

MANAGEMENT DELL'ENERGIA: ENERGIE NON RINNOVABILI E RINNOVABILI E LORO EFFICIENZA

di Alessandro Baroni

INDICE

INTRODUZIONE

CAPITOLO I

LE ENERGIE NON RINNOVABILI

- 1.1 Il petrolio**
- 1.2 Il carbone**
- 1.3 Il gas metano**
- 1.4 L'uranio: l'energia nucleare**
- 1.5 Svantaggi delle energie non rinnovabili**

CAPITOLO SECONDO

LE ENERGIE RINNOVABILI

- 2.1 Perché è necessario ricorrere alle energie rinnovabili**
- 2.2 L'energia solare: il fotovoltaico**
- 2.3 Il vento: l'energia eolica**
- 2.4 Energia generata dalle biomasse**
- 2.5 L'energia idroelettrica**
- 2.6 L'energia geotermica**
- 2.7 Conclusioni: la Smart Grid**

CAPITOLO TERZO

LA GESTIONE DELL'ENERGIA II RUOLO DELL'ENERGY MANAGER

- 3.1 LCA (life cycle assessment) carbon footprint e water footprint**
- 3.2 L'energy manager: la professione del futuro per una corretta gestione dell'energia**
- 3.3 Conclusioni**

INTRODUZIONE

Di pari passo con la storia dell'uomo, è possibile considerare anche una storia dell'evoluzione degli impieghi e delle fonti dell'energia. Se anticamente l'energia era studiata, ricavata ed utilizzata soprattutto per scopi bellici ed urbanistici, con il passare del tempo, nel corso dei millenni, il problema dell'immagazzinamento di energia e la ricerca di fonti sempre diverse ha riguardato sempre di più ogni aspetto della vita quotidiana, fino a diventare cruciale, in un momento di crisi globale come questo, perfino per la stabilità di intere nazioni.

Infatti l'evoluzione del mondo in cui viviamo è legata in modo indissolubile alla disponibilità e all'innovazione dell'uso dell'energia. Mai come in questo momento la dipendenza del nostro sviluppo da tale risorsa si è fatta così importante. Ne deriva che la disponibilità e il costo dell'energia sono diventati elementi sempre più strategici e determinati per lo sviluppo economico di una nazione.

Se all'epoca della seconda rivoluzione industriale si guardava con favore alle nuove potenzialità che offrivano impianti e macchine grazie all'impiego di combustibili fossili, e tale entusiasmo andava crescendo nel tempo fino agli anni Settanta del Novecento, incrementando offerta di lavoro e relativo benessere per la società, già negli ultimi anni del secolo scorso è stato accertato e documentato come petrolio e altri combustibili fossili fossero stati talmente impiegati nell'ultimo secolo da vedere esageratamente diminuite le risorse naturali disponibili. Contestualmente si apriva un problema complesso, non solo economico, ma anche politico, sociale, ideologico ed ecologico, sicuramente di difficile approccio e che ancora oggi non ha trovato una soluzione univoca e condivisa.

Infatti, le risorse energetiche finora utilizzate, in quanto fossili, non rendono possibile in nessun caso la creazione di nuovi bacini delle stesse risorse, poiché per riprodursi ci vorrebbero milioni di anni. Né è immediatamente possibile utilizzare combustibili alternativi per tutti i tipi di impianti, motori

e macchine di cui già si dispone e che erano stati progettati per un'alimentazione di tipo prevalentemente fossile. Per non parlare delle conseguenze nefaste sul clima e sull'ambiente in genere dovute all'utilizzo massimo di tali fonti di energia non rinnovabili (pensiamo in primo luogo all'inquinamento e all'effetto serra). Discende da tali considerazioni, la necessità di trovare quanto prima un ragionevole e condivisibile compromesso tra scienza, tecnica, tecnologia e risorse, possibilmente mantenendo un trend economico di progresso generale, cosa che non è solo auspicabile ma fondamentale per il futuro dell'uomo.

Per queste ragioni sarà necessario cercare e trovare una soluzione ragionevole e sostenibile al problema sopra esposto: da un lato sarà importante conservare, per ogni evenienza, una quantità di combustibili fossili intatta, dall'altro, sarà altrettanto indispensabile costruire nuovi impianti per poter sfruttare al meglio tutte quelle risorse che abbondano e sono rinnovabili per il pianeta, o facilmente producibili, reperibili in ogni Paese, e che possono consentire di estrarre energia per utilizzarla in molteplici settori. Ecco quindi apparire all'orizzonte la figura dell'Energy Manager ossia colui vede tra i propri compiti principali l'analisi, il monitoraggio e l'ottimizzazione dell'uso dell'energia delle imprese e degli enti, pubblici o privati, consentendo così di conseguire benefici economici, energetici, ambientali e legati alla produzione di beni e servizi.

L'obiettivo del presente studio è passare in rassegna le fonti di energia non rinnovabili e le fonti di energia rinnovabili, mettendone in luce svantaggi e vantaggi, per cercare di capire su quali energie sia meglio puntare e, soprattutto investire, per uno sviluppo futuro, tecnologico e industriale, sostenibile ed eco-compatibile che permetta al genere umano di progredire cercando però di preservare l'ambiente che ci circonda.

Verranno poi esaminate gli studi di *life cycle assessment* (LCA) per valutare l'impatto che la produzione di un bene ha su una o più componenti ambientali durante il suo ciclo di vita.

A tal proposito ci soffermeremo, in particolare, su due indicatori: la *carbon footprint* e la *water footprint*.

Infine verrà analizzata la professione che si sta affermando in tale contesto per una corretta e consapevole gestione delle fonti di energia: l'energy manager ossia colui, che, nel settore energetico, è chiamato a dare indirizzi e a operare scelte, sia per le aziende pubbliche che per quelle private, per ottimizzare i benefici economici, tenendo comunque presente il rispetto dell'ambiente, nella creazione di beni e servizi.

CAPITOLO PRIMO

LE ENERGIE NON RINNOVABILI

1.1 Il petrolio

La maggior parte dell'energia oggi utilizzata è ottenuta da combustibili fossili (petrolio, gas naturale, carbone) e dall'uranio, un materiale fissile. Queste sono le cosiddette fonti di energia non rinnovabili, destinate in periodi più o meno lunghi ad esaurirsi. Si tratta di fonti di energia primaria, che vengono trasformate soprattutto in energia elettrica dopo processi di conversione. Certamente, tra le fonti di energia non rinnovabili, la più importante ancora oggi resta il petrolio.

Il petrolio è il principale combustibile fossile liquido. E' costituito da una miscela di idrocarburi (molecole costituite da carbonio e idrogeno) che derivano dalla decomposizione in ambiente marino, al di sotto delle coperture sedimentarie, di organismi animali e vegetali. Poiché i tempi naturali di formazione del petrolio sono di decine di milioni di anni, e lo sfruttamento è invece rapidissimo, questa fonte, al pari degli altri combustibili fossili, è da considerarsi “non rinnovabile” e destinato ad esaurirsi.

Va detto che la maggiore o minore facilità di estrazione dipende dal grado di fluidità del greggio e dalla permeabilità della roccia porosa che lo racchiude. La pressione che permette al greggio di risalire in superficie è data dalla presenza in soluzione di idrocarburi gassosi. Una volta effettuata la trivellazione della roccia, la spinta si distribuisce in tutte le direzioni e non solo verso l'alto, determinando la cosiddetta perdita di carico, che è inevitabile. Una volta esaurito il giacimento, resta una roccia spugnosa vuota.

Si fa presente che prima si recuperava solo il petrolio che usciva dal sottosuolo spontaneamente, invece oggi si procede al recupero secondario mediante i sistemi di *gas injection* oppure di *water injection* che consistono

nel pompaggio sotto terra di gas o acqua, allo scopo di spingere verso l'alto il carburante rimasto nella roccia spugnosa e ormai privo di pressione. Chiaramente il petrolio greggio estratto non è immediatamente utilizzabile: deve essere trattato mediante riscaldamento, purificato per centrifugazione, separato nei suoi componenti principali (gas, benzina, gasolio, nafta, oli pesanti) mediante distillazione frazionata (cosiddetto *topping*) e trattato chimicamente per aumentarne il valore (processi di *cracking*, di *reforming* e di alchilazione). Tutte queste pratiche costituiscono il processo di raffinazione del petrolio.

1.2 Il carbone

Il carbone era il combustibile fossile più diffuso nel mondo. E' una roccia sedimentaria costituita da materiale organico composto di carbonio, idrogeno, ossigeno, piccole quantità di azoto e zolfo e materiale inorganico. Le sue origini si fanno risalire alla decomposizione, in ambiente anaerobico, di grandi masse vegetali. Il processo di carbonizzazione consiste in un progressivo arricchimento in carbonio della materia organica.

Va sottolineato principalmente che la combustione del carbone è responsabile di un grave inquinamento ambientale (provoca il fenomeno delle piogge acide) che solo negli ultimi anni si è riusciti a contenere entro limiti accettabili, ricorrendo a sofisticate tecnologie, ma non sempre applicate per gli elevati costi.

Va precisato che, da un punto di vista geografico, nel Sud del mondo se ne fa abbondante impiego ancora nei modi tradizionali ma, a sfavore di questo antico combustibile fossile, giocano anche i forti costi di trasporto. I principali paesi esportatori di carbone sono: Australia, Polonia, Colombia, Canada e Sudafrica.

Da un punto di vista economico e industriale, il settore siderurgico è stato sempre il maggiore assorbitore di carbone, il cui impiego come materia prima per la produzione dell'acciaio si è dilatato nel tempo, in sintonia con l'espansione dell'industria pesante di base, in atto oggi soprattutto nei paesi

in via di sviluppo. Sul versante del trasporto sono stati compiuti passi in avanti per provare a contenere i costi e, in tal senso, il ricorso alle navi resta fondamentale: infatti, con questo mezzo, viaggia la gran parte del commercio mondiale. Va ricordato che si sono già sperimentati carbonodotti nei quali il minerale fluisce per pompaggio dopo essere stato ridotto in polvere e mescolato all'acqua.

Per quanto riguarda le tecniche di estrazione, esse dipendono dalla profondità del filone carbonifero. Quindi, se esso si trova a non più di 50 metri di profondità si attua la coltivazione a cielo aperto mediante rimozione dello strato di copertura, invece, per maggiori profondità, l'estrazione avviene con lo scavo di cunicoli sotterranei.

1.3 Il gas naturale

Il gas naturale si trova nel sottosuolo, normalmente negli stessi giacimenti in cui giace il petrolio, o associato ad esso, disciolto o raccolto in sacche o tasche superficiali (gas di copertura), oppure in giacimenti costituiti esclusivamente da gas naturale, qualche volta come metano quasi puro (*dry gas*) o più spesso unito ai vapori di idrocarburi condensabili (*wet gas*).

Certamente va precisato che il gas naturale presenta l'indubbio vantaggio, rispetto alle altre fonti energetiche non rinnovabili, di essere la risorsa meno dannosa per l'ambiente poiché la sua combustione non comporta il rilascio di impurità nell'atmosfera. Inoltre, rispetto al petrolio, ha il vantaggio di riserve più consistenti. A sfavore del gas naturale si possono rilevare, però, gli elevati costi di trasporto, che impongono la realizzazione di complesse reti di metanodotti. Il trasporto, la liquefazione quando necessario, lo stoccaggio, la distanza tra luogo di produzione e di utilizzo finale incidono in maniera tale da rendere poco elastico il prezzo finale del metano.

Va sottolineato che la Russia dispone del 40% circa delle riserve mondiali e ne produce un'analoga percentuale, collocandosi al primo posto anche sul mercato dell'esportazione. Per quanto riguarda gli Stati Uniti, la prima potenza mondiale è il secondo produttore, ma consuma quanto ottiene dal

sottosuolo, anche se va detto che sta aumentando la produzione di gas per mezzo di grandi investimenti. Importanti riserve di gas sono custodite in Medio Oriente, ma pare che solo l'Arabia sia in grado di sfruttarle anche se in maniera contenuta.

Va precisato che, ai fini dell'esportazione, più che la produzione annua, contano le riserve, le sole che possano giustificare i forti investimenti connessi con la realizzazione di lunghe reti di metanodotti.

Alcune previsioni sui futuri consumi energetici ipotizzano, sulla base dei trend osservati, un ruolo del gas centrale nel soddisfacimento del fabbisogno energetico mondiale.

Si prevede che la domanda di gas mondiale dovrebbe raggiungere nel 2035 un livello più che doppio rispetto a quello registrato nei primi anni dieci del duemila. Tale scenario si basa su diversi fattori.

Prima di tutto deve essere presa in considerazione la recente attenzione della Cina a questa fonte, infatti questa importante potenza mondiale ha avviato una serie di iniziative per incoraggiare l'uso di questa fonte. A tal proposito non va omissa la considerazione che il Paese asiatico, di recente, ha preso un impegno per una crescita economica più sostenibile. Ciò ha comportato una riduzione dell'uso del carbone quale fonte primaria e un maggiore ricorso a fonti alternative quali rinnovabili, nucleare e, appunto, gas.

Anche il settore industriale, che attualmente risulta il principale utilizzatore di gas, vedrebbe nell'utilizzo di questa fonte di energia la soluzione alle problematiche legate alle emissioni di CO₂ che invece sono collegate all'uso del carbone.

Coerentemente con i suoi programmi di incremento dell'uso di questa fonte, il colosso asiatico sta inoltre investendo in infrastrutture per il trasporto e la rigassificazione.

Va precisato che ulteriore fattore a supporto di un ruolo sempre più preponderante del gas è la stima delle riserve di gas convenzionale e non convenzionale e l'incremento futuro di produzione. Infatti, secondo la *International Energy Agency* (IEA), la disponibilità di gas sarebbe più che sufficiente per un incremento mondiale di domanda di questa fonte e la

produzione del solo gas non convenzionale, secondo le previsioni IEA, riuscirà ad assorbire entro il 2035, più del 40% dell'incremento di domanda di gas.

Di contro non va omessa la considerazione che un possibile freno alla produzione di gas non convenzionale potrebbe venire, in futuro, da una maggiore regolamentazione del settore richiesto dai singoli Stati legata alle problematiche ambientali connesse a questa modalità di estrazione.

Altri fattori, quali il prezzo della materia prima gas, le infrastrutture di trasporto, attuali e pianificate, la competitività di costo rispetto ad altre fonti nella produzione di energia elettrica, le innovazioni tecnologiche connesse a una a una sempre maggiore riduzione di CO₂ nel suo utilizzo, le decisioni di politica energetica dei singoli Stati volte a incentivare l'uso delle diverse fonti, saranno decisivi nel decretare l'effettiva supremazia di questa fonte non rinnovabile rispetto alle altre.

1.4 L'uranio: l'energia nucleare

L'energia nucleare è l'energia sprigionata dalla materia quando i nuclei degli atomi che la costituiscono subiscono una trasformazione. Due sono i processi fondamentali per ottenere energia nucleare: la fissione e la fusione nucleare. Solo la fissione nucleare è utilizzata finora per la produzione di energia.

Vediamo sinteticamente come si produce energia nucleare: l'elemento fissile usato per eccellenza è l'uranio-235 che viene introdotto all'interno del reattore in un apposito alloggiamento, chiamato nocciolo, dove avviene la fissione mediante una reazione a catena, con sviluppo di una grande quantità di energia, emessa sotto forma di calore. Successivamente un sistema di raffreddamento ad acqua pressurizzata asporta il calore prodotto nel reattore e il vapore surriscaldato serve a far muovere la turbina per la produzione di energia elettrica.

Va precisato che, in natura, l'uranio utilizzabile direttamente nei reattori nucleari è molto raro, dunque il minerale estratto deve subire il processo di arricchimento, e cioè la separazione dell'U-235 dall'U-238.

Da un punto di vista storico un evento ha rappresentato un improvviso cambio di direzione nella produzione di questo tipo di energia: se nel biennio 1984-85 la produzione di energia nucleare crebbe al ritmo del 20% l'anno, l'incidente di Chernobyl dell'aprile 1986 interruppe la forte tendenza all'aumento.

Dopo di allora, quasi ovunque nel mondo, si verificò un ripensamento. Nonostante ciò la produzione di energia elettronucleare poi è andata ancora aumentando in quanto il costo di produzione di un KWh elettrico di origine nucleare è inferiore a quello di ogni altra fonte rinnovabile e non rinnovabile.

Ma un altro evento epocale è intervenuto a cambiare di nuovo lo scenario mondiale.

L'incidente al reattore nella centrale nucleare giapponese di Fukushima Daijichi nel marzo 2011, causato da un terremoto seguito da uno tsunami, ha scatenato in molti Paesi accese discussioni sullo sfruttamento dell'energia nucleare. Ad esempio, oltre alla Svizzera, anche la Germania ha deciso, in seguito a quanto accaduto in Giappone, di abbandonare l'energia nucleare e la Spagna e il Belgio intendono abbandonare l'energia nucleare entro il 2030.

Va detto che, al momento, in Europa, sono la Francia, la Slovacchia e il Belgio a puntare maggiormente sull'energia nucleare: il 70 per cento dell'energia elettrica prodotta in Francia è di origine nucleare e in Slovacchia e in Belgio supera di poco la metà della produzione nazionale.

In tutto il mondo sono attualmente in funzione circa 440 centrali nucleari in 32 Paesi. Il loro numero è stagnante, ma la potenza installata cresce e alla fine del 2019 ammontava a 390 GW.

Per completezza di informazione va precisato che oltre la metà dei reattori nucleari esistenti a livello mondiale data più di 30 anni e nei prossimi anni verranno disattivati. Peraltro l'Agenzia internazionale per l'energia atomica

(AIEA) ritiene che fino al 2050 la quota di elettricità di origine nucleare continuerà ad aumentare in tutto il mondo. Attualmente in diversi Paesi sono stati costruiti 53 nuovi reattori e 118 sono in fase di progettazione; la maggior parte di essi si trova in Cina, India e Russia.

Infine va rilevato che l'energia nucleare oggi rappresenta circa il 10% di energia elettrica prodotta a livello mondiale.

1.5 Svantaggi delle energie non rinnovabili

Ora saranno analizzati, sinteticamente, gli svantaggi che caratterizzano le fonti di energie non rinnovabili, in particolar modo gli svantaggi del petrolio, maggiore fonte di questa categoria.

I giacimenti superficiali di petrolio nel lontano passato furono utilizzati per scopi marginali come il calafataggio delle barche o l'impermeabilizzazione dei tessuti. Dal XVI secolo in poi col distillato di petrolio greggio dei giacimenti superficiali gli uomini ottenevano lubrificanti e prodotti medicinali.

Ma il reale ed efficace utilizzo del petrolio ebbe inizio nel XIX secolo. Il progresso pretendeva maggiori ore di luce artificiale per poter leggere o lavorare anche col buio; la richiesta di un combustibile economico aumentò notevolmente. Con la rivoluzione industriale si creò una ulteriore vigorosa spinta puntando sulla necessità intrinseca di un cambio radicale, anche se non velocissimo, come la storia insegna in tutti i cambiamenti epocali. La domanda era pressante.

Si pensi che al tempo della rivoluzione industriale i combustibili a disposizione non erano più sufficienti e creavano problemi:

- l'olio di balena era molto costoso;
- le candele di sego sprigionavano un odore sgradevole;
- i becchi a gas erano utilizzati solo da pochi abbienti nelle abitazioni più moderne delle città.

La necessità portò al miglioramento dei metodi per produrre e commercializzare sostanze capaci di soddisfare le necessità della popolazione.

Ma la grande svolta avvenne solo nel 1852 con la ricerca di un combustibile poco costoso per le lampade, studiato e brevettato dal geologo canadese Abraham Gessner. La necessità portò al miglioramento dei metodi per produrre e commercializzare sostanze capaci di soddisfare le necessità della popolazione. Il nuovo prodotto venne chiamato dapprima petrolio illuminante, poi kerosene (dal greco *keròs*, cera). Si tratta di una miscela di idrocarburi ottenuta dalla distillazione del greggio di petrolio come frazione intermedia tra la benzina e il gasolio. Inizialmente aveva lo scopo di illuminare, poi il suo uso è passato a combustibile da riscaldamento o come carburante per i trattori.

Tale geniale invenzione portò a un ulteriore sviluppo grazie al chimico statunitense e docente universitario di Yale Benjamin Silliman jr. che calcolò la vasta gamma di prodotti utili che potevano essere ricavati dalla distillazione del petrolio. Pertanto chi, alla fine dell'Ottocento, scoprì di possedere un giacimento di petrolio era improvvisamente un uomo ricco. La storia e la filmografia lo testimoniano.

Si può affermare che l'evento più eclatante nel mondo, nonostante esistessero già dei giacimenti di petrolio in Germania, fu la trivellazione di un pozzo a Oil Creek, in Pennsylvania, per opera del colonnello Edwin Drake.

Paradossalmente il giacimento trovato era poco profondo, 21 metri, ma il petrolio era di tipo paraffinico, molto fluido e facile da distillare.

Possiamo affermare che da questa trivellazione inizia la moderna epoca petrolifera. Successivamente grazie, se così possiamo dire, all'industria bellica e al nuovo metodo di combustione dettato dal fabbisogno energetico, il petrolio cavalcò l'era industriale moderna dettata a studiosi e scienziati che ne compresero le potenzialità.

Dopo questa breve carrellata sull'ascesa e sul successo di questa fonte di energia va sottolineato che uno degli aspetti negativi e poco vantaggiosi dell'approvvigionamento petrolifero è la dislocazione geografica.

Il paese al mondo con le maggiori riserve petrolifere è il Venezuela, con 296,5 miliardi di barili di petrolio (ovvero il 18% del totale mondiale), dopo che fra il 2007 ed il 2010 sono stati scoperti i giacimenti di petrolio non convenzionale della cintura dell'Orinoco (pari a 220 miliardi di barili, ovvero il 74% del totale delle riserve petrolifere del paese sudamericano). Al secondo posto c'è l'Arabia Saudita, con riserve petrolifere accertate pari a 265 miliardi di barili, seguita dal Canada, con 175,2 miliardi di barili di petrolio (di cui 169,2 miliardi di barili provengono dalle sabbie bituminose, scoperte nel 1999), l'Iran, con 151,2 miliardi di barili di petrolio e l'Iraq, con 143,1 miliardi di barili di petrolio.

Forse nella società moderna tale distribuzione disomogenea ha portato, come principale svantaggio, la triste conseguenza di una corsa agli armamenti da parte delle diverse potenze mondiali, al fine di un approvvigionamento soddisfacente di petrolio, al bisogno interno dei vari Stati e all'eventuale vendita, in modo da creare un indotto di ricchezza speculativo.

Le moderne guerre del petrolio nascono nei primi anni Settanta, ma in realtà anche prima: il petrolio era diventato una delle cause principali di conflitti, in quanto risorsa primaria delle moderne economie.

A tal proposito va sottolineato che, da un punto di vista storico-politico, le guerre per le risorse hanno via via sostituito, nel secolo passato, le guerre territoriali di impostazione tradizionale.

Inoltre va evidenziato che il 5 % della popolazione mondiale appartenente ai paesi definiti ricchi, consuma quasi il 30 % del petrolio prodotto. Ancora ai giorni nostri, dopo più di un secolo, la necessità di petrolio delle maggiori economie occidentali ha, tra le sue conseguenze, il diktat di controllare la produzione di greggio ad ogni costo, con ovvie e ineluttabili conseguenze, salvo il fatto che non vengano ancora create risorse sufficienti per soppiantare tale necessità monopolizzante.

Anche scontri chiaramente territoriali, come quello israelo-palestinese, si caricano di altri significati e valenze nel momento in cui una delle due parti è appoggiata da quel mondo arabo, maggior produttore mondiale di greggio. Secondo molti osservatori e buona parte dell'opinione pubblica, sottrarsi alla dipendenza delle economie mondiali dal petrolio potrebbe rivelarsi la chiave giusta per disinnescare molte delle tensioni che generano conflitti. Un altro svantaggio ineliminabile scaturito dalla produzione e dalla lavorazione del petrolio è l'aspetto ambientale. Il petrolio rappresenta un problema per l'ambiente e per la nostra salute, poiché è considerato direttamente o indirettamente responsabile dell'inquinamento del nostro pianeta. Non è facile stimare la quantità di idrocarburi dispersa ogni anno in mare, tuttavia le stime delle perdite sembra che si aggirino su una media di 4 milioni di tonnellate l'anno per tutto il pianeta e di 600.000 tonnellate solo nel Mediterraneo.

Ulteriore svantaggio, non da poco, è la dipendenza che può crearsi nei confronti di quei paesi che hanno nel loro sottosuolo il petrolio e la conseguente forza di aumentarne il prezzo o decidere di bloccarne le vendite creando scompensi nel mondo intero.

Passiamo ora a analizzare gli svantaggi del più antico combustibile fossile, il carbone.

Certamente possiamo affermare che il principale nemico del carbone è l'inquinamento: la sua combustione, come è noto, produce CO₂ nell'atmosfera; inoltre contribuisce, a contatto con l'acqua, alla formazione delle cosiddette piogge acide, ed è pertanto questa – secondo la maggior parte degli esperti del clima – la causa principale del riscaldamento globale. Senza dimenticare che nelle emissioni degli impianti sono presenti altri inquinanti (radon, gas radioattivo) e scorie nocive che non possono essere debellate, ma soltanto limitate laddove determinate tecnologie sono presenti, dato che molti Paesi non le attuano in quanto gravano fortemente sul costo degli impianti stessi. Il risultato di tutto questo è che le centrali elettriche a carbone sono responsabili di un terzo delle emissioni totali di anidride

carbonica di origine umana, poiché il carbone è e rimane una delle fonti energetiche più inquinanti che si conoscano.

Per quanto riguarda l'energia nucleare, il principale svantaggio, come accennato in precedenza, è rappresentato dalla gravità delle conseguenze degli incidenti alle centrali nucleari. Le radiazioni a cui la popolazione viene esposta causano un maggiore rischio di morte per leucemia e tumore. Dall'incidente di Chernobyl e, poi, di Fukushima, la sicurezza delle centrali è diventato uno dei principali aspetti critici dell'energia nucleare per uso civile.

Inoltre le scorie nucleari sono un altro aspetto critico del nucleare: non possono essere distrutte e l'unica soluzione, per il momento, sembra essere lo stoccaggio per migliaia di anni in depositi geologici o ingegneristici. La ricerca di un deposito sicuro è tra i principali obiettivi della UE e degli USA. In tal senso sono necessari anni di studi e grandi investimenti per l'individuazione delle soluzioni di stoccaggio per centinaia di migliaia di anni: il che è un'altra grave criticità.

Peraltro anche il processo di localizzazione di una centrale nucleare o del deposito di scorie è molto difficoltoso. Nessuna comunità locale accetta di sacrificare il proprio territorio per ospitare i rifiuti nucleari.

Infine non va dimenticato che il trasporto di scorie e materiale nucleare è uno degli aspetti più critici da un punto di vista della sicurezza dell'ambiente e della popolazione per il pericolo di possibili attacchi terroristici e incidenti.

Per concludere possiamo affermare che tra le fonti di energia non rinnovabili quella che presenta meno svantaggi è il gas naturale anche se va detto che, a causa della elevata percentuale di metano in questo tipo di fonte energetica, è altamente infiammabile. Ci sono alte possibilità che le esplosioni si verificano durante l'estrazione di metano, inoltre, il gas naturale, essendo una sostanza incolore e inodore è di difficile rilevazione in caso di fughe di gas. Ciò rende l'uso del gas naturale più rischioso.

Peraltro il processo di estrazione di gas naturale implica la creazione di grandi cavità nel terreno ma le cavità risultanti producono un aumento della pressione

del terreno e possono provocare, in ultima analisi, gravi danni a quest'ultimo fino a farlo affondare. Per questo è importante effettuare l'estrazione in un ambiente ben gestito e controllato.

Abbiamo già ricordato che il gas naturale richiede impianti di trattamento molto complessi e condutture imponenti e costose per il trasporto. Queste condutture, inoltre, devono essere interrato e regolarmente controllate per evitare perdite; a ciò si aggiungono i costi di manutenzione dei gasdotti. Se non opportunamente trattati in impianti adeguati, il gas naturale può risultare una sostanza velenosa: infatti il metano contenuto nel gas naturale riduce l'apporto di ossigeno al nostro organismo e l'inalazione di grandi quantità di gas naturale può rivelarsi letale. Pertanto è necessario adottare rigorose misure di sicurezza, durante la lavorazione e il trasporto del gas naturale.

Tutti questi inconvenienti, piccoli e grandi, delle fonti di energia non rinnovabili hanno spinto l'uomo a cercare valide alternative per produrre energia.

CAPITOLO SECONDO

LE ENERGIE RINNOVABILI

2.1 Perché è necessario ricorrere alle energie rinnovabili

Da tempo gli studiosi analizzano il grande problema delle fonti rinnovabili. Prima di tutto va detto che il discorso deve partire dalle risorse economiche a disposizione.

Ma perché si tratta di una necessità? Nuovi modelli di consumo, soprattutto nei paesi asiatici, hanno portato alla necessità di focalizzare la ricerca sulle energie fossili. Dato che non vi sono certezze sul lungo periodo e difficoltà sul breve, occorre creare un'alternativa a causa della variabilità del costo del greggio, dell'instabilità politica di alcuni dei Paesi produttori e, infine, dello scarto tra i tipi di petrolio che vengono richiesti dal mercato e quelli realmente prodotti dagli stabilimenti petroliferi.

E la maggior parte degli studiosi in materia è giunto alla conclusione che, tra le diverse ipotesi di alternative nel breve e medio periodo, la più percorribile è quella delle energie rinnovabili.

Quindi cambiare passando dalle energie non rinnovabili, come i combustibili fossili, alle fonti rinnovabili non deve essere percepito come un salto nel vuoto. Da sempre le generazioni hanno compiuto dei cambiamenti, a volte del tutto innovativi e drastici, per adattarsi alle nuove esigenze della società moderna. Anche nel campo energetico, come accennato nel capitolo precedente, si è passati dalla legna al carbone, dal carbone al petrolio che piano piano per necessità e per convenienza sta aprendo la strada alle energie rinnovabili.

Va precisato che non sempre questi passaggi sono stati resi possibili perché le materie prime in questione stavano esaurendosi drasticamente. Ad esempio, quando c'è stato il passaggio tra carbone e greggio, non è avvenuto perché il carbone si stava esaurendo del tutto, ma perché si erano aperte

migliori soluzioni dal punto di vista tecnologico e, soprattutto, dal punto di vista economico.

Un concetto va ribadito prima di andate avanti nel nostro studio: la decisione di intraprendere gli studi sulle energie rinnovabili non riguarda solamente un fattore ambientale, come la maggioranza della popolazione mondiale crede, ma è forse la sola decisione strategica per garantire un futuro alle generazioni del domani.

Anche in Italia è grande la necessità di trovare un'energia alternativa: siamo uno dei paesi occidentali che, pur essendo tra i più sviluppati dal punto di vista economico, si trova in una difficile condizione di vulnerabilità e di insufficienza in campo energetico. Le risorse presenti nel suolo italiano stanno terminando, così da costringere l'Italia a una forte dipendenza geopolitica da paesi esteri. Il petrolio è in esaurimento e i giacimenti di gas naturale stanno terminando, costringendo il governo italiano a importare da altri Paesi.

Purtroppo il nostro Paese spicca nelle classifiche mondiali come uno dei massimi importatori di energia a livello mondiale: siamo da anni stabilmente nei primi dieci posti tra gli Stati importatori netti di questo combustibile per non parlare del gas naturale dove figuriamo ai primi posti insieme a USA, Germania e Giappone e potremmo fare lo stesso discorso anche per quanto riguarda l'importazione di energia elettrica.

Analizzando l'indice RECAI (*Renewable Energy Country Attractiveness Index*) aggiornato a novembre 2020, l'importanza dell'energia rinnovabile sta esponenzialmente crescendo in tutto il mondo, soprattutto negli USA, Cina, Australia e India ma anche in Europa, dove, dopo i tentennamenti iniziali, riscontriamo nella classifica mondiale il Regno Unito (5^a posizione), la Germania (6^a posizione), la Francia (7^a posizione) e la Spagna (10^a posizione). Per trovare l'Italia bisogna arrivare fino al 17^o posto, anche se, a onor del vero, va detto che fino a cinque anni fa il nostro Paese occupava la 26^a posizione.

Va ricordato che il mondo ha impegnato nel 2020 la somma record di 501,3 miliardi di dollari per la decarbonizzazione, battendo l'anno precedente del

9% nonostante la crisi economica causata dalla pandemia. Lo afferma un'analisi sull'investimento nella transizione energetica compilata da *Bloomberg new energy finance* (Bnef) secondo cui l'Europa rappresenta la fetta più grande degli investimenti globali con 166,2 miliardi di dollari (+67%), poi c'è la Cina a 134,8 miliardi (-12%) e gli Stati Uniti a 85,3 miliardi (-11%).

Nel 2020 aziende, governi e famiglie, ha spiegato Bnef, hanno investito 303,5 miliardi di dollari in nuova capacità di energia rinnovabile, con un aumento del 2% rispetto all'anno precedente, favoriti dai più grandi progetti solari mai realizzati e da un'impennata di 50 miliardi di dollari per l'eolico offshore. Hanno anche speso 139 miliardi di dollari in veicoli elettrici e relative infrastrutture di ricarica, con un aumento del 28% che rappresenta un nuovo record.

Anche altre aree di investimento nella transizione energetica hanno mostrato una crescita: l'installazione domestica di pompe di calore ad alta efficienza energetica è stata di 50,8 miliardi di dollari (+12%), mentre gli investimenti in tecnologie di stoccaggio dell'energia stazionaria come le batterie sono stati 3,6 miliardi di dollari, al livello del 2019 nonostante il calo dei prezzi unitari. L'investimento globale nella cattura e nello stoccaggio del carbonio (CCS) è triplicato a 3 miliardi e quello nell'idrogeno è stato di 1,5 miliardi, in calo del 20%, ma il secondo dato annuale più alto fino ad oggi.

Bnef ha concluso che l'impressionante performance dell'Europa è stata trainata da un anno record per le vendite di veicoli elettrici e dall'anno migliore per investimenti in energie rinnovabili dal 2012.¹

I governi, sensibilizzati sulla necessità di un radicale cambiamento nel mondo del settore energetico, mettono a disposizione incentivi che dovrebbero rendere le energie rinnovabili economicamente competitive.

Va detto che l'obiettivo è far in modo che l'energia elettrica generata da fonti rinnovabili possa essere prodotta con sufficienti margini fra costi e prezzi di mercato: vari possono essere gli strumenti da utilizzare:

¹ Fonte www.ansa.it – articolo del 19 gennaio 2021

- fornendo contributi pubblici che portino a una sostanziale riduzione dei costi;
- stimando che l'energia elettrica da fonti rinnovabile possa creare la produzione di sottoprodotti autonomamente valorizzabili per creare nuovi guadagni e far crescere i ricavi dell'impianto stesso;
- ulteriore incentivo potrebbe essere quello di aumentare il costo di energia prodotta da elementi non rinnovabili.

Infine va rilevato che attualmente, in Italia, tutti gli impianti alimentati da fonti rinnovabili sono dotati dalla priorità di dispacciamento che, oltre ad avere una funzione di politica energetica (evita che gli impianti smettano di produrre energia perché non scelti dal mercato), ha un'ulteriore funzione di evitare ai produttori da fonti rinnovabili il rischio commerciale di invenduto.

2.2 L'energia solare: il fotovoltaico

I primi dispositivi basati sul silicio si possono osservare già nei primi anni Quaranta. Ma è nella primavera del 1953 che, studiando il silicio e le sue possibili applicazioni nell'elettronica, Gerald Pearson, fisico presso i laboratori Bell, costruì involontariamente una cella solare a silicio molto più efficiente di quella a selenio. Altri due scienziati della Bell - Darryl Chapin e Calvin Fuller - perfezionarono la scoperta di Pearson e realizzarono la prima cella in grado di convertire in elettricità abbastanza energia solare per alimentare dispositivi elettrici di uso quotidiano: il primo giorno di sole del 1954 la cella al silicio funzionava con un rendimento del 6%.

Negli anni Sessanta si cominciò a pensare di produrre "nastri e fogli" di silicio, per cercare di risolvere il problema degli ingenti sprechi di materiale dovuti al taglio dei lingotti. Ancora negli anni Sessanta Shurland propose l'utilizzo del solfuro di Cadmio, e nel 1967 era pronta la prima cella a solfuro di cadmio depositato su plastica.

Negli anni Settanta cominciarono ad essere sviluppate, nell'ambito delle applicazioni spaziali, celle all'arseniuro di gallio, le quali presero definitivamente piede nell'ultimo decennio del secolo. Successivamente

vennero sviluppati procedimenti per produrre silicio policristallino, meno costosi e meno dispendiosi di quelli per il monocristallino.

Dopo la crisi petrolifera del 1973 Carson ottiene per caso una pellicola sottile di silicio amorfo idrogenato, che nel '76 raggiunge il rendimento del 5,5%. In quegli anni il DOE PV *Research and Development Programme* sperimentava pellicole sottili al silicio cristallino, e tutta una gamma di nuovi materiali. È interessante notare che l'utilizzo di pellicole sottili era già stato proposto dallo stesso Chapin, all'epoca delle sue prime scoperte.

Nei primi anni Ottanta Barnett, per conto della SERI, si interessò al tellururo di cadmio e alle pellicole di silicio policristallino, fondando la società "AstroPower", oggi ben nota. Sempre nei primi anni Ottanta, Martin Green, lavorando alla tecnologia del silicio, sostituì la serigrafia con solchi in rame realizzati con il laser.

Nel 1988 i fogli di silicio venivano ricavati da poligoni ottagonali, migliorando il rendimento del processo e diminuendo la fragilità.

Nel 1997 veniva "lanciata" la prima cella a giunzione tripla a silicio amorfo. I ricercatori hanno avuto un ruolo chiave nella scoperta di nuovi materiali semiconduttori e strutture ibride, e hanno dato importanti contributi alle tecniche di crescita epitassiale e di crescita delle pellicole lattice-matched; una delle prime applicazioni delle strutture ibride a semiconduttore.

Possiamo quindi concludere che in 50 anni di ricerche sul fotovoltaico, mentre questo beneficiava dell'esplosione della tecnologia microelettronica del silicio, produceva nel contempo nuove conoscenze a beneficio di quella stessa industria elettronica con cui era intimamente legato.

Se passiamo ad analizzare le applicazioni pratiche dell'energia solare rileviamo che già dalla fine degli anni Cinquanta il fotovoltaico forniva elettricità ai satelliti americani e sovietici. Gli ingegneri del solare progettavano moduli sempre più potenti, mentre il nucleare non realizzò mai le aspettative per i satelliti spaziali.

Alla fine degli anni Settanta le celle solari erano ormai diventate fonte energetica abituale per i satelliti artificiali, e così è ancora oggi. La tecnologia era invece troppo costosa per gli usi terrestri, e lo rimase fino ai

primi anni Settanta, quando Elliot Berman, sostenuto finanziariamente dalla Exxon, progettò un modulo solare notevolmente più economico.

Possiamo notare che il primo acquirente importante di celle solari per uso terrestre fu l'industria petrolifera, che se ne servì in luoghi non serviti dalle linee elettriche: pannelli fotovoltaici vennero usati al posto di batterie tossiche (ingombranti e dalla vita breve) per alimentare le luci di segnalazioni sulle piattaforme petrolifere del Golfo del Messico e nei campi di estrazione del petrolio e del metano, dove servono piccole quantità di elettricità per combattere la corrosione delle teste dei pozzi e dei condotti.

Nel 1974 John Oades, ingegnere presso una controllata della GTE, progettò un ripetitore a bassissima potenza per il quale era sufficiente l'energia fotovoltaica. Così non ci fu più il problema di trasportare carburante o batterie nelle impervie zone montane dove venivano installati i ripetitori, e nelle piccole comunità del West degli Stati Uniti i residenti smisero di percorrere grandi distanze per poter effettuare una telefonata interurbana. L'Australia, con una popolazione relativamente piccola distribuita su un territorio molto ampio, cominciò a installare reti di comunicazione a energia fotovoltaica già nel 1978.

Peraltro, dalla metà degli anni Ottanta le celle solari erano diventate la fonte energetica di elezione per le reti remote di telecomunicazioni in tutto il mondo.

L'affidabilità e la versatilità del fotovoltaico in ambiente spaziale e terrestre hanno impressionato molti addetti ai lavori nell'industria elettrica e delle telecomunicazioni. Oggi la Banca Mondiale e molti organismi internazionali ritengono che le celle solari “abbiano un ruolo importante e sempre crescente nella fornitura di servizi elettrici nelle aree rurali dei paesi in via di sviluppo”.

Venendo ora nello specifico al processo di creazione di tale tipo di energia possiamo affermare che la conversione diretta dell'energia solare in energia elettrica, realizzata con la cella fotovoltaica, utilizza il fenomeno fisico dell'interazione della radiazione luminosa con gli elettroni di valenza nei materiali semiconduttori, denominato effetto fotovoltaico. L'effetto

fotovoltaico è tra i fenomeni che fanno pensare ad una natura corpuscolare della luce; infatti, è stato scoperto che è proprio una particella associata alle onde elettromagnetiche, denominata fotone, a fornire l'energia necessaria ad attivare il processo fotovoltaico.

Quindi l'energia solare, meglio chiamata e conosciuta come energia fotovoltaica, sfrutta il calore creato dalla luce del sole per generare energia elettrica. Ciò avviene grazie a due processi distinti:

- 1) un processo di conversione fotovoltaica tramite l'effetto fotoelettrico in seguito alla possibilità di alcuni semiconduttori di creare energia elettrica dal momento in cui sono esposti alla radiazioni della luce;
- 2) un processo solare termico, dove, a differenza del primo, si cerca di incanalare e concentrare tutte le radiazioni provenienti dal sole in un fluido termovettore che ha la capacità di trattenere, per poi trasferirlo, ad una turbina termoelettrica che genera energia.

Il GSE (gestore dei servizi energetici) dichiara che “Entrambe le tipologie d'impianto utilizzano il sole come fonte energetica, catturandone le radiazioni attraverso superfici captanti: mentre i moduli fotovoltaici trasformano direttamente la radiazione solare in energia elettrica, i pannelli solari termici utilizzano l'energia termica del sole per riscaldare l'acqua da utilizzare per uso igienico sanitario o per il riscaldamento degli ambienti”²

Puntando ora la nostra attenzione su un'analisi economica costi/benefici, sempre analizzando i dati del GSE in Italia, la costruzione di un impianto da 1 kW di potenza permette di creare la seguente quantità di energia:

- Italia del Nord: potenza generata nell'anno pari a 1000-1100 kWh;
- Italia Centrale: potenza generata nell'anno pari a 1200-1300 kWh;
- Italia del Sud: potenza generata nell'anno pari a 1400-1500 kWh.

Se analizziamo i costi possiamo constatare che, per un impianto di piccole/medie dimensioni da 20kW:

- COSTO DI INVESTIMENTO: compresi tra 4125 e 5550 €/kW;
- COSTO DI MANUTENZIONE: compreso fra 80 e 135 €/kW;

² Citazione tratta da www.gse.it/energia/fotovoltaico/Pages/default.aspx

- COSTO DI ASSICURAZIONE: varia tra i 25 e i 35 €/kW 26.³

Infine possiamo passare ad analizzare i costi anche in centEURO/kWh nella tabella sottostante:

Costo industriale dell'Energia prodotta	14,00
Costo delle emissioni di CO ₂	0
Costo delle altre esternalità negative	0,70
Di cui costo della tutela della salute umana	0,55
COSTO TOTALE	14,75

2.3 Il vento: l'energia eolica

L'energia eolica è una delle più importanti fonti energetiche rinnovabili. Sfrutta l'energia cinetica dei venti di solito dai 10 ai 120 metri da terra, grazie all'utilizzo di aerogeneratori o meglio conosciuti come pale eoliche, generalmente formate da 3 pale al cui interno è posto un generatore di energia.

Possiamo rilevare che esistono diversi tipi di pale eoliche:

- 1) Piccola taglia $p < 100$ kw $d < 20$ m:
- 2) Media taglia 100 kw $< p < 1000$ kw 20 m $< d < 50$ m;
- 3) Grande taglia: $p < 1000$ kw $d > 50$ m.

Vediamo ora, in linea generale, come è formato un impianto eolico.

Un impianto eolico è costituito da uno o più aerogeneratori posti ad adeguata distanza gli uni dagli altri così da non interferire dal punto di vista aerodinamico tra loro e secondo un disegno sul territorio in funzione dell'esposizione al vento e dell'impatto visivo (su file, a gruppi, ecc.). Gli aerogeneratori sono collegati, mediante cavi interrati alla rete di trasmissione presso cui viene realizzato il punto di consegna dell'energia. Una tipica macchina eolica, al di là delle particolarità dei modelli e degli sviluppi tecnologici apportati in modo differenziato da alcune aziende costruttrici, è composta come di seguito descritto.

³ Rapporto commissionato da AEEG al Politecnico di Milano – Dipartimento di Energia.

Le pale della macchina (comunemente in numero da uno a tre) sono fissate su di un mozzo e, nell'insieme, costituiscono il rotore. Il mozzo, a sua volta, è poi collegato ad un primo albero - albero lento - che ruota invece con velocità angolare data dal prodotto di quella del primo albero per il moltiplicatore di giri. Sull'albero veloce è poi posizionato un freno, a valle del quale si trova il generatore elettrico, da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza.

Tutti questi elementi sono ubicati in una cabina detta navicella o gondola la quale a sua volta è posizionata su di un supporto-cuscinetto, orientabile in base alla direzione del vento. La navicella è poi completata da un sistema di controllo di potenza e da uno di controllo dell'imbardata. Il primo ha il duplice scopo di regolare la potenza in funzione della velocità del vento istantanea, così da far funzionare la turbina il più possibile vicino alla sua potenza nominale, e di interrompere il funzionamento della macchina in caso di vento eccessivo. Il secondo invece consiste in un controllo continuo del parallelismo tra l'asse della macchina e la direzione del vento. L'intera navicella è poi posizionata su di una torre che può essere a traliccio o tubolare conica, ancorata al terreno tramite un'opportuna fondazione in calcestruzzo armato.

Più aerogeneratori collegati insieme formano le *wind farm*, ossia le cosiddette "fattorie del vento", che sono delle vere e proprie centrali elettriche.

Va precisato che una *wind farm* è costituita da un gruppo di turbine eoliche situate nello stesso luogo, interconnesse tra loro da una rete di collegamento a medio voltaggio, che raccoglie l'energia prodotta da ciascuna turbina e la convoglia ad una stazione di raccolta, dove un trasformatore converte la corrente elettrica a medio voltaggio in corrente ad alta tensione e la immette nel sistema di trasmissione e distribuzione.

Una grande *wind farm* può consistere di dozzine di generatori eolici, fino a più di cento turbine singole, e copre un'area di diversi km: poiché, però, l'area occupata dai singoli generatori eolici è molto piccola, tutte le zone tra

una turbina e l'altra possono essere destinate ad altro uso, come, per esempio, l'agricoltura o l'allevamento di bestiame.

Nelle *wind farm* la distanza tra gli aerogeneratori non è casuale, ma viene calcolata per evitare interferenze reciproche che potrebbero causare diminuzioni di produzione di energia. Di regola gli aerogeneratori vengono situati ad una distanza di almeno cinque-dieci volte il diametro delle pale. Nel caso di un aerogeneratore medio, con pale lunghe circa 20 metri, questo significa installarne uno ogni 200 metri circa.

Gli USA possiedono il maggior numero di *wind farm*, seguiti dalla Germania, dalla Spagna e dalla Danimarca, con l'Italia al quinto posto, seguita poi da Gran Bretagna, Portogallo Francia e Irlanda.

Va precisato che la più grande *wind farm onshore* (cioè, situata su terraferma) del mondo è quella di Roscoe, in Texas, con 627 turbine e una capacità di 781 MW, anche se in California, a Alta (*Alta Wind Farmes Powers Homes*) sono in funzione dal 2014 (ed è previsto un ampliamento) un complesso di parchi multipli. Mentre la più grande in Europa è in funzione a Whitelee (Scozia) a 15 Km a nord di Glasgow, con 140 turbine, che forniscono energia a 180.000 abitazioni, con una potenza installata di 539 MW.

Peraltro occorre rilevare che le *wind farm* più recenti tendono ad essere situate *offshore*, cioè in mare, lontano dalle coste, dove è possibile sfruttare i forti venti che soffiano, senza essere rallentati da ostacoli, sulla superficie dei mari, degli oceani, ma anche di grandi laghi.

Esiste però un problema serio per questo tipo di impianti: i costi di realizzazione e di manutenzione di *wind farm offshore* sono molto più elevati di quelle *onshore*, a causa dei costi di trasporto dei materiali, delle difficoltà costruttive, dei problemi di ancorare le torri al fondale (tecnicamente, con una profondità massima di 200 m, ma in genere non più di 20 m e a non più di 20 km dalla costa, per tenere bassi i costi) e dei problemi legati alla corrosione ad opera delle acque marine sulle strutture, ma, d'altro canto, i vantaggi in termini di produttività sono molto elevati.

Sulla superficie di mari e oceani, infatti, i venti non trovano ostacoli e soffiano con velocità maggiori e con maggior costanza.

Va aggiunto che il posizionamento offshore di grandi *wind farm* risolve anche i problemi di impatto estetico e acustico, in quanto le torri sono situate oltre la linea dell'orizzonte visibile, ad almeno 3 km dalla costa, e anche i problemi ambientali legati al pericolo costituito dalle torri per gli uccelli, rapaci e migratori in particolare, e per i pipistrelli sono molto più limitati.

Inoltre le centrali in mare rappresentano un'utile soluzione per quei paesi densamente popolati e con forte impegno del territorio che si trovano vicino al mare. Si pensi che alcuni ricercatori sostengono persino che la creazione di piattaforme e sistemi di piloni e cavi sottomarini potrebbe creare, nel tempo, zone di ripopolamento e di biodiversità sui fondali, come accade per le pile e gli ancoraggi delle piattaforme petrolifere. Possiamo affermare che gli impianti *offshore* rappresentano quindi, secondo la maggior parte degli esperti del settore, il vero futuro dell'energia eolica, sia in termini ambientali sia di potenziale produttivo.

Alla fine del 2018, la capacità totale di *eolico offshore* installata nel mondo ammontava a circa 23,1 GW di potenza, di cui quasi 18,3 GW solo in Europa, dove il Regno Unito costituisce il paese con la maggior capacità installata (seguito da Germania, Belgio e Danimarca)⁴.

Al 2019, il parco eolico Walney, nel mare d'Irlanda, è il più grande parco *offshore* al mondo con una capacità complessiva di 659 MW ma possiamo aggiungere che sarà superato da Hornsea, attualmente in costruzione nel Regno Unito, con i suoi 1,2 GW di capacità totale.

Per quanto riguarda invece lo strumento per produrre energia eolica, va detto che la più grande turbina offshore in commercio è la Vestas V164, realizzata nel 2018 dall'azienda danese Vestas con una potenza nominale di 10 MW; è invece attualmente in progetto, da parte della General Electric, una turbina eolica da 12 MW.

⁴ GWEC Global Wind report 2018,

Possiamo affermare che i paesi in cui lo sviluppo di tale varietà di energia alternativa è maggiore sono la Germania, la Spagna e la Danimarca che detengono le migliori tecnologie presenti sul mercato per la costruzione di aerogeneratori più efficienti. Nell'Unione Europea è presente una capacità complessiva di energia proveniente dallo sfruttamento dell'energia cinetica dei venti pari circa a 57 GW, corrispondenti al 61% dell'intera capacità mondiale.

Va precisato che anche Stati Uniti e Cina in questi ultimi anni stanno investendo ingenti somme in questo settore anche se vi è una grande disparità rispetto al fabbisogno interno⁵.

Il settore dell'energia eolica ha avuto un evidente progresso tecnologico che ha portato a un sostanziale abbassamento dei costi.

Come abbiamo potuto notare in precedenza la fonte eolica è fondamentalmente dipendente dalla locazione geografica: devono essere impiantate le infrastrutture che presentano reali limiti per quanto riguarda la disponibilità di siti.

Secondo l'ANEV (Associazione Nazionale Energia del Vento): *”Il valore di una qualsiasi centrale per la produzione di energia elettrica dipende essenzialmente dalla sua efficienza: per una centrale eolica dipende invece soprattutto dal vento del sito di installazione: una velocità media inferiore del 10% comporta una minore produzione di energia per almeno il 20%. La corretta misurazione del vento è importante anche per definire il layout dell'impianto e un buon layout può consentire di minimizzare le perdite e ottimizzare la producibilità ed aumentare la vita degli impianti”*⁶

Va detto che a causa delle forti proteste che hanno segnato, soprattutto nel periodo iniziale, lo sviluppo di tale energia alternativa definita *“inquinamento visivo”*, un progetto di un parco eolico deve essere accompagnato da un atto di impegno di ripristino del sito con relativo piano ambientale e, inoltre, devono essere fornite informazioni e piani di

⁵ fonte: European Wind Energy Association (EWEA)

⁶ dichiarazione Ufficiale ANEV (associazione che riunisce i principali proprietari di parchi eolici) www.anev.org.

sensibilizzazione per la condivisione del progetto con le popolazioni e le autorità locali.

Per ridurre l'impatto visivo e l'inquinamento del paesaggio, l'impianto non deve costituire interferenze con il contesto e, per quanto sia possibile, deve arricchirlo di un nuovo elemento culturale antropologico.

Per comprendere i costi devono essere analizzati tre principali elementi: investimento / manutenzione ordinaria / assicurazioni.

Analizzando un impianto di seconda taglia che produce 150kW vediamo emergere tali dati⁷:

Investimento	325.000 EURO
Manutenzione ordinaria	42 EURO/67 EURO/KW
Costo di assicurazione	975 EURO

Come si può notare i costi d'investimento rappresentano il costo più elevato e con incidenza maggiore all'interno di tale fonte energetica.

Infine può essere utile analizzare i costi in cent EURO/kWh:

Costo industriale dell'elettricità prodotta	5,50
Costo delle emissioni di CO ₂	0
Costo delle altre esternalità ambientali negative	0,08
Costo di tutela della salute umana	0,05
Costo totale	5,58

E' di tutta evidenza e vantaggio l'assenza totale dei costi dovuti alle emissioni di anidride carbonica, elemento che porta a ingenti incentivi da parte dei singoli stati per la riduzione di CO₂.

⁷ dati forniti dal rapporto commissionato da AEEG al politecnico di Milano – Dipartimento di energia.

2.4 Energia generata dalle biomasse

Per “biomassa” s’intende tutto ciò che ha matrice organica e che, essendo ad alto contenuto di carbonio, è perciò portatore di una grande energia chimica che si sprigiona nella combustione.

Possiamo affermare che le principali tipologie di biomassa sono ad ogni modo residui forestali, scarti dell’industria di trasformazione del legno, scarti delle aziende zootecniche e rifiuti solidi urbani.

Dapprima va detto che il sole è la fonte energetica che alimenta la vita sulla terra. Ne deriva che l’uomo ha adattato il suo stile di vita alla disponibilità del sole. Per ovviare alla discontinuità dell’irraggiamento solare nel passato si migrava alla ricerca di climi più caldi.

Certamente l’invenzione più importante nella storia dell’umanità è stata la scoperta del fuoco perché, attraverso la combustione del legno, fornisce la luce se è buio, riscalda se fa freddo, protegge dagli animali predatori e permette di cuocere i cibi. Nel corso dell’evoluzione l’uomo ha continuato a sviluppare le tecniche della combustione imparando a cuocere l’argilla e fondere i metalli, producendo utensili sempre più sofisticati, ma il legno rimaneva comunque la materia prima più utilizzata.

Va ricordato che le deforestazioni più importanti sono avvenute nei secoli a cavallo del primo millennio e hanno prodotto un danno ecologico permanente su intere regioni della terra. Fino al XVIII secolo le uniche forme di energia meccanica usate erano il vento e l’acqua (grazie ai mulini); con l’invenzione della macchina a vapore divenne possibile ottenerla bruciando legno.

Il progressivo miglioramento delle tecniche di combustione ha permesso di ottenere grandi quantità di energia in modo costante; ciò ha reso possibile creare negli edifici un comfort artificiale senza dipendere dal ciclo discontinuo del sole.

Va rilevato che sulla Terra ci sono molti esseri viventi e molto materiale organico (cioè proveniente da esseri viventi): tutto ciò può essere considerato fonte di biomassa. Più precisamente sono le piante a costituire

la fonte più comune di biomassa. Sono state utilizzate sotto forma di legno, torba e paglia per migliaia di anni, ma oggi il mondo occidentale fa molto meno affidamento su questo combustibile ad alto potere energetico. Ciò deriva dall'opinione generale che il carbone, il petrolio o l'energia nucleare siano più puliti, più efficienti e maggiormente in linea con il progresso e la tecnologia. Tuttavia quest'opinione non è corretta.

Le piante possono essere coltivate appositamente per la produzione di energia o possono essere raccolte dall'ambiente naturale.

Le piantagioni di solito usano tipi di piante capaci di produrre una gran quantità di biomassa in tempi brevi e in modo sostenibile. Si può trattare di alberi (come pini ed eucalipti) o altre piante a crescita veloce (come canna da zucchero, mais o soia).

Va ricordato che possono essere usati per la produzione di energia anche rifiuti industriali che contengono biomassa. Ad esempio, la melma che resta dalla produzione di alcolici (nota come vinaccia) può essere lavorata per produrre gas infiammabile. Altri rifiuti utili comprendono gli scarti della produzione di cibi e la lanugine dall'industria tessile e cotoniera.

I rifiuti agricoli, infine, sono una fonte potenziale di grandi quantità di biomassa. Essi comprendono gli scarti dei raccolti (tra cui quelli della selvicoltura), le produzioni danneggiate o in eccesso e lo sterco animale. Va ricordato che, se i residui e gli scarti di produzione di canna da zucchero, selvicoltura e grano, oltre al letame, fossero convertiti in energia, si potrebbe soddisfare con essi il 30% della richiesta mondiale.

Il modo più semplice per estrarre energia dalla biomassa è darle fuoco.

Nel Terzo Mondo questo uso della biomassa non è controllato e costituisce certamente una grossa porzione dell'energia prodotta da biomassa nel mondo, la quale costituisce il 15% dei consumi energetici mondiali.

Va precisato, però, che un problema che presenta questo sistema è la sua poca efficienza. Con un fuoco aperto, infatti, la maggior parte dell'energia termica prodotta viene sprecata, piuttosto che essere utilizzata per cuocere o per altri scopi. Un modo di migliorare l'efficienza del focolare, nei paesi in via di sviluppo, è la costruzione di cucine con fango e pezzi di ferro.

Tuttavia, bruciare la biomassa non è l'unico modo di trarne energia, ma si può procedere anche per gassificazione o fermentazione.

Venendo al primo tipo di processo possiamo affermare che esso produce una mistura gassosa infiammabile di idrogeno, monossido di carbonio e metano, oltre ad altri prodotti non infiammabili. Questo risultato viene ottenuto in parte bruciando la biomassa e in parte facendola cuocere (utilizzando il calore della combustione parziale) in presenza di carbone (un sottoprodotto naturale della combustione di biomassa). Il gas così ottenuto può essere usato per esempio al posto della benzina e riduce la potenza di uscita dell'autoveicolo del 40%.

Va detto che è possibile che in futuro questo carburante divenga una tra le fonti di energia principali per gli impianti elettrici.

Per ottenere energia dalla biomassa attraverso la fermentazione esistono due diversi modi. Il primo consiste nell'aggiungere un opportuno *cocktail* di batteri alla biomassa ed acqua in un contenitore sigillato (in modo che non vi entri ossigeno). Il prodotto della fermentazione è principalmente metano (un gas infiammabile, lo stesso che si usa per il riscaldamento e la cucina in casa), un eccellente combustibile. Questo processo elimina la biomassa dall'acqua e può quindi essere utilizzato anche in un impianto di depurazione. Se la biomassa usata proviene invece da (o può essere trasformata in) zucchero, allora si può aggiungere lievito. La fermentazione che segue produce alcool, che è un combustibile ad alto potere energetico e quindi molto indicato per alimentare autoveicoli.

La gran parte degli esperti in materia ritiene che le biomasse hanno un ruolo di grande importanza per quanto riguarda l'ecosostenibilità, soprattutto come forma di energia rinnovabile che può essere considerata la più ecocompatibile: la combustione delle biomasse restituisce in atmosfera quell'anidride carbonica che il processo di formazione della biomassa aveva sottratto alla terra, così da produrre un bilanciamento finale.

Per completezza di esposizione va precisato che questa tesi, però, non viene del tutto accettata in quanto alcuni esperti sostengono che i processi di combustione, considerati non puri, producono, oltre alla CO₂, altri gas serra

come ossido di carbonio che, non essendo soggetti a fotosintesi, sono dannosi per l'atmosfera.

Come tutte le energie rinnovabili, anche lo sfruttamento di biomasse provoca problemi dal punto di vista ambientale e i principali rischi di questo settore sono:

- 1) rischio di deforestazione;
 - 2) rischio connesso all'utilizzo di fertilizzanti;
 - 3) rischio di sottrazione delle biomasse alla destinazione alimentare.
- Peraltro numerosi sono i vantaggi economici che può portare la combustione di biomasse.

Come per la maggior parte delle energie rinnovabili, la principale fonte di spesa avviene per il costo di impianto, in questo caso il costo unitario diminuisce in base alla potenza termica che viene adoperata e, ovviamente, sarà più elevato per gli impianti che sono utilizzati in misura minore.

Vediamo ora nella tabella sottostante i costi espressi in cent EURO/kWh⁸:

Costo industriale dell'elettricità prodotta	6,00
Costo delle emissioni di CO ₂	0
Costo delle altre esternalità ambientali negative	1,80
Costo di tutela della salute umana	1,30
Costo totale	7,80

Passiamo ora a analizzare i costi di un impianto di piccola media dimensione (100kW):

Costo di investimento	800,000/900,000 EURO
Costo di personale	36000€ per ogni anno
Costo di manutenzione	0,020 EURO/kWh
Costo di assicurazione	2000/5000 EURO

⁸ Rielaborazione dati 'Costi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili' Rapporto commissionato da AEEG al Politecnico di Milano – Dipartimento di energia

In conclusione, la biomassa è una fonte di energia ancora agli albori, che ha bisogno di essere conosciuta di più (gran parte dell'opinione pubblica ne ignora addirittura l'esistenza), ma che offre comunque grandi prospettive per quanto riguarda la battaglia all'inquinamento.

2.5 Energia idroelettrica

Va detto preliminarmente che lo sfruttamento della potenza idroelettrica è uno dei metodi più antichi per produrre energia.

La prima diga a noi nota fu costruita verso il 4000 a.C. in Egitto, allo scopo di deviare il corso del Nilo ed edificare la città di Menfi sui terreni sottratti alle acque. Molte antiche dighe in terra, tra cui quelle costruite dai babilonesi, facevano parte di complessi sistemi di irrigazione che trasformavano regioni improduttive in fertili pianure.

L'esigenza di trovare una energia diversa da quella muscolare degli uomini e degli animali portò, tra il IX e X secolo, ad un consistente sviluppo tecnico delle macchine idrauliche.

Inizialmente utilizzate per far girare le macine, trasformavano l'energia cinetica dello scorrere dell'acqua in energia meccanica, mediante ruote a pale immerse per metà nel fiume.

Va ricordato che, con lo stesso principio, la ruota idraulica servì per azionare macchine per segherie, mantici, magli per le fucine, frantoi per olio, per minerali e per polvere da sparo, verricelli idraulici, gualchiere, ossia macchine per la follatura dei tessuti di lana, mulini per la concia, per la canapa, per la carta, torni da falegname ecc. ecc.

E va sottolineato che, ai giorni nostri, l'esigenza di trovare un'alternativa ai combustibili fossili e al nucleare deve guardare a questa fonte energetica con rinnovato interesse e concretezza.

La potenza teorica di un impianto idroelettrico è denominato rendimento globale dell'impianto; nei moderni impianti idroelettrici esso va dall'80% al 90%, rappresentando un valore molto elevato (in particolare è il valore più elevato tra le varie fonti rinnovabili).

Certamente le tecnologie idroelettriche hanno un buon sviluppo nelle applicazioni terrestri, cioè utilizzando il ciclo dell'acqua che, evaporando dal mare, viene trasportata ai monti dalle nubi da dove ridiscende a valle permettendo l'intercettazione della sua energia cinetica, tali applicazioni hanno certamente ancora buoni margini di sviluppo.

Bisogna ricordare che le fonti rinnovabili generalmente dette "classiche" sono quelle che vengono sfruttate per la produzione di energia elettrica fin dall'inizio dell'età industriale.

Peraltro le prospettive di uso futuro dipendono dall'esplorazione delle risorse potenziali disponibili, in particolare nei paesi in via di sviluppo e dalle richieste in relazione all'ambiente e all'accettazione sociale. Tra le più antiche si trovano certamente le centrali idroelettriche, che hanno il vantaggio di avere lunga durata (molte delle centrali esistenti sono operative da oltre 100 anni). Inoltre le centrali idroelettriche sono pulite e hanno poche emissioni.

Tuttavia si è scoperto che le emissioni sono apprezzabili soltanto se associate con bacini poco profondi in località calde (tropicali), sebbene in generale le centrali idroelettriche producano molte meno emissioni nel loro "ciclo vitale" rispetto agli altri tipi di produzione di energia. Altre critiche dirette alle grosse centrali idroelettriche a bacino includono lo spostamento degli abitanti delle zone in cui si decide di fare gli invasi necessari alla raccolta dell'acqua e il rilascio di grosse quantità di biossido di carbonio durante la loro costruzione e l'allagamento della riserva.

L'energia prodotta da fonte idroelettrica, che ebbe un ruolo fondamentale durante la crescita delle reti elettriche nel XIX e nel XX secolo, sta sperimentando una rinascita della ricerca nel XXI secolo.

Ma in che modo oggi viene prodotta questo tipo di energia? Va detto che il procedimento più comune per generare energia elettrica è l'utilizzo di turbine e generatori che sfruttano la potenza dell'acqua e questa dipende principalmente dal volume dell'acqua.

L'energia gravitazionale delle ingenti masse d'acqua subisce una trasformazione in energia elettrica passando da diverse forme di energia

cinetica, nel percorso all'interno della turbina, di energia di pressione e di energia meccanica.

Comunque non va dimenticato che la costruzione di un impianto idroelettrico comprende sostanziali opere civili e macchinari elettronici con notevoli costi iniziali.

Le opere civili necessarie sono:

- costruzione di una diga;
- costruzione di un sistema di raccoglimento;
- costruzione di una vasca da carico;
- costruzione di un corpo centrale, generalmente un edificio;
- macchinari elettromeccanici;
- turbine idrauliche;
- generatori di corrente;
- quadri di controllo;
- sistemi di sicurezza e regolazione.

Generalmente esistono due differenti tipi di centrali idroelettriche:

1) ad acqua fluente, se si trovano lungo i corsi dei fiumi e sfruttano la potenza di discesa dell'acqua, in questo caso la produzione di elettricità non può essere programmata;

2) a bacino, negli impianti più sviluppati con un sistema di pompaggio, l'acqua raccolta in un bacino viene pompata a monte durante le ore notturne per un costo dell'energia minore. In questo caso la produzione di energia può essere programmata.

Il 16% dell'elettricità prodotta oggi nel mondo arriva da questa fonte.

Non sorprenderà che i cinque principali produttori mondiali di energia idroelettrica - nell'ordine Cina, Canada, Brasile, Usa e Russia - siano anche i paesi più estesi e con la maggiore abbondanza di risorse idriche naturali (fiumi, laghi, ghiacciai).

Invece è sorprendente scoprire che, i paesi più *idroelettrici*, quelli cioè dove l'energia idroelettrica ha un'incidenza più alta rispetto al totale della produzione elettrica, sono nell'ordine l'Albania che ricava il 100% della sua produzione elettrica da risorse idriche (grazie alla conformazione naturale

del territorio, coperto da montagne e ricchissimo d'acqua), seguito da Paraguay, Repubblica Democratica del Congo, Nepal e Namibia⁹.

Ad oggi, il più grande impianto di produzione di energia del mondo è la diga delle Tre Gole, nella provincia di Hubei, in Cina. L'impianto, una centrale idroelettrica, genera potenza utilizzando 32 turbine Francis con 700 MW di potenza nominale ciascuna più due turbine da 50 MW, per una potenza nominale totale installata di 22.500 MW, addirittura più di due volte la potenza nominale totale installata della più grande centrale nucleare del mondo, l'impianto di Kashiwazaki-Kariwa, in Giappone, che arriva a 8.212 MW.

Come abbiamo visto in precedenza il grande difetto di questa fonte di energia è dato dai costi di installazione e di impianto e, per analizzare i diversi costi che caratterizzano un impianto idroelettrico, è stato scelto come esempio un impianto da 1000kW¹⁰:

COSTO DI INVESTIMENTO	4000000 EURO
COSTO DI PERSONALE	1900 EURO
COSTO DI MANUTENZIONE	81000 EURO
COSTO DI ASSICURAZIONE	9000 EURO
COSTO DEI CANONI	56000 EURO

2.6 L'energia geotermica

La geotermia consiste in tutto ciò che riguarda l'energia che può essere estratta sotto forma di calore dal sottosuolo. Questa energia scambiata con il terreno può essere impiegata in campo civile nella climatizzazione e rappresenta una importante fonte di energia rinnovabile.

Preliminarmente va detto che, all'interno del nostro pianeta, la temperatura al di sotto della crosta terrestre varia a seconda della profondità:

⁹ Dati aggiornati al 2016 – fonte www.webuildvalue.com.

¹⁰ Rielaborazione dati 'Costi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili' Rapporto commissionato da AEEG al Politecnico di Milano – Dipartimento di energia

- Nucleo: $\approx 6000^{\circ}\text{C}$ circa 3500 km di raggio;
- Mantello: $\approx 1300^{\circ}\text{C}$ circa 3000 km di raggio;
- Crosta Terrestre: $< 100^{\circ}\text{C}$ dai 5 ai 50 km di profondità.

Va precisato che l'elevata temperatura presente nel nucleo terrestre è dovuta in parte al decadimento degli isotopi radioattivi naturali e in parte all'isolamento termico prodotto dal mantello sovrastante. La temperatura quindi aumenta in modo continuo dalla crosta fino al nucleo con un gradiente termico di circa 3°C ogni 100 m di profondità.

Possiamo affermare che di solito a 500 m di profondità, le rocce hanno una temperatura di $25\text{-}30^{\circ}\text{C}$, e di $35\text{-}45^{\circ}\text{C}$ a 1000 m di profondità; poi in particolari condizioni geologiche (presente attività vulcanica, ecc) possono essere superati i 200°C .

Il primo strato di terreno superficiale separa quello sottostante dalle variazioni di temperatura che avvengono in ambiente aperto. Il terreno infatti accumula il calore raccolto ed attenua le fluttuazioni di temperatura esterna man mano che si scende in profondità: già nei primi metri, la temperatura del terreno si avvicina ad un valore prossimo alla media annuale della temperatura dell'aria mentre sotto i 15 m circa la temperatura si mantiene sempre costante.

Quindi i sistemi di riscaldamento e raffreddamento con pompe di calore geotermiche sfruttano il fatto che la temperatura del terreno, già a pochi metri di profondità, ha oscillazioni limitate durante l'arco dell'anno o, addirittura, si mantiene quasi costante: questa è una caratteristica comune a qualsiasi località del pianeta.

Va sottolineato che la costanza della temperatura del suolo comporta un duplice effetto benefico: durante l'inverno il terreno si trova a temperature relativamente più calde dell'aria esterna; durante l'estate la temperatura è più bassa di quella dell'aria.

Nella gran parte dei casi la geotermia utilizzata, cosiddetta convenzionale, è quella dei sistemi idrotermali dominati dal moto convettivo dell'acqua, la quale muovendosi a partire dalla superficie della crosta terrestre all'interno di uno spazio confinato raggiunge zone calde profonde caratterizzate da

un'anomalia termica e determina risalendo un trasferimento del calore profondo in superficie o a profondità economicamente raggiungibili.

L'utilizzo convenzionale dell'energia geotermica è identificato dalla suddivisione in due categorie principali: risorse ad alta entalpia impiegate per produzione di energia elettrica e risorse a bassa entalpia impiegate per usi diretti ed a scopo di riscaldamento.

Le possibilità di utilizzo dell'energia geotermica a temperature inferiori a quelle comunemente utilizzate per la produzione geotermoelettrica sono notevoli e spaziano dalle comuni terme ai sempre più frequenti utilizzi diretti per scopi agroalimentari, florovivaistici ed industriali.

Più precisamente possiamo affermare che il riscaldamento geotermico convenzionale utilizza direttamente gli acquiferi del sottosuolo con temperature comprese fra 30 e 150° C. Esso permette sia di fornire calore per il riscaldamento domestico sia di produrre acqua calda sanitaria mediante scambiatori di calore posti all'interno delle singole costruzioni o centralizzati.

Il teleriscaldamento geotermico consiste nell'usare il fluido geotermico per scaldare direttamente, tramite degli scambiatori di calore, l'acqua circolante nei corpi scaldanti (radiatori, termoconvettori o pannelli radianti) dell'impianto di riscaldamento delle abitazioni. I locali necessari per una centrale di teleriscaldamento geotermico sono contenuti nei volumi e possono essere mimetizzati in ambito cittadino, anche perché nel sistema non sono coinvolti combustibili e il fluido utilizzato non ha temperature tali da creare pressioni pericolose.

Peraltro va sottolineato che il condizionamento di ambienti (riscaldamento e raffreddamento) con l'energia geotermica si è diffuso notevolmente a partire dagli anni '80, a seguito dell'introduzione nel mercato e della diffusione delle pompe di calore.

Anzi, negli ultimi anni, l'esigenza di rinfrescare gli edifici d'estate oltre che riscaldarli d'inverno sta portando alla diffusione di un'unica "macchina" in grado di soddisfare entrambi i fabbisogni termici: la pompa di calore reversibile.

Ma va detto che l'energia geotermica viene utilizzata soprattutto per produrre energia elettrica. Infatti il calore sotterraneo non viene utilizzato direttamente per la produzione di energia, ma attraverso una massa d'acqua che scambia ed estrae il calore immagazzinato nelle rocce (sistemi idrotermali). La potenza elettrica è prodotta dalla conversione di energia termica immagazzinata nella massa d'acqua in energia meccanica attraverso una turbina, direttamente (tecnologia convenzionale flash) o indirettamente (tecnologia binaria), ed infine in energia elettrica grazie al generatore.

Non può essere omesso il fatto che, come per tutti i differenti tipi di energia rinnovabile, anche quella geotermica comporta diversi rischi: la dispersione di gas serra e di altri gas considerati tossici. Soluzione migliore per ovviare a tali rischi, se possibile con le migliori tecnologie, è iniettare nuovamente i gas estratti e considerati nocivi nel giacimento geotermico.

Le tecnologie geotermiche sono nate in Toscana oltre due secoli fa, e da allora l'Italia ha sviluppato un *know-how* unico al mondo nella coltivazione del calore naturalmente presente nel sottosuolo, ma con il passare degli anni altri Paesi hanno seguito l'esempio fino a superare (talvolta di gran lunga) la capacità installata sul territorio.

Il sito specializzato www.thinkgeoenergy.com ha aggiornato per il 2019 la classifica dei 10 maggiori paesi geotermici al mondo, con l'Italia che si piazza in 7° posizione ma con in vista la possibilità di un sorpasso da parte del Kenya.

Seguendo quest'approccio sono gli Stati Uniti il Paese più geotermico al mondo, con una capacità pari a 3.676 MW; a seguire Indonesia (2.133 MW), Filippine (1.918 MW), Turchia (1.526 MW), Nuova Zelanda (1.005 MW), Messico (962,7 MW), Italia (944 MW), Kenya (861 MW), Islanda (755 MW) e Giappone (601 MW). A onor del vero va detto che tutti i dati sono risultati in crescita nel 2019, tranne nei casi di Nuova Zelanda e, purtroppo, Italia¹¹.

¹¹ Dati riportati nell'articolo "L'ultimo anno è stato un anno record per la geotermia nel mondo ma non in Italia" – www.greenreport.it - 14 gennaio 2020

Nel corso dell'ultimo anno, infatti, sono stati aggiunti nel mondo 759 MW, spingendo la capacità installata alla fine del 2019 a 15.406 MW e gli esperti stimano che questa sia stata la più grande crescita annuale della capacità di generazione di energia geotermica a partire dal 2000. Anzi a fare il balzo più ampio è stato proprio il Kenya, che con un +193,3 MW si è avvicinato ulteriormente all'Italia, inchiodato a 944 MW. Per la precisione va detto che il più grande gruppo di centrali geotermiche in tutto il mondo si trova a *The Geysers*, un parco geotermico in California.

Per quanto riguarda i costi va rilevato che lo sviluppo di un campo geotermico richiede un elevato impiego iniziale di capitale a cui segue un relativo basso costo operativo.

La valutazione economica di questo sviluppo implica di tener conto di un certo numero di fattori: la topografia e l'area geografica dove costruire l'impianto, la geologia del giacimento geotermico e la sua valutazione ed infine il tipo di impianto da realizzare.

La maggior parte dei costi (46.58%) è assorbita dalla costruzione dell'impianto in gran parte costruito con acciai speciali, seguita dal costo della perforazioni dei pozzi di sviluppo ed esplorativi (42.1%), quello per la costruzione delle tubazioni per il trasporto del vapore agli impianti (6.85%), i collegamenti con le linee di distribuzione della corrente (2.74%); i rimanenti costi sono distribuiti tra le attività di esplorazione geologica geofisica, le pratiche per ottenere e gestire i permessi governativi¹².

Andando più nello specifico e prendendo ad esempio un impianto a vapore della potenza di 20 MW abbiamo questi dati elencati nella tabella presente nella pagina successiva¹³:

¹² Stime del 2009 per un tipico impianto geotermale della potenza di 50 MWe in p. 19 U.S. Department of Energy (DOE) Geothermal Technologies Program (GTP), "2008 Geothermal Technologies Market Report - July 2009"

¹³ Dati ricavati da 'Costi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili': Rapporto commissionato da AEEG al Politecnico di Milano – Dipartimento di energia.

COSTI DI INVESTIMENTO	4000 EURO/Kw
COSTO DEL PERSONALE	80000 EURO anno
COSTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA	50 EURO/Kw
COSTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA	tra il 2% e il 5% del costo di investimento
COSTO DI ASSICURAZIONE	160000 EURO all'anno

2.7 Conclusioni: la Smart Grid

Le energie rinnovabili vengono sempre più viste dagli Stati, specie in tempi di congiuntura economica come questo, non solo come una necessaria soluzione per raggiungere gli obiettivi del protocollo di Kyoto, ma anche come un'occasione sia per rilanciare la ricerca e l'economia del paese, coinvolgendo un sempre maggior numero di aziende e di privati, che per godere anche di un qualche riflesso mediatico per l'attenzione rivolta dai tecnici e dai dirigenti della politica ai temi dell'ecologia e delle nuove tecnologie.

E' pur vero, come abbiamo visto nel presente capitolo, che le energie rinnovabili, oltre ad avere i loro indubbi vantaggi, presentano comunque delle importanti criticità tra cui vanno certamente annoverati i costi di impianto e di manutenzione, per i quali non basta solo una politica di incentivi pubblici a beneficio dei privati e delle aziende ma occorre una programma di investimenti ad ampio raggio e nel lungo periodo. Solo in tal modo si potranno vincere le sfide future per un mondo più sicuro e sostenibile da un punto di vista energetico.

Va, in questa sede, enunciato un altro problema da affrontare quando si parla di energie rinnovabili: queste per loro natura sono intermittenti e inoltre non possono essere modulate a comando (si pensi all'energia eolica ad esempio). In assenza di tecnologie per l'accumulazione di grandi quantità di energie il progressivo aumento della quota di energie rinnovabili immesse in rete potrebbe mettere in crisi la rete stessa, che ha l'esigenza di adattare in tempo reale la produzione alla domanda.

La discontinuità di erogazione è più marcata a livello locale, ma la media dell'energia prodotta da più siti è molto meno discontinua. Perché questo livellamento possa avvenire, la rete elettrica deve essere in grado di trasferire l'energia in eccesso tra i diversi siti di produzione e quelli di utilizzo.

In generale, fino a un 20% di energia “discontinua” può essere incorporata dalle reti attuali senza difficoltà, e anzi migliora il grado di impiego delle infrastrutture esistenti. Al di sopra di questa percentuale, possono rendersi necessari adattamenti della rete. Possiamo affermare che, rete permettendo, le fonti intermittenti possono essere gestibili fino a una quota del 40-50%, con costi aggiuntivi moderati.

Si pensi che una gestione coordinata delle reti europee, tra loro interconnesse, potrebbe consentire di gestire fino al 70% di fonti intermittenti. E' allo studio l'estensione di questa rete continentale alla costa mediterranea dell'Africa, nella quale possono trovare collocazione ideale grandi impianti di produzione di energia solare, oltre a grandi impianti di energia eolica con una stagionalità invertita rispetto a quelle del Nord Europa. Le caratteristiche di questa rete (appunto *Smart Grid*) dovranno consentire:

- La gestione di flussi bidirezionali di energia;
- La partecipazione multilaterale nel bilanciamento tra domanda e offerta;
- La gestione della micro-generazione distribuita;
- La gestione dell'accumulazione distribuita dell'energia, utilizzando gli accumulatori delle auto elettriche e ibride *plug-in*.

Quindi possiamo concludere che si apre una prospettiva di enormi investimenti infrastrutturali, per un'interconnessione forte tra le diverse reti europee. Gli esperti prevedono investimenti per circa 6000 miliardi di dollari fino al 2030 nella trasmissione e distribuzione dell'energia.

CAPITOLO TERZO

LA GESTIONE DELL'ENERGIA II RUOLO DELL'ENERGY MANAGER

3.1 LCA (life cycle assessment), carbon footprint e water footprint

Dopo aver analizzato nei precedenti capitoli le energie non rinnovabili e quelle rinnovabili, ponendo in risalto vantaggi e svantaggi, prendiamo ora in considerazione gli studi di *life cycle assessment* (LCA) per valutare l'impatto che la produzione di un bene ha su una o più componenti ambientali durante il suo ciclo di vita.

Per valutare tali impatti si effettuano appunto gli studi di *Life Cycle Assessment* (LCA) per i quali l'Organizzazione Internazionale per la Normazione (in inglese ISO – *International Organization for Standardization*) ha predisposto la norma tecnica UNI EN ISO 14040:2006 “Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento”, entrata in vigore il 26 ottobre 2006.

Tale norma è la versione ufficiale della norma europea EN ISO 14040 (edizione luglio 2006).

La norma descrive i principi ed il quadro di riferimento per la valutazione del ciclo di vita (LCA), comprendendo:

- a) la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'LCA;
- b) la fase di inventario del ciclo di vita (LCI);
- c) la fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA);
- d) la fase di interpretazione del ciclo di vita;
- e) la rendicontazione e la revisione critica dell'LCA;
- f) le limitazioni dell'LCA;
- g) le correlazioni tra le fasi dell'LCA;
- h) le condizioni per l'utilizzo delle scelte dei valori e degli elementi facoltativi.

La norma tratta gli studi di valutazione del ciclo di vita (LCA) e di inventario del ciclo di vita (LCI).

Possiamo illustrare in modo sintetico le diverse fasi del ciclo di vita di un prodotto e le pressioni ambientali ad esse correlate, indicandone anche le interrelazioni:

- nella fase dell'estrazione l'attività necessaria a ottenere la materia prima produce comunque emissioni nell'ambiente esterno;
- si passa alla fase della produzione dove vengono convogliate materie prime ed energia per generare il prodotto finito da immettere sul mercato e, anche in questa fase si creano emissioni nocive per l'ambiente;
- passando alla fase del consumo del prodotto e/o dei servizi possiamo notare non solo la creazione di emissioni ma anche la possibilità di riciclare gli scarti del prodotto (con benefici per l'ambiente);
- il ciclo di vita del prodotto termina quando lo stesso si trasforma in rifiuto che può rappresentare, appunto attraverso il riciclo, un'opportunità per la conservazione dell'ambiente esterno e non esclusivamente un danno.

Va detto che, tra le diverse problematiche ambientali che negli ultimi anni hanno richiamato l'attenzione a livello globale delle popolazioni e dei governi, si possono citare sicuramente i cambiamenti climatici e, in particolare, è andata sempre più aumentando la preoccupazione per le conseguenze dell'effetto serra e per il rischio di carenza di risorse idriche.

Per quanto riguarda l'effetto serra i settori che hanno maggiormente contribuito all'aumento di questo fenomeno sono stati l'industria energetica, l'industria manifatturiera e i trasporti mentre, con riferimento al consumo di risorse idriche, il settore dell'estrazione dei minerali, il tessile e la produzione di gomme e materie plastiche sono ai primi posti nello sfruttamento dell'acqua.

A fronte di ciò, non stupisce che le prime impronte ambientali sviluppatesi per valutare la significatività a livello globale di queste problematiche siano state proprio la *carbon footprint* (impronta di carbonio) e la *water footprint* (impronta d'acqua).

Iniziando a parlare della prima, preliminarmente va detto che l'effetto serra è la causa principale del riscaldamento globale del pianeta ed è dovuto alla presenza in atmosfera di alcuni gas, denominati appunto gas serra, quali: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), ossidi di azoto (NO_x) e ozono (O₃).

L'emissione di tutti questi gas, ma in particolare dell'anidride carbonica, è legata alle attività umane, essendo l'anidride carbonica il prodotto della combustione di combustibili utilizzati per le diverse attività legate all'essere umano: riscaldamento, impianti industriali, autotrazione, produzione di energia, ecc... Gli impianti per la produzione di energia contribuiscono ad oltre l'80% delle emissioni totali di CO₂ in atmosfera e tutto ciò ha causato un incremento della concentrazione in atmosfera che è passata da 280 ppm alla fine del '700 ai 385 ppm attuali con un incremento del 37,5%.

D'altra parte, l'energia può essere considerata la principale "materia prima" per qualunque impianto produttivo e quindi, in definitiva, l'incremento di anidride carbonica in atmosfera è evidentemente dovuto ai modelli di produzione e consumo degli ultimi decenni.

Anche in conseguenza di ciò, l'aumento della temperatura media dell'atmosfera sta assumendo negli ultimi anni livelli preoccupanti, passando dai 13,60 gradi di inizio Novecento ai 14,50 gradi del primo decennio degli anni Duemila.

Una prima importante riflessione, a livello internazionale, su queste problematiche, si ebbe nel 1992 nel corso della Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo, svoltasi a Rio de Janeiro, che fu anche definita il "Summit della Terra".

In seguito, un momento fondamentale fu quello segnato dalla Conferenza di Kyoto del 1997, nel corso della quale fu firmato il Protocollo di Kyoto che prevedeva una significativa riduzione delle emissioni di gas serra.

Va detto che il protocollo di Kyoto, che fa seguito alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, è uno dei più importanti strumenti giuridici internazionali volti a combattere i cambiamenti climatici.

Esso contiene gli impegni dei paesi industrializzati a ridurre le emissioni di alcuni gas ad effetto serra, responsabili del riscaldamento del pianeta.

In materia di impronte ambientali si comprende, quindi, l'importanza della *carbon footprint*, l'impronta di carbonio, che rappresenta il quantitativo di anidride carbonica equivalente dovuto al totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate direttamente o indirettamente ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio.

In base a quanto previsto dal Protocollo di Kyoto, i gas ad effetto serra da considerare sono: anidride carbonica, metano, ossidi di azoto e idrofluorocarburi.

Ciascuno di questi gas contribuisce in maniera diversa all'effetto serra; per questa ragione si parla di CO₂ equivalente poiché viene considerato il contributo di ciascun gas opportunamente corretto rispetto al contributo della CO₂ che viene posto uguale ad 1: ad esempio il metano ha un potenziale serra 25 volte superiore rispetto all'anidride carbonica e, per questo, una tonnellata di metano viene contabilizzata come 25 tonnellate di CO₂ equivalente.

Per effettuare un inventario dei gas serra di un prodotto o servizio, è stata sviluppata una norma tecnica standard UNI EN ISO 14064 "Gas ad effetto serra" che è suddivisa in tre parti:

- Parte 1: Specifiche e guida, a livello dell'organizzazione, per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione – Vengono specificati i principi e i requisiti, a livello dell'organizzazione, per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra (GHG) e della loro rimozione. Sono inclusi i requisiti per la progettazione, lo sviluppo, la gestione, la rendicontazione e la verifica dell'inventario dei gas ad effetto serra di un'organizzazione;
- Parte 2: Specifiche e guida, a livello di progetto, per la quantificazione, il monitoraggio e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra o dell'aumento della loro rimozione. Vengono specificati i principi e i requisiti e viene fornita una guida, a livello di progetto, per la

quantificazione, il monitoraggio e la rendicontazione delle attività destinate a ridurre le emissioni di gas ad effetto serra o ad aumentarne la rimozione. Sono compresi i requisiti per pianificare un progetto relativo ai gas ad effetto serra, per identificare e selezionare le sorgenti, gli assorbitori ed i serbatoi di gas ad effetto serra pertinenti al progetto ed allo scenario di riferimento, per monitorare, quantificare, documentare e rendicontare le prestazioni dei progetti relativi ai gas ad effetto serra e per gestire la qualità dei dati;

- Parte 3: Specifiche e guida per la validazione e la verifica delle asserzioni relative ai gas ad effetto serra. Vengono specificati i principi e i requisiti e viene fornita una guida per coloro che conducono o gestiscono la validazione e/o la verifica delle asserzioni relative ai gas ad effetto serra. Essa può essere applicata alla quantificazione dei gas ad effetto serra a livello di organizzazione o di progetto, compresi la quantificazione, il monitoraggio e la rendicontazione effettuati in conformità alla “UNI EN ISO 14064-1” o alla “UNI EN ISO 14064-2”. Vengono anche specificati i requisiti per selezionare i validatori/verificatori di gas ad effetto serra, per stabilire il livello di assicurazione, gli obiettivi, i criteri ed il campo di applicazione, per determinare l'approccio della validazione/verifica, per valutare i dati relativi ai gas ad effetto serra, le informazioni, i sistemi informativi ed i controlli, per valutare le asserzioni relative ai gas ad effetto serra e per preparare le dichiarazioni di validazione/verifica.

Inoltre, per valutare la *carbon footprint* di un prodotto o servizio è stata sviluppata una norma tecnica standard: “UNI CEN ISO/TS 14067:2014 – Gas ad effetto serra - Impronta climatica dei prodotti (*Carbon footprint* dei prodotti) - Requisiti e linee guida per la quantificazione e comunicazione” che è entrata in vigore l’11 settembre 2014.

Va precisato che questa norma descrive principi, requisiti e linee guida per la quantificazione e comunicazione dell'impronta climatica (*carbon footprint*) dei prodotti (CFP), basandosi sugli standard internazionali relativi alla valutazione del ciclo di vita (“UNI EN ISO 14040” e “UNI EN ISO

14044”) per la quantificazione e sulle etichette e dichiarazioni (“UNI EN ISO 14020”, “UNI EN ISO 14024” e “UNI EN ISO 14025”) per la comunicazione. Sono anche forniti i requisiti e le linee guida per la quantificazione e comunicazione di una parziale impronta climatica di un prodotto (CFP parziale).

La norma UNI CEN ISO/TS 14067 consente di:

- favorire la comprensione dei diversi aspetti della *carbon footprint*;
- identificare le possibilità di riduzione delle emissioni di gas serra;
- promuovere lo sviluppo di strategie per la gestione dei gas serra in tutto il ciclo di vita dei prodotti;
- elaborare procedure per fornire informazioni corrette, credibili e confrontabili sulla *carbon footprint* alle parti interessate;
- indurre il mercato a privilegiare prodotti a basse emissioni di gas serra.

Infine, ma sicuramente non meno rilevante, il fatto che il calcolo della *carbon footprint*, e la relativa certificazione ai sensi della citata norma 14067, costituisce un’importante opportunità per le aziende; infatti, il nuovo codice appalti, emanato con Decreto Legislativo 50/2016, prevede all’art.93 che “nei contratti relativi a lavori, servizi o forniture, l’importo della garanzia e del suo eventuale rinnovo è ridotto del 15% per gli operatori economici che sviluppano un inventario di gas ad effetto serra ai sensi della norma UNI EN ISO 14064 o un’impronta climatica (*carbon footprint*) di prodotto ai sensi della norma UNI ISO/TS 14067...”.

Passando ora ad analizzare la *water footprint* possiamo affermare preliminarmente che, tra le diverse problematiche ambientali che investono l’intero pianeta, sicuramente, la carenza di risorse idriche è uno dei più importanti.

Il problema è legato non solo alla bassa disponibilità, causata ad esempio da una carenza di precipitazioni come conseguenza dell’innalzamento termico, ma anche dall’inquinamento, che rende sempre più onerosi i trattamenti necessari per rendere la risorsa idrica prelevata dall’ambiente idonea agli utilizzi relativi all’attività umana.

D'altra parte, l'inquinamento delle risorse idriche è proprio conseguenza dell'utilizzo massivo delle acque e degli sprechi ad esso associati.

L'UNDP (*United Nations Development Programme*) ha stimato che, a causa della scarsità idrica, circa 1,1 miliardi di persone non hanno accesso all'acqua potabile, circa 2,6 miliardi di persone non hanno accesso a adeguati servizi igienico sanitari e circa 1,8 milioni di bambini muoiono ogni anno a causa di malattie legate alle precarie condizioni igienico-sanitarie.

Va precisato che il maggior consumo di acqua è imputabile all'agricoltura e all'industria; inoltre, studi internazionali dimostrano che, già dal 2025, metà della popolazione mondiale potrebbe sperimentare gravi carenze idriche e, con la crescita demografica che prevede nel 2050 circa 10 miliardi di persone, il problema non può che aggravarsi.

In Europa la situazione non è migliore: la Commissione Europea, in uno studio del 2010, ha evidenziato come sussista nel Vecchio Continente una disparità nella distribuzione delle acque, una situazione che è divenuta sempre più grave a causa dell'attività umana. Nell'Europa meridionale, ad esempio, lo sviluppo del turismo ha determinato un incremento della domanda idrica, creando fenomeni di desertificazione e di intrusione delle acque salate nelle falde acquifere di varie zone costiere d'acqua dolce.

Nei Paesi dell'Unione Europea, le misure dirette a favorire un uso più sostenibile dell'acqua comprendono:

- strumenti di mercato a garanzia della regola del recupero dei costi, in base al principio «chi usa paga»;
- impiego mirato di finanziamenti per promuovere il risparmio idrico a favore, ad esempio, di una migliore pianificazione nell'uso dei suoli e della promozione di pratiche agricole sostenibili (coltivazioni che richiedono meno acqua, irrigazione più efficiente ecc.);
- migliore gestione del rischio di siccità grazie a proposte integrate, che prevedano sistemi di mappatura e di preallarme;
- sviluppo di infrastrutture alternative per l'approvvigionamento idrico atte a fronteggiare problemi di carenza idrica nei bacini idrografici,

come l'ampliamento di impianti di desalinizzazione o l'importazione di acqua dolce;

- promozione di tecnologie per un uso efficiente dell'acqua, basate sulla promozione della ricerca e intese a ridurre il consumo e lo spreco dell'acqua;
- diffusione di una cultura improntata al risparmio dell'acqua, favorendo l'informazione, l'educazione e la formazione volte a sensibilizzare aziende e consumatori.

In materia di impronte ambientali si comprende, quindi, l'importanza della *water footprint*, l'impronta di acqua, che rappresenta il quantitativo di acqua dolce da parte di un singolo, di una comunità oppure di un'azienda utilizzato e inquinato nell'unità di tempo.

Il calcolo della *water footprint* prevede tre fasi:

- 1) quantificazione e localizzazione dell'impronta idrica di un prodotto o di un processo nel periodo di riferimento;
- 2) valutazione della sostenibilità ambientale, sociale ed economica dell'impronta idrica;
- 3) individuazione delle strategie di riduzione della stessa.

Per calcolare la *water footprint* è necessario tenere conto di tre tipologie di risorsa idrica:

- 1) le acque superficiali e sotterranee prelevate;
- 2) le acque meteoriche, soprattutto in relazione all'uso irriguo;
- 3) le acque inquinate, stimate come il quantitativo di acqua necessario a diluire gli inquinanti fino al limite previsto.

Possiamo affermare che la *water footprint* rappresenta quindi un indicatore complesso ed articolato sul reale impatto delle attività umane sulla risorsa idrica.

Per effettuare una stima della stessa è stata sviluppata una norma tecnica standard: UNI EN ISO 14046 "Gestione ambientale - Impronta Idrica (*Water Footprint*) - Principi, requisiti e linee guida", entrata in vigore nella sua ultima versione il 14 aprile 2016.

La norma ISO 14046 specifica principi, requisiti e linee guida relativi alla valutazione dell'Impronta Idrica (*water footprint*) di prodotti, processi e organizzazioni, basata sulla valutazione del Ciclo di Vita (LCA).

Essa fornisce principi, requisiti e linee guida per la conduzione e la rendicontazione dell'impronta idrica come valutazione a se stante o come parte di una più completa valutazione ambientale. Sono incluse nella valutazione solamente le emissioni in aria e nel terreno che impattano sulla qualità dell'acqua e non tutte le altre. Il risultato di una valutazione dell'impronta idrica è un valore singolo, oppure un profilo dei risultati degli indicatori di impatto.

Per concludere la nostra rassegna un accenno va fatto anche alla c.d. "impronta ambientale".

Nel 1990 due ricercatori dell'Università della British Columbia, Mathis Wackernagel e William Rees, hanno messo a punto una metodologia denominata "impronta ambientale", che si è rivelata un importante indicatore in quanto consente di monitorare l'utilizzo delle risorse naturali disponibili sul nostro pianeta e, indirettamente, promuovere azioni finalizzate allo sviluppo sostenibile.

L'idea di mettere a punto un'impronta ambientale nasce dalla considerazione che, specie nei Paesi Industrializzati, l'attuale modello di sviluppo comporta un consumo di risorse superiore a quello che il nostro Pianeta è in grado di fornire e/o di rigenerare.

L'impronta ambientale misura quanta superficie in termini di terra e acqua la popolazione umana necessita per produrre, con la tecnologia disponibile, le risorse che consuma e per assorbire i rifiuti prodotti. E' possibile misurare l'impronta ambientale di un individuo, di una città, di una popolazione, ma anche di una azienda o di un prodotto.

3.2 L'energy manager: la professione del futuro per una corretta gestione dell'energia

Se obiettivo del presente studio è quello di dare un quadro sintetico ma esauriente sulle principali fonti di energia e cercare di far comprendere la necessità di affidarsi sempre di più a quelle alternative in grado di preservare l'ambiente, soprattutto in prospettiva futura, la professione che si sta affermando in tale contesto per una corretta e consapevole gestione delle fonti di energia è certamente l'*energy manager* ossia l'esperto, che ha, nel settore energetico, tra i propri compiti principali l'analisi, il monitoraggio e l'ottimizzazione dell'uso dell'energia, sia per le aziende pubbliche che per quelle private, per ottimizzare i benefici economici, tenendo comunque presente il rispetto dell'ambiente, nella creazione di beni e servizi.

Infatti va detto preliminarmente che nei prossimi anni andremo incontro a importanti cambiamenti nel sistema energetico, con un aumento tendenziale dei prezzi dei combustibili fossili, una maggiore penetrazione delle fonti rinnovabili e un progressivo aumento del costo dell'elettricità legato ai precedenti fattori.

Per questo è fondamentale usare l'energia in modo efficiente, eliminando gli sprechi e razionalizzando l'utilizzo degli impianti, definendo procedure per l'acquisto di nuove macchine e dispositivi che pongano la giusta attenzione agli oneri di gestione e investendo in tecnologie più efficienti e impianti a fonti rinnovabili.

Nel comparto industriale diventa fondamentale coniugare l'energia con nuovi processi in grado di rilanciare la competitività delle aziende perché l'energia assume dunque un carattere sempre più strategico.

La figura dell'*energy manager* rappresenta uno degli strumenti fondamentali per raccogliere questa ambiziosa e determinante sfida e per vederne le conseguenze positive in un futuro non troppo lontano.

Facendo un po' di storia la figura dell'*energy manager* nasce negli USA ai tempi della prima crisi petrolifera del 1973. Il problema energetico, divenuto centrale come nei tempi attuali, spinse ad affidare ad una persona

competente e capace l'incarico di affrontarlo e risolverlo all'interno delle singole aziende ed enti, attribuendole potere e mezzi necessari. In Italia questa figura è stata istituzionalizzata dalla Legge n. 308 del 1982 e, successivamente, dalla Legge 10/1991 con la quale:

- la figura dell'*energy manager* viene definita "Responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia" e ne vengono delineati ruoli e compiti;
- l'obbligo di nomina viene esteso a tutti gli Organismi pubblici e privati che superano determinati limiti di consumo.

Va aggiunto che negli ultimi tempi sta inoltre nascendo una nuova figura professionale: l'esperto in gestione dell'energia, che amplia ed approfondisce le competenze dell'*energy manager*, in risposta alle più recenti Direttive Europee ed all'importante evoluzione dei mercati registrata negli ultimi anni.

Si tratta di un profilo di alto livello, con competenze manageriali, tecniche, economico-finanziarie, legislative e di comunicazione che supporta i decisori aziendali nelle politiche e nelle azioni collegate all'energia.

Quindi la figura dell'*energy manager* è fondamentale per supportare le imprese nell'attuare politiche di riduzione dei consumi energetici – e dunque dei costi – e nel tenere conto in modo efficiente dell'energia in tutte le fasi della produzione o della gestione degli edifici.

La nomina di legge è annuale e va inviata entro il 30 aprile alla Federazione italiana per l'uso razionale dell'energia, che dal 1992 gestisce a titolo non oneroso su incarico del Ministero dello sviluppo economico le nomine degli *energy manager* e ne promuove il ruolo in Italia e a livello internazionale.

La mancata nomina è punibile, in base all'art. 34 della legge 10/1991, con una sanzione compresa fra 5.164,57 e 51.645,69 euro ma, a onor del vero, tali sanzioni non sono mai state comminate. Al riguardo però va precisato che nel 2015 si è svolta la prima indagine della Corte dei conti su un ente pubblico per verificare il danno erariale collegato alla mancata nomina.

Occorre chiarire che i soggetti obbligati sono imprese, enti, consorzi, associazioni, etc. e che tale definizione è sostanzialmente onnicomprensiva

e mira ad assicurare che tutti i grandi consumatori di energia abbiano una figura responsabile di gestire i consumi e promuovere interventi di efficientamento energetico.

Gli *energy manager* nominati possono essere dipendenti (opzione di gran lunga più comune per le grandi imprese) o consulenti esterni (opzione più comune per soggetti di media e piccola dimensione, dove è più difficile trovare in organico persone con le competenze richieste).

Va precisato che, nel primo caso è preferibile che venga nominato un dirigente in quanto la possibilità di incidere efficacemente sulle scelte aziendali può essere preferibile nelle grandi realtà alle competenze tecniche (che comunque saranno in possesso di altre persone all'interno dell'organizzazione). Al diminuire della dimensione aziendale l'*energy manager* tende invece a configurarsi di più come un esperto in gestione dell'energia (EGE). Invece negli Enti locali è opportuno che la funzione di *energy manager* sia riconosciuta attraverso un'apposita delibera di giunta, al fine di garantire un ruolo più trasversale e una maggiore capacità di operare in collaborazione con i diversi assessorati. È comunque possibile procedere con una nomina direttoriale, nel qual caso la funzione risulta generalmente più limitata. Comunque l'*energy manager*, nominato o meno, può rivelarsi utile in tutte le imprese e gli enti che presentino un elevato impatto del costo dell'energia sui costi di produzione di beni e servizi.

Venendo ora al suo ruolo va precisato che tale figura ha il compito di gestire ciò che riguarda l'energia all'interno di un'azienda, un ente pubblico, o più in generale un'organizzazione, verificando i consumi, ottimizzandoli e promuovendo interventi mirati all'efficienza energetica e all'uso di fonti rinnovabili.

Questo si traduce in un ruolo differente a seconda delle caratteristiche dimensionali della struttura considerata:

- nel caso di un'organizzazione complessa, l'*energy manager* sarà preferibilmente un dirigente alla guida di un gruppo di persone di estrazione prevalentemente tecnica;

- nel caso di aziende ed enti di piccole dimensioni si tratterà in genere di un consulente esterno con competenze tecniche in *energy management*;

Va detto che Il primo caso è l'unico in cui non è teoricamente necessario che l'*energy manager* sia un tecnico, in quanto deve essere essenzialmente un manager di alto livello, supportato da bravi specialisti, in grado di influire efficacemente sulle politiche energetiche aziendali. Peraltro, data la natura da addetti ai lavori degli aspetti energetici, un profilo tecnico può essere preferibile anche in questa circostanza.

L'*energy manager*, dunque, verifica i consumi, attraverso audit ad hoc o, se disponibili, tramite i report prodotti da sistemi di telegestione, telecontrollo e automazione. Inoltre si interessa di ottimizzare i consumi attraverso la corretta regolazione degli impianti e il loro utilizzo appropriato dal punto di vista energetico, di promuovere comportamenti da parte dei dipendