAKUMAR, A.E. BLAND, *Proceedings of the 15th International Conference on Fluidized Bed Combustion*, Paper n. FBC99-0144, Savannah, Georgia, 1999.

²⁴ L' HGI, in quanto indicativo delle operazioni necessarie alla macinazione del carbone, è un parametro che ha assunto particolare importanza tecnica soprattutto a seguito dell'avvento dei moderni sistemi di combustione, la maggior parte dei quali utilizzano combustibili polverizzati.

²⁵ HGI: Carbone (min.: 42, max.: 67); Petcoke (min.: 27, max.: 99)

²⁶ R. FERNANDO, *The use of petroleum coke in coal-fired plant*, IEA Coal Research, London, November 2001.

Il *petcoke come combustibile* viene quindi ritenuto molto **interessante da un punto di vista energetico** per le proprietà derivanti dalle sue caratteristiche composizionali, ma considerato da più parti **improprio** in quanto **ambientalmente dannoso**.

Appare opportuno, tuttavia, osservare come i problemi di natura ambientale che si incontrano con il *coke di petrolio* non differiscono, almeno qualitativamente, da quelli che generalmente contraddistinguono l'impiego di altri combustibili (fossili e non) in cui sono presenti significative quantità di zolfo, azoto e metalli pesanti.

Anche con il coke di petrolio, infatti, gli aspetti ambientali che meritano particolare attenzione sono sostanzialmente riconducibili agli inquinanti presenti nei fumi della combustione (in particolare SO_x , NO_x , sostanze organiche e polveri) la cui composizione è strettamente correlata alle caratteristiche del combustibile.

È del tutto logico che dalla combustione del coke di petrolio, combustibile ricco di zolfo e metalli pesanti, si sviluppino emissioni molto inquinanti ed è altrettanto evidente che il trattamento cui devono essere sottoposti tali effluenti gassosi, affinché rispettino le normative vigenti, dovrà essere appropriato alla situazione e richiederà l'impiego di tecnologie avanzate con adeguati rendimenti dagli apparati di post-combustione. In altre parole, il problema ambientale legato alla combustione del coke di petrolio non consiste tanto nella sua natura, quanto piuttosto nell'efficacia e nell'efficienza degli impianti di abbattimento delle emissioni nocive, per i quali diventa di particolare importanza non solo la verifica delle prestazioni, ma anche il regolare controllo del loro corretto funzionamento.²⁷

Per meglio comprendere l'impatto ambientale e le problematiche legate alla lavorazione del petcoke, risulta necessario dare uno sguardo alle principali emissioni create, e farne - quantomeno - una breve analisi.

a) *Emissioni di SO_x*

Risultano di scarsa rilevanza negli impianti IGCC²⁸, in cui quasi tutto lo zolfo (fino al 99%) presente nel combustibile può essere recuperato come zolfo elementare, e di modesta consistenza sia nella CFB che nel processo produttivo del cemento, dove vengono tenute sotto controllo dalle capacità autolimitanti dei due processi. Le emissioni di SO_2 e SO_3 correlate all'uso di petcoke rappresentano invece un serio problema nelle caldaie a polverino, dove la combustione del coke di petrolio comporta emissioni particolarmente ricche di SO_2 .

²⁷ G. PINELLI, *Il coke di petrolio come fonte di energia*, da www.ssc.it.

²⁸ **IGCC**, Impianto di gassificazione a ciclo combinato, cioè una particolare centrale termoelettrica a ciclo combinato. Tali centrali si distinguono dalle altre per la presenza di un impianto di gassificazione di un carburante solido, tipicamente scarti di raffineria o carbone, il cui syngas viene successivamente alimentato al ciclo combinato. Questo tipo di centrali ha un vasto numero di varianti a causa dei diversi componenti presenti nell'impianto

Di conseguenza, in tali impianti, diventa indispensabile nella fase di post-combustione la presenza delle più efficienti tecnologie FGD (*Flue Gas Desulphurization*) per la desolfurazione dei fumi. Va inoltre evidenziato che l'eccesso d'aria, a cui spesso si ricorre per migliorare le caratteristiche di combustione del petcoke, unitamente alla elevata presenza catalizzante del vanadio, possono favorire la formazione di considerevoli quantità di SO₃ (anche centinaia di ppm), la quale, combinandosi con l'acqua presente nei fumi di combustione, dà luogo a H₂SO₄, col conseguente rischio di incorrere in importanti fenomeni di corrosione. Eccessive emissioni di SO₃, fenomeno particolarmente sentito soprattutto quando si brucia il 100% di petcoke, sono difficilmente controllabili in un impianto FGD e potrebbero richiedere l'aggiunta di un sistema di abbattimento umido.²⁹

b) Emissioni di NO_x

La fonte principale delle emissioni di ossidi di azoto è la combustione. La formazione di tali composti, avviene attraverso reazioni di ossidazione: la principale coinvolge l'azoto presente nell'aria di combustione; una seconda avviene tra i composti azotati (*fuel-N*) presenti nei combustibili e l'ossigeno dell'aria di combustione. Andando al di là dei differenti meccanismi di formazione, l'emissione degli ossidi di azoto nella combustione del coke di petrolio rappresenta un problema, con implicazioni ambientali molto importanti, che va tenuto sotto stretto controllo. Come avviene per gli altri combustibili, allo stato attuale il loro contenimento si basa essenzialmente sul perfezionamento dei processi di combustione e su di un appropriato trattamento degli effluenti gassosi. Efficienti in tal senso si sono dimostrati i sistemi di abbattimento (deazotazione): post-combustione SCR (*Selective Catalytic Reduction*) e SNCR (*Selective Non-Catalytic Reduction*), quest'ultima particolarmente adatta ad impianti CFB.³⁰

c) Emissioni di sostanze organiche

In via generale, quando si parla di emissioni di sostanze organiche da impianti di combustione, ci si concentra sostanzialmente su tre gruppi di composti: i *composti organici volatili* (COV), gli *idrocarburi policiclici aromatici* (IPA) e le *diossine* (PCDD/F)³¹. L'eventuale emissione di tali sostanze, ritenute estremamente dannose tanto per l'ambiente quanto per la salute umana, è un problema che interessa tutti i sistemi di combustione e tutti i combustibili fossili. La loro formazione dipende dalle caratteristiche del combustibile, dalla tipologia dell'impianto e, soprattutto, dalle condizioni operative e dall'efficienza di

²⁹ R.G. NARULA, *Bechtel Power Corporation*, Gaithersburg, Maryland, USA, da <http://www.worldenergy.org>.

³⁰ Cfr. E. PARODI, B. PASSARO, A. ROLLA, R. TRIFIRÒ, *Riv. Combustibili* (1999), 53, 3.

³¹ L. SLORR, *Organic compounds from coal utilisation*, IEA Coal Research, London, September 2001.

combustione. La composizione chimica del coke di petrolio - nel quale, tra l'altro, viene spesso riscontrata una significativa presenza di cloro (0,01-0,03%) - associata alle sue caratteristiche di combustione (le quali in certe circostanze portano alla presenza di alti livelli di carbonio incombusto nei prodotti della combustione stessa) rendono potenzialmente possibile la formazione e l'emissione di tutte le tipologie di inquinanti sopra citati. Una simile eventualità, stanti le implicazioni che comporta, non può essere trascurata: una ottimizzazione dei sistemi di combustione accompagnata da accurati monitoraggi degli effluenti gassosi e da un loro adeguato trattamento (ad esempio, con carboni attivi) rappresentano la soluzione più efficace per contenere tali emissioni.³²

d) Emissioni di polveri

La formazione di materiale particolato, origine di quella forma di inquinamento genericamente indicata come *polveri sospese totali*, è molto spesso un'inevitabile conseguenza dei processi di combustione. Di composizione e dimensioni variabili³³, tali polveri rappresentano un preoccupante pericolo per la salute umana e il loro contenimento diventa una necessità imprescindibile in qualsiasi ciclo produttivo. Generalmente, negli impianti termici i trattamenti di depolverazione, oltre a rimuovere il particolato nel suo complesso, sono rivolti alla segregazione, con alti livelli di efficienza, del materiale di granulometria più fine. Tali particelle, infatti, oltre a essere dannose di per sé, rappresentano un veicolo per il trasporto e la diffusione di inquinanti molto tossici (metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, ecc.). Allo stato attuale i sistemi di contenimento più diffusi contemplano l'uso di precipitatori elettrostatici, di depuratori a umido oppure di filtri a maniche, soluzione, quest'ultima, molto efficace per la rimozione del particolato da un gas. Anche negli impianti che bruciano coke di petrolio, per il quale, dato l'elevato contenuto di metalli pesanti (in particolare Ni e V), l'emissione di polveri nell'atmosfera deve essere attentamente monitorata e necessariamente contenuta, tali sistemi consentono il raggiungimento di apprezzabili risultati: di largo impiego sono i precipitatori elettrostatici, talvolta sovradimensionati rispetto al necessario pur di aumentarne l'efficienza, e i filtri a maniche con filtri in tessuto (i c.d. *baghouse*).

Infine, è il caso di sottolineare come l'utilizzo di un combustibile solido (quale carbone o coke di petrolio) può comportare alcuni **problemi pratici** nelle **fasi di manipolazione del materiale**. Ci si riferisce in particolar modo alla presenza ed alla *formazione di polvere* come conseguenza di tutte le operazioni di movimentazione e stoccaggio, ed alla eventuale conseguente dispersione della stessa negli ambienti di lavoro e nell'atmosfera. Nel caso del *coke di petrolio*, la natura abrasiva del prodotto, la presenza di idrocarburi (in particolare quella di idrocarburi policiclici aromatici) e soprattutto gli alti livelli di metalli

³² Cfr. G. PINELLI, *Il coke di petrolio come fonte di energia*, da www.ssc.it.

³³ Con un range che vada pochi angstrom a centinaia di micron.

pesanti, conferiscono alla polvere caratteristiche irritanti e dannose per la salute e l'eventuale dispersione nell'atmosfera deve essere rigorosamente controllata.

In linea generale, mentre la presenza e la formazione di polvere è in larga misura correlata alle caratteristiche del materiale (ad esempio, all'umidità e alla granulometria), la loro diffusione, oltre che dalle modalità con cui vengono condotte le operazioni di movimentazione, è fortemente influenzata dalle condizioni meteorologiche, in particolare dalla presenza di vento. Allo stato attuale per contenere la diffusione di polvere vengono comunemente adottati due sistemi:

Il primo, un *sistema umido*, utilizza agenti chimici (schiume, polimeri, leganti) che, emulsionati con acqua e spruzzati sulla massa di materiale, tendono ad agglomerare le particelle di polvere, impedendone la diffusione.

Il secondo, un *sistema secco*, consiste nell'impiego di adeguate strutture di copertura e protezione delle zone di movimentazione abbinate a tecniche di captazione (ad esempio, filtri a maniche) da posizionare nei punti critici dai quali può disperdersi la polvere.³⁴

Il primo è più semplice ed economico rispetto al secondo, che richiede invece maggiori spazi ed alti costi d'investimento. In ogni caso, entrambi i sistemi, che, se necessario, possono essere utilizzati anche in combinazione tra di loro, sono in grado di offrire un alto grado di contenimento della polvere e di soddisfare le esigenze ambientali.³⁵

I.5. In ottica BAT: La tecnologia SNOX (cenni)

È una delle tecnologie innovative tra le più avanzate per il *trattamento dei fumi di combustione di impianti termici*. Schematicamente il processo può essere suddiviso in quattro fasi:

1. Filtrazione (mediante filtro elettrostatico o filtro a maniche);
2. Riduzione Catalitica degli NO_x (mediante processo SCR);
3. Ossidazione catalitica della SO₂ a SO₃;
4. Condensazione dell'acido solforico.

Con il processo SNOX, oltre ad abbattere quasi totalmente il particolato, è possibile rimuovere dagli effluenti gassosi il 95-99% di SO₂

³⁴ CEMP, *Central Steam Boiler Plants*, Publication number TM 5-810-15, 1995, Cap. 5, da <http://www.usace.army.mil/publications/armytm/tm5-810-15/chap5.pdf>.

³⁵ Cfr. G. PINELLI, *Il coke di petrolio come fonte di energia*, da www.ssc.it.

e SO₃ (recuperando acido solforico) e il 90-95% di NO_x (riducendolo ad azoto). Tale processo offre vantaggi rispetto ad altre tecnologie di desolfurazione (ad esempio, non utilizza materiali assorbenti e non produce inutili sottoprodotti) ed è particolarmente adatto al trattamento dei fumi provenienti dalla combustione di coke di petrolio o di altri combustibili ad alto contenuto di zolfo, quali oli residui o carbone.

L'autore Parmaliana in *Chimica e Industria* del 2002 fa riferimento alla Raffineria AgipPetroli di Gela (oggi ENI) come esempio di efficace applicazione del processo SNOX alla combustione del coke di petrolio, dove la locale centrale termoelettrica (300 MWe equiv.) si è dotata di questa tecnologia per il trattamento dei fumi generati dalle tre caldaie alimentate a petcoke. Affermando come i benefici ambientali derivati dalla messa in funzione del processo SNOX alla raffineria di Gela siano la dimostrazione di come anche i combustibili "difficili" come il coke di petrolio, grazie ad appropriate tecnologie di depurazione dei fumi di combustione, possano essere utilizzati in modo ambientalmente corretto.³⁶

I.6. Evoluzione normativa

Nella normativa italiana, il *coke di petrolio* è annoverato tra i combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico e come tale il suo utilizzo in impianti di combustione viene rigorosamente disciplinato.

L'utilizzo del petcoke era originariamente previsto e disciplinato da determinate norme, quali:

- D.L. 7 marzo 2002 n.22 - *Disposizioni urgenti per l'individuazione della disciplina relativa all'utilizzazione del coke da petrolio (pet-coke) negli impianti di combustione;*
- DPCM 8 marzo 2002 - *Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione.*

Questi decreti permettevano l'utilizzo del petcoke come di seguito:

1. *negli impianti di combustione con potenza termica nominale, per singolo focolare, uguale o superiore a 50 MW (il coke di petrolio deve comunque avere zolfo $\leq 3\%$ e materie volatili $\leq 12\%$);*
2. *nel luogo di produzione (senza nessuna limitazione sulle caratteristiche del coke di petrolio);*
3. *negli impianti in cui durante il processo produttivo i composti dello zolfo siano fissati o combinati in percentuale non inferiore al 60% con il prodotto ottenuto (in tal caso il coke di petrolio deve avere un contenuto di zolfo $\leq 6\%$ e di materie volatili $\leq 12\%$).*

³⁶ Cfr. A. PARMALIANA, *Chimica e Industria*, 2002, 84 (4), 15.

Più avanti, con l'emanazione del DPCM 8 ottobre 2004, venivano modificati gli allegati I e III al DPCM 8 marzo 2002. Da tali modifiche, gli unici mutamenti che hanno riguardato il petcoke, andavano a colpire le caratteristiche del coke di petrolio utilizzato *“negli impianti in cui durante il processo produttivo i composti dello zolfo siano fissati o combinati in percentuale non inferiore al 60% con il prodotto ottenuto”*.

Con la modifica introdotta il petcoke utilizzato in questa tipologia di impianti doveva avere le seguenti caratteristiche:

- zolfo ≤ 6 % m/m;
- materie volatili ≤ 14 % m/m;
- potere calorifico inferiore ≥ 29.31 MJ/kg.

Nell'aprile del 2006 è stato pubblicato il **D. Lgs. 3 aprile 2006, n.152** – *Norme in materia ambientale*. Questo decreto, nell'ambito di un'ampia revisione della normativa ambientale, ha abrogato (tra gli altri) il DPCM 8 marzo 2002 e l'art. 2 del D.L. 7 marzo 2002 n.22³⁷.

In relazione al *coke di petrolio* si poteva rilevare che:

- il coke di petrolio utilizzato come combustibile per uso produttivo veniva **espressamente escluso dal campo di applicazione della Parte Quarta del decreto** (*Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati - art. 185 Limiti al campo di applicazione*);

- i **combustibili consentiti** (art. 293) **negli impianti disciplinati dalla Parte Quinta del decreto** (*Norme in materia di tutela dell'aria e della riduzione delle emissioni in atmosfera*), in particolare quelli di cui al titolo I (*Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività*) e al Titolo II (*Impianti termici civili*), erano **quelli previsti dall'Allegato X** (*Disciplina dei combustibili*) alle condizioni ivi previste.

All'atto pratico, in riferimento all'utilizzo del coke di petrolio, l'Allegato X alla Parte Quinta del decreto andava a sostituire i decreti abrogati ma, di fatto, riconfermava la situazione precedente l'uscita del D.Lgs. n. 152.

Nel gennaio 2008, la pubblicazione del **D. Lgs. 16 gennaio 2008,**

³⁷ **D.L. 7 Marzo 2002 Art. 2:**

1. Negli impianti di combustione con potenza termica nominale, per singolo focolare, uguale o superiore a 50 MW, è consentito l'uso di coke da petrolio con contenuto di zolfo non superiore al 3 per cento in massa. 2. In deroga a quanto previsto all'allegato 3, parte B, punto B4, del decreto del Ministro dell'ambiente 12 luglio 1990, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 176 del 30 luglio 1990, l'uso del coke da petrolio è consentito nel luogo di produzione anche per processi di combustione mirati a produrre energia elettrica o termica con finalità non funzionali ai processi propri della raffineria, purchè le emissioni rientrino nei limiti stabiliti dalle disposizioni in materia. 3. Negli impianti in cui durante il processo produttivo i composti dello zolfo siano fissati o combinati in percentuale non inferiore al 60 per cento con il prodotto ottenuto è consentito l'uso del coke da petrolio con contenuto di zolfo non superiore al 6 per cento in massa. 4. È in ogni caso vietato l'utilizzo del coke da petrolio nei forni per la produzione della calce impiegata nell'industria alimentare.

n.4 – *Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 recante norme in materia ambientale, conduce alla correzione dell'art. 185 (Limiti al campo di applicazione), il quale non riporta più l'esplicita esclusione del coke di petrolio dal campo di applicazione della Parte Quarta, mentre nessuna disposizione correttiva o integrativa viene portata all'art. 293 (Combustibili consentiti) e all'Allegato X alla Parte Quinta del decreto.*

Il Comma 1 dell'art. 293 del D.Lgs. n. 152/2006 al comma 1, avente ad oggetto i combustibili consentiti, prevede il seguente dispositivo normativo:

1. Negli impianti disciplinati dal titolo I e dal titolo II della parte quinta, inclusi gli impianti termici civili di potenza termica inferiore al valore di soglia, possono essere utilizzati esclusivamente i combustibili previsti per tali categorie di impianti dall'Allegato X alla parte quinta, alle condizioni ivi previste. I materiali e le sostanze elencati nell'allegato X alla parte quinta del presente decreto non possono essere utilizzati come combustibili ai sensi del presente titolo se costituiscono rifiuti ai sensi della parte quarta del presente decreto. È soggetta alla normativa vigente in materia di rifiuti la combustione di materiali e sostanze che non sono conformi all'allegato X alla parte quinta del presente decreto o che comunque costituiscono rifiuti ai sensi della parte quarta del presente decreto. Agli impianti di cui alla parte I, paragrafo 4, lettere e) ed f), dell'Allegato IV alla parte quinta si applicano le prescrizioni del successivo Allegato X relative agli impianti disciplinati dal titolo II. Ai combustibili per uso marittimo si applicano le disposizioni dell'articolo 295.

Da quanto appreso, tirando le fila del discorso, **allo stato attuale**, fermo restando l'obbligo di rispettare i vigenti limiti di legge sulle emissioni, l'**Allegato X (Disciplina dei combustibili)** al **D. Lgs. 3 aprile 2006 n.152** - Norme in materia ambientale (*Parte Quinta - Norme in materia di tutela dell'aria e della riduzione delle emissioni in atmosfera*) inserisce il coke di petrolio nell'elenco dei combustibili di cui è consentito l'utilizzo negli impianti disciplinati dal Titolo I (*Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività*); in particolare è consentito l'utilizzo del coke di petrolio:

1. Negli impianti di combustione con potenza termica nominale uguale o superiore a 50 MW (caratteristiche del petcoke, riferite al prodotto tal quale: zolfo $\leq 3\%$ m/m; materie volatili $\leq 12\%$ m/m);
2. nella stessa area delimitata in cui viene prodotto (*senza disposizioni sulle caratteristiche del petcoke*);
3. negli impianti in cui durante il processo produttivo i composti dello zolfo siano fissati o combinati in percentuale non inferiore al 60% con il prodotto ottenuto (caratteristiche del petcoke, riferite al prodotto tal quale: zolfo $\leq 6\%$ m/m; materie volatili $\leq 14\%$ m/m; potere calorifico inferiore ≥ 29.31 MJ/kg)³⁸.

³⁸ Fanno eccezione i forni per la produzione della calce impiegata nell'industria alimentare.

I.7. Normativa vigente

Al termine di questo excursus storico sulla normativa che si è susseguita nella disciplina del petcoke, occorre esaminare più approfonditamente norme e parametri che, inevitabilmente, inquadrano il regime giuridico del coke di petrolio, facendolo *fluttuare* sul bilico della sua qualificazione come sottoprodotto o rifiuto.

Molto si è discusso in questi ultimi anni sulla esatta qualificazione giuridica del *coke di petrolio*, nonché sulla pericolosità del suo utilizzo.

Per meglio comprendere la collocazione di tale prodotto all'interno del nostro sistema normativo, è opportuno riprendere la **sentenza del 10 luglio 2008 n. 28229 emessa dalla Cassazione, Sez. III Penale**, dove attraverso una articolata ed esauriente argomentazione, e ripercorrendo i vari interventi legislativi e giurisprudenziali che si sono avuti in materia, giunge a formulare alcuni importanti principi di diritto.

In relazione alla utilizzazione del petcoke, il documento di riferimento della Commissione europea sulle migliori tecniche disponibili (BREF)³⁹ per il settore delle raffinerie, elaborato in conformità all'art. 16, paragrafo 2, della direttiva 96/61/CE sulla protezione e controllo integrato dell'inquinamento, indica che *“il coke da petrolio viene ampiamente utilizzato come combustibile nei cementifici ed in siderurgia. Esso può essere anche utilizzato come combustibile nelle centrali elettriche se il suo contenuto di zolfo è sufficientemente basso. Il coke è utilizzabile anche in altri modi, come materia prima per la fabbricazione di prodotti a base di carbone e di grafite”*.

Orbene si deve ricordare come, con riguardo alla possibilità di utilizzare il *coke di petrolio* come combustibile, l'art. 1 del D.L. 7 marzo 2002 n. 22 (convertito con modifiche in legge 6 maggio 2002 n. 82), disponendo in deroga al D.Lgs. n. 22/1997, abbia introdotto una modifica per escludere, a certe condizioni, il *petcoke* dal campo di applicazione della normativa rifiuti, aggiungendo, in particolare, la lettera *f-quater* all'art. 8 dello stesso D.Lgs. n. 22/1997 (recante l'elencazione delle esclusioni dal campo di applicazione della disciplina sui rifiuti).

La suddetta modifica ha comportato l'esclusione dal regime dei rifiuti del *coke da petrolio*, purché esso venga utilizzato come combustibile per uso industriale, ossia venga recuperato per fini energetici. Specificatamente l'art. 2, comma 2, D.L. n. 22/20022) ha consentito l'uso del *coke da petrolio* negli impianti di combustione distinguendo secondo la potenza termica dello stesso. In particolare negli impianti in cui durante il processo produttivo i composti dello zolfo

³⁹ Sono essenzialmente dei documenti di riferimento che riguardano, nell'ambito della tutela ambientale, le migliori tecniche disponibili per un dato settore industriale BREF/BAT (Reference Document on Best Available Techniques). I documenti BREF/BAT sono il risultato del lavoro di specialisti dei vari settori riuniti in un gruppo tecnico di lavoro a livello europeo TWG (Technical Working Group). L'attività è coordinata dall'Ufficio EIPPCB (European Integrated Prevention Pollution and Control Bureau) che si trova a Siviglia e che mette a disposizione pubblicamente risultati e documenti della sua attività in un suo sito Internet.

fossero fissati o combinati in percentuale non inferiore al 60% con il prodotto ottenuto era consentito l'uso del coke da petrolio con contenuto di zolfo non superiore al 6% in massa.

La Suprema Corte, al riguardo, ha osservato che: « *In tale modo risultava integrato l'elenco dei rifiuti esclusi dal campo di applicazione del D.Lgs. n. 22/1997 quale contemplato dall'art. 8 che, nel rispetto della normativa comunitaria, ciò prevedeva "in quanto disciplinati da specifiche disposizioni di legge". La disposizione quindi non conteneva una clausola di esonero, estesa (con la cit. lett. f-quater) al "coke da petrolio utilizzato come combustibile per uso produttivo", bensì esprimeva null'altro che il principio di specialità in sintonia con l'art. 2 della direttiva 91/156/CEE che escludeva sì dal campo di applicazione della disciplina dei rifiuti alcune categorie di sostanze, ma solo "qualora già contemplate da altra normativa"».*

Parimenti il D.Lgs. n. 152/2006, inizialmente, aveva espressamente previsto all'art. 185, primo comma, lett. i) che non rientrava nel campo di applicazione della parte quarta del medesimo decreto, il coke di petrolio utilizzato come combustibile per uso produttivo.

In merito la Corte ha precisato come: « *Ancorché l'originario art 185, nell'elencare i rifiuti esclusi dal campo di applicazione della parte quarta del D.Lgs. n. 152/2006, non riproducesse più la dicitura "in quanto disciplinati da specifiche disposizioni di legge" - ciò per un difetto di coordinamento e non già per trasformare tale elenco in una clausola di esonero atteso che la delega (art. 1 legge 15 dicembre 2004 n. 308) consentiva solo il "riordino, coordinamento e integrazione delle disposizioni legislative" e non già una innovazione di tal fatto - non di meno l'esclusione del coke da petrolio dalla nozione di rifiuto deve leggersi - in attuazione del principio di precauzione (cfr. Corte giustizia Comunità europee, 14 aprile 2005, n. 6/03, secondo cui la normativa comunitaria in materia ambientale è fondata sui principi di precauzione e di azione preventiva) - in stretta connessione con la disciplina del coke da petrolio come combustibile, tenendo conto anche dell'orientamento della Corte di giustizia (così C. giust. CE 15 gennaio 2004, n. 235/02) che ha richiamato l'"obbligo di interpretare in maniera estensiva la nozione di rifiuto, al fine di limitare gli inconvenienti o i danni dovuti alla loro natura" e di tener conto del grado di probabilità di riutilizzo di residui di produzione "senza operazioni di trasformazione preliminare", che costituisce un criterio utile ai fini di valutare se essa sia o meno un rifiuto ai sensi della direttiva 75/442. ».*⁴⁰

La Corte, quindi, evidenzia la connessione che intercorre tra la previsione dell'art. 185, primo comma, lett. i), con il successivo art. 293 del medesimo D.Lgs. n. 152/2006 che prevede che negli impianti disciplinati dal titolo I e dal titolo II della parte quinta (sulla tutela dell'aria e la riduzione delle emissioni nell'atmosfera), inclusi gli

⁴⁰ Cit. V. VATTANI, *Il Coke da petrolio nella disciplina prima e dopo le modifiche apportate dal D. Lgs. n. 4/2008: La Cassazione ne sottolinea la natura giuridica di rifiuto*, da www.dirittoambiente.net.

impianti termici civili di potenza termica inferiore al valore di soglia, possono essere utilizzati esclusivamente i combustibili previsti per tali categorie di impianti dall'Allegato X (sulla disciplina dei combustibili) alla parte quinta del medesimo D.Lgs. n. 152/2006, alle condizioni ivi previste (All. n. 40).

Tale allegato, nell'elencare i combustibili di cui è consentito l'utilizzo negli impianti di cui al titolo I, ha espressamente previsto il *coke di petrolio* a determinate condizioni:

- a) negli impianti di combustione con potenza termica nominale uguale o superiore a 50 MW è consentito l'utilizzo di *coke* da petrolio con contenuto di zolfo non superiore al 3% in massa e rispondente alle caratteristiche indicate in parte II, sezione 2, paragrafo 1, riga 7;
- b) negli impianti di combustione di potenza termica nominale uguale o superiore a 300 MW è consentito l'uso di *coke* da petrolio con contenuto di zolfo non superiore al 6% in massa e rispondente alle caratteristiche indicate nella parte II, sezione 2, paragrafo 1, riga 8.

Dunque è solo rispettando queste prescrizioni che il coke da petrolio, commercializzato e destinato alla combustione, può essere utilizzato come combustibile, senza che trovi applicazione in particolare la disciplina autorizzatoria della gestione dei rifiuti, e così può fuoriuscire dall'ambito di applicazione della disciplina dei rifiuti.

La Suprema Corte rileva, infatti, come: **«l'art. 2, comma 22, D.Lgs. 16 gennaio 2008 n. 4, nel sostituire l'art. 185 cit. riformulandolo, ha da una parte limitato l'esclusione di alcuni rifiuti⁴¹ dal campo di applicazione della parte quarta del D.Lgs. n. 152/2006 aggiungendo la condizione che siano "regolati da altre disposizioni normative che assicurano tutela ambientale e sanitaria"; d'altra parte non ha più previsto l'esclusione del coke di petrolio dall'ambito di applicazione della disciplina dei rifiuti, ferma restando la disciplina del suo utilizzo come combustibile alle condizioni suddette».**

Aggiungendo che: *«questa interpretazione, secondo cui nella vigenza dell'art. 185 cit. nella sua formulazione del 2006 l'esclusione del coke di petrolio dall'ambito di applicazione della disciplina dei rifiuti era non di meno condizionata all'effettiva possibilità del suo utilizzo come combustibile in ragione del rispetto dei prescritti parametri di cui all'Allegato X alla parte quinta del D.Lgs. n. 152/2006, si colloca nella direttrice tracciata da Cass., sez. III, 26 gennaio 2007 - 4 giugno 2007, n. 21676, che ha affermato che, ove si leggesse l'art. 185 cit. nel senso di escludere tout court dalla disciplina dei rifiuti alcune categorie di sostanze, anche se prive di qualsiasi regolamentazione, si finirebbe per sguarnire quella tutela dell'ambiente che il legislatore delegante voleva "elevata"; sicché - ha aggiunto questa Corte - la richiamata formulazione*

⁴¹ Cioè quelli elencati al primo comma, lett. b) del medesimo art. 185.

dell'art. 185, comma 1, sarebbe in contrasto sia con la legge delega sia con il diritto comunitario; ma, prima di sollevare questione di illegittimità costituzionale di tale disposizione, spetta al giudice il compito di interpretarla in modo renderla compatibile col vincolo costituzionale e comunitario».

È stata quindi disattesa la tesi secondo cui l'esclusione del *coke di petrolio* dal campo di applicazione della parte quarta del D.Lgs. n. 152/2006 opererebbe in ogni caso a prescindere dal verificarsi, o meno, delle prescritte condizioni per l'utilizzo del *coke* come combustibile.

All'opposto, la Corte ha ribadito che questa esclusione (che, viene sottolineato, ormai dopo le modifiche apportate dal D. Lgs. n. 4/2008 non è più prevista) sotto la vigenza della precedente disciplina operava per il *coke di petrolio* destinato alla combustione: «**nei limiti in cui effettivamente sussistevano le condizioni per essere utilizzato come combustibile, in assenza delle quali era applicabile l'ordinaria disciplina dei rifiuti con conseguente configurabilità del reato previsto dall'art. 256 d.lgs. n. 152/2006 (attività di gestione di rifiuti non autorizzata)**».⁴²

Ergo, in ultima analisi (e riassumendo), il *coke di petrolio* commercializzato e destinato alla combustione, può essere utilizzato come combustibile solo alle condizioni previste per il suo utilizzo dal D.Lgs. n. 152/2006, nella Parte V all'art. 293 (*inquinamento atmosferico*). La disciplina dei rifiuti era ed è ancora (dopo le modifiche apportate dal D.Lgs. 16 gennaio 2008 n. 4) pienamente operante ed applicabile ove il *coke*, commercializzato e destinato alla combustione, risulti non soddisfare le condizioni di legge per tale utilizzo.

Lo afferma la **Cassazione** che nega con forza la fondatezza della tesi per la quale l'esclusione del *coke di petrolio* dal campo di applicazione della parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 (*gestione rifiuti*) opererebbe in ogni caso a prescindere dal verificarsi o meno delle prescritte condizioni per il suo utilizzo come combustibile. Ciò comporta che nell'ipotesi in cui sia presente una **quantità di zolfo eccedente la soglia massima** prevista dall'Allegato X al TUA (*disciplina dei combustibili*), il petcoke sia da considerare rifiuto.

Il *coke di petrolio*, commercializzato e destinato alla combustione, può essere utilizzato come combustibile solo alle condizioni previste dall'art. 293 D.Lgs. n. 152/2006⁴³. Solo in tal caso opera il disposto del precedente art. 185 che, nell'elencare le sostanze che non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del medesimo decreto, contemplava (al comma 1, lettera i), il *coke di petrolio* utilizzato come

⁴² Cfr. V. VATTANI, *Il Coke da petrolio nella disciplina prima e dopo le modifiche apportate dal D. Lgs. n. 4/2008: La Cassazione ne sottolinea la natura giuridica di rifiuto*, da www.dirittoambiente.net.

⁴³ Che, ribadiamo, prescrive che negli impianti disciplinati dal titolo I e dal titolo II della parte quinta, inclusi gli impianti termici civili di potenza termica inferiore al valore di soglia, possono essere utilizzati esclusivamente i combustibili previsti per tali categorie di impianti dall'Allegato X alla parte quinta del medesimo D.Lgs. n. 152/2006, alle condizioni ivi fissate.

combustibile per uso produttivo.

I.7. Rilevanti pronunce sul petcoke

Come abbiamo potuto vedere dal precedente paragrafo, quella del petcoke è una condizione normativa *ibrida* cui il legislatore ha cercato di ancorare a precisi parametri. In tal senso, hanno aiutato nel raggiungere tale scopo, anche alcune (ulteriori) importanti sentenze che andiamo, di seguito, ad illustrare.

Fin qui è stato detto che quando il *coke di petrolio* destinato alla combustione non soddisfa le condizioni stabilite dalle norme sull'inquinamento atmosferico per tale utilizzo, la **disciplina sui rifiuti era – ed è tuttora – pienamente operante ed applicabile**.

A confermare questo tipo di impostazione, da ultima, è la **Cassazione con sentenza n. 1985/2015**, secondo la quale l'esclusione del petcoke dalla nozione di rifiuto deve essere letta alla luce del *principio di precauzione* e, quindi, in stretta connessione con la disciplina che detta le regole per il suo utilizzo come combustibile⁴⁴.

Il superamento dei limiti al contenuto in zolfo stabiliti dall'allegato X (richiamato dall'art. 293) comporta quindi che il petcoke, anche se bruciato, debba essere considerato rifiuto.

Nella fattispecie, la sentenza fa riferimento al caso di un rappresentante di una azienda di combustibili cui veniva contestato, in concorso con i legali rappresentanti di altre società, di avere svolto attività di gestione di rifiuti non autorizzata, importando, stoccando, acquistando e successivamente rivendendo 4340t di petcoke, aventi un tenore di zolfo superiore al 6% e una percentuale di materie volatili superiore al 14%, eccedenti i limiti di legge, come tali da considerarsi rifiuti pericolosi.

Il Tribunale dichiarava non doversi procedere per intervenuta prescrizione dei reati, con confisca di quanto in sequestro⁴⁵. La sentenza veniva impugnata dagli imputati.

Nel ricorso, secondo la prospettazione difensiva, si poteva evincere la prova dell'innocenza dell'imputato dagli atti in quanto vi era un'analisi chimica che certificava la perfetta corrispondenza del petcoke ai parametri legislativi: dalla stessa emergeva che la percentuale di zolfo era del 5,94% e la percentuale di materie volatili era dell'11,80%.

Si sarebbe trattato, comunque, di un sottoprodotto, di cui all'art.184**bis** D.Lgs. n. 152/2006, e non di un rifiuto.

⁴⁴ Art. 293 del D.Lgs. n. 152/2006 contenuto nella Parte V sull'inquinamento atmosferico.

⁴⁵ Si ritiene legittima la confisca del petcoke, ai sensi del Codice penale, anche quando il reato di gestione non autorizzata di rifiuti risulta prescritto. I rifiuti, sottolinea infatti la Corte, ove gestiti senza autorizzazione, rientrano tra le cose “*la fabbricazione, l'uso, il porto, la detenzione o l'alienazione delle quali costituisce reato*”, confiscabili ai sensi dell'articolo 240, comma 2, c.p.

Veniva, inoltre, prospettata la violazione degli artt. 183 e 184bis D.Lgs. n. 152/2006 nonché dell'art. 240, secondo comma, n. 2), cod. pen., perché la confisca sarebbe stata disposta nonostante il petcoke sequestrato avesse percentuali di zolfo e materie volatili inferiori ai limiti legali.

Sosteneva, infine, che il petcoke era classificato come combustibile anche nell'originaria versione dell'art. 293 D.Lgs. n. 152/2006 il quale precisava che potevano essere utilizzati esclusivamente combustibili previsti per gli impianti disciplinati dal titolo I e dal titolo II della parte quinta dello stesso decreto dall'Allegato X alla parte V dello stesso decreto e alle condizioni ivi fissate.

Per la Corte di Cassazione i ricorsi erano da accogliersi limitatamente alla questione della confisca, disattendendo la tesi in diritto sostenuta dai ricorrenti secondo cui l'esclusione del *coke di petrolio* dal campo di applicazione della parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 opererebbe in ogni caso a prescindere dal verificarsi, o meno, delle prescritte condizioni per il suo utilizzo come combustibile.⁴⁶

Facendo, infine, un passo indietro, un primo importante verdetto era giunto dalla Corte di Giustizia Europea nel 2004: « *Il coke da petrolio prodotto volontariamente, o risultante dalla produzione simultanea di altre sostanze combustibili petrolifere, in una raffineria di petrolio ed utilizzato con certezza come combustibile per il fabbisogno di energia della raffineria e di altre industrie non costituisce un rifiuto ai sensi della direttiva del Consiglio UE 15 luglio 1975, 75/442/CE, relativa ai rifiuti, come modificata dalla Direttiva del Consiglio 18 marzo 1991, 91/156/CEE* ».

Così si era pronunciata la **Corte di Giustizia Europea, Sezione III**, con *sentenza del 15 gennaio 2004* nel *procedimento C-235/02* avente per oggetto la domanda di pronuncia pregiudiziale, proposta alla Corte, a norma dell'art. 234 CE, dal G.I.P. del Tribunale di Gela in procedimento penale a carico di alcuni dirigenti della raffineria di petrolio di Gela gestita dall'AGIP Petroli, accusati in particolare di non aver rispettato la legislazione italiana in materia di rifiuti.

La questione affrontata riguarda, quindi, il petcoke prodotto nello stabilimento petrolchimico di Gela. Più dettagliatamente, nel corso del procedimento penale a carico del direttore ed ex direttore della raffineria di Gela, il Pubblico Ministero che avendo accertato che la raffineria utilizzava il *coke di petrolio* come combustibile per la centrale di cogenerazione di vapore e di elettricità, aveva sostenuto si trattasse di un **rifiuto** depositato ed utilizzato senza le prescritte autorizzazioni e pertanto aveva ottenuto il sequestro dei depositi in cui esso era stoccato.

A seguito dell'entrata in vigore della L. 6 maggio 2002 n. 82, che aveva praticamente liberalizzato l'utilizzo del coke di petrolio, il Giudice per le indagini preliminari aveva deciso di sottoporre alla Corte di

⁴⁶ In *Ambiente & Sviluppo*, n. 5/2015.

Giustizia le seguenti questioni pregiudiziali:

- 1) Se il coke di petrolio rientri nella nozione di rifiuto fornita dall'art.1 della direttiva 75/442;
- 2) se il suo utilizzo come combustibile costituisca attività di recupero a norma dell'art. 1 della direttiva 75/442;
- 3) se il coke di petrolio utilizzato come combustibile per uso produttivo rientri tra le categorie di rifiuti escludibili da uno Stato membro dall'applicazione della normativa comunitaria sui rifiuti, previa specifica regolamentazione a norma dell'art. 2 della direttiva 75/442;
- 4) se la sua utilizzabilità nel luogo di produzione anche nei processi di combustione mirati a produrre energia elettrica o termica con finalità non funzionali ai processi propri della raffineria, purché le emissioni rientrino nei limiti stabiliti dalle disposizioni in materia, anche se il suo contenuto di zolfo superi il 3% in massa, rappresenti una misura necessaria e sufficiente per assicurare che tale rifiuto sia recuperato senza pericolo per la salute dell'uomo e senza usare procedimenti e metodi che potrebbero recare pregiudizio all'ambiente a norma dell'art. 4 della direttiva 75/442.⁴⁷

La direttiva 75/442/CEE è stata recepita nell'ordinamento italiano con il D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, recante attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio. Tale decreto legislativo definisce i rifiuti in maniera identica alla direttiva 75/442 e per la gestione di certi tipi di rifiuti esso esige un'autorizzazione amministrativa, mentre in altri casi la mancanza di autorizzazione è sanzionata penalmente.

Con l'emanazione del D.L. 7 marzo 2002, n. 22, recante disposizioni urgenti per l'individuazione della disciplina relativa all'utilizzazione del *coke di petrolio* negli impianti di combustione, lo stesso petcoke è stato escluso, da un lato, come combustibile per uso industriale dal campo di applicazione del decreto legislativo 22/97 e, dall'altro, ha disciplinato il suo utilizzo negli impianti di combustione secondo alcune modalità, come, ad esempio, nei processi di combustione mirati a produrre energia elettrica o termica con finalità non funzionali ai processi propri della raffineria, purchè le emissioni rientrino nei limiti stabiliti dalle disposizioni in materia.

Poiché dagli atti è risultato che il *coke di petrolio* veniva utilizzato a Gela come componente principale del combustibile usato per far funzionare la centrale integrata di cogenerazione che soddisfa il fabbisogno di vapore e di elettricità della raffineria, tali condizioni di produzione e di utilizzo hanno portato la Corte di Giustizia Europea a sentenziare di escludere, in questo caso, la definizione di rifiuto, ai sensi dell'art. 1, lett. a) della direttiva 75/442.

⁴⁷ V. PAONE, *La tutela dell'ambiente e l'inquinamento da rifiuti. Dal D.P.R. 915/1982 al D.Lgs. 4/2008*, Giuffrè editore.

Conclusioni

Nel presente lavoro, dopo un doveroso preambolo, nei primi paragrafi, dedicato alla descrizione del petcoke, delle attività dalle quali prende vita e delle sue qualità merceologiche al fine di comprendere il contesto da inquadrare normativamente, ho trattato la disciplina di riferimento, in primis, ripercorrendo la sua evoluzione “*storica*” e in secundis, esponendo la normativa vigente con l’ausilio delle importanti pronunce della Cassazione e della Corta di Giustizia Europea.

Quello del petcoke, come ogni argomento legato ai rifiuti e più in generale al diritto dell’ambiente, è una tematica che richiede una conoscenza trasversale. Punto di incontro tra conoscenza tecnico-scientifica e giuridica, nel quale “*piccoli dettagli*” contribuiscono ad una qualificazione piuttosto che ad un’altra e in virtù di ciò all’applicazione di norme diverse che disciplinano attività diverse.

Il coke di petrolio come residuo solido prodotto della raffinazione del petrolio, è un materiale di matrice sostanzialmente carboniosa che sebbene caratterizzato da un elevato potere calorifico ha sempre incontrato notevoli difficoltà, nel mercato energetico, ad essere impiegato come combustibile in impianti termici, in quanto ritenuto ambientalmente dannoso per gli elevati contenuti di zolfo e di metalli pesanti che lo contraddistinguono.

Negli ultimi anni il generale deterioramento della qualità dei petroli grezzi e il miglioramento delle tecniche di raffinazione hanno portato ad un considerevole incremento. La conseguente abbondante disponibilità che ne è derivata, associata ad un costo contenuto rispetto a quello dei combustibili tradizionali nonché il concomitante sviluppo di tecnologie in grado di utilizzare in modo ambientalmente compatibile anche combustibili potenzialmente difficili, hanno indotto molti operatori a prendere in considerazione l’impiego del coke di petrolio come fonte energetica.

Il suo basso costo, infatti, proprio perché abbinato ad un elevato potere calorifico, lo rende economicamente molto conveniente e potenzialmente in grado di ridurre i costi della produzione di energia elettrica.

Il petcoke, oltre al ruolo ricoperto nell’industria del cemento, dove da anni occupa un posto di rilievo tra i combustibili più utilizzati, può trovare efficace e conveniente impiego, come abbiamo già visto nel corso del lavoro, come fonte di energia nelle caldaie a polverino, nella combustione a letto fluido (CFB) e negli impianti di gassificazione integrata con ciclo combinato (IGCC); tecnologie, quelle citate, che sulla scorta di dati scientifici sarebbero in grado di far fronte adeguatamente alle particolari caratteristiche del petcoke ed ai suoi elevati contenuti di sostanze inquinanti.

A tal proposito, bisogna rilevare che proprio la natura stessa del coke di petrolio deve indurre a molta cautela nella sua manipolazione, così come altrettanta attenzione deve essere posta nel bruciarlo.

Fermo restando la necessità di rispettare i vigenti limiti di legge sulle emissioni, l'impiego del coke di petrolio come fonte di energia richiede come condizione assolutamente necessaria il ricorso alle più moderne ed efficienti tecnologie di contenimento delle emissioni inquinanti e rende indispensabile un continuo e rigoroso monitoraggio degli effluenti gassosi nella post-combustione.

Il migliore utilizzo di questo materiale è quindi ancorato ad un necessario ricorso alle BAT di settore e al loro incessante aggiornamento e oculato controllo delle prestazioni.

Da quanto appreso, il petcoke non è un composto qualificabile giuridicamente a priori in quanto la sua identità merceologica, che indirizza la normativa da applicare, dipende da una serie di varianti tali da rendere il coke di petrolio differente non solo in base allo stabilimento dal quale proviene ma anche, all'interno di uno stesso stabilimento, in base alla lavorazione dalla quale prende forma.

La lettura sull'impiego di un determinato elemento deve inevitabilmente partire dal *principio di precauzione* enunciato all'art. 191 del Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea. Il suo scopo è garantire un alto livello di protezione dell'ambiente grazie a delle prese di posizione preventive in caso di rischio. Nella pratica, il campo di applicazione del principio è molto più vasto e si estende anche, tra gli altri, alla salute umana, animale e vegetale.

Secondo la Commissione Europea, il principio di precauzione può essere invocato quando un fenomeno, un prodotto o un processo può avere effetti potenzialmente pericolosi individuati tramite una valutazione scientifica e obiettiva, se questa valutazione non consente di determinare il rischio con sufficiente certezza.

Viene, quindi, definito come una *strategia di gestione del rischio* nei casi in cui si evidenzino indicazioni di effetti negativi sull'ambiente o sulla salute degli esseri umani, degli animali e delle piante, ma i dati disponibili non consentano una valutazione completa del rischio. L'applicazione del principio di precauzione richiede tre elementi chiave: 1. l'identificazione dei potenziali rischi; 2. una valutazione scientifica, realizzata in modo rigoroso e completo sulla base di tutti i dati esistenti; 3. la mancanza di una certezza scientifica che permetta di escludere ragionevolmente la presenza dei rischi identificati.

L'esclusione, allora, del petcoke dalla nozione di rifiuto va inquadrata proprio puntando al *principio di precauzione* e, quindi, in stretta connessione con le norme che tassativamente individuano le regole per il suo utilizzo come combustibile.

Personalmente, in quanto convinto sostenitore dello *sviluppo sostenibile* auspico (oltre ad un effettivo, concreto e puntuale controllo

delle emissioni derivanti da attività industriali) un superamento dell'attuale prevalente modello di approvvigionamento di energia verso un modello che si possa presentare il più *eco-sostenibile* possibile. Avviare in via definitiva il processo di decarbonizzazione e investire sulle moderne tecnologie in grado di produrre energia pulita.

D'altronde, l'adozione di obiettivi a lungo termine e di misure politiche di sostegno ha determinato una forte crescita del consumo di energia rinnovabile nell'Unione, che è passato dal 9% nel 2005 al 16,7% nel 2015. Stando agli ultimi dati pubblicati nel 2018 dall'agenzia internazionale per le energie rinnovabili (IRENA), l'UE e la maggior parte dei suoi Stati membri sono sulla buona strada per raggiungere l'obiettivo del 20% fissato per il 2020.

Il 5 ottobre 2016 l'UE ha formalmente ratificato l'accordo di Parigi (COP21), che ha fissato l'obiettivo di limitare l'aumento della temperatura media globale della Terra in questo secolo "ben al di sotto dei 2 °C" rispetto ai livelli preindustriali. In pratica ciò comporta la riduzione a zero delle emissioni globali di carbonio derivanti dal consumo energetico entro il 2060 e il mantenimento di tale livello fino alla fine del secolo. Il raggiungimento di questo obiettivo implica una decarbonizzazione totale del sistema energetico e lo sviluppo e la diffusione su vasta scala di tutte le tecnologie di energia rinnovabile.

La Commissione Europea ha delineato quindi un nuovo approccio alla ricerca e innovazione in campo energetico allo scopo di accelerare la decarbonizzazione del sistema elettrico europeo e di aprire nuove prospettive di mercato per le tecnologie energetiche a zero emissioni più promettenti. In particolare, il Piano Strategico Europeo per le Tecnologie Energetiche (SET-Plan) ha recentemente individuato le azioni prioritarie per consolidare la leadership della UE nel settore dell'energia dal mare e colmare la distanza residua tra lo sviluppo e la dimostrazione di prototipi ed il loro sfruttamento commerciale.

Le tecnologie per la conversione di energia da fonti marine in energia elettrica – in particolare quelle che sfruttano il moto ondoso e le correnti di marea – sono pronte a entrare nella fase conclusiva del loro sviluppo, passando dallo stadio dimostrativo a quello della completa operatività in mare, preludio di un promettente sfruttamento commerciale.

Bibliografia

AL-HAJ IBRAHIM H., MORSI B.I., *Industrial & engineering chemistry research*, 1992

ALZIATI A., *Riv. Combustibili*, 1970, 24

Ambiente & Sviluppo, n. 5/2015

CEMP, *Central Steam Boiler Plants*, Publication number TM 5-810-15, 1995, Cap. 5, da <http://www.usace.army.mil/publications/armytm/tm5-810-15/chap5.pdf>

CONCAWE, Product Dossier n. 93/105 - *Petroleum coke*

CONN R.E., SELAKUMAR K., BLAND A.E., *Proceedings of the 15th International Conference on Fluidized Bed Combustion*, Paper n. FBC99-0144, Savannah, Georgia, 1999

DACCO' A., RABOTTI G., PASSARO B., PARODI E., *Riv. Combustibili*, 1998, 52

DYMOND R., *Hydrocarbon Engineering*, 1999

FERNANDO R., *The use of petroleum coke in coal-fired plant*, IEA Coal Research, London, November 2001

GIRELLI A., *Riv. Combustibili*, 1978, 32

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries, December 2001

Metodi di produzione del petcoke, A.I.T.E.C., Maggio 2002

NARULA R.G., *Bechtel Power Corporation*, Gaithersburg, Maryland, USA, da <http://www.worldenergy.org>

PAONE V., *La tutela dell'ambiente e l'inquinamento da rifiuti. Dal D.P.R. 915/1982 al D.Lgs. 4/2008*, Giuffrè editore

PARMALIANA A., *Chimica e Industria*, 2002, 84 (4), 15

PARODI E., PASSARO B., ROLLA A., TRIFIRO' R., *Riv. Combustibili* (1999), 53, 3

Petroleum Test Coke Plan da <http://www.api.org/-hvp/petroleumcoketp.htm>

PINELLI G., *Il coke di petrolio come fonte di energia*, da www.ssc.it

RUSSO T. in GIRELLI A., *Petrolio - Grezzo Raffinazione Prodotti*, Tamburini Editore, Milano, 1969

SLORR L., *Organic compounds from coal utilisation*, IEA Coal Research, London, September 2001

SPEIGHT J.G., *The Chemistry and Technology of Petroleum*, 3rd Edition, Marcel Dekker Inc, New York, 1999

VATTANI V., *Il Coke da petrolio nella disciplina prima e dopo le modifiche apportate dal D. Lgs. n. 4/2008: La Cassazione ne sottolinea la natura giuridica di rifiuto*, da www.dirittoambiente.net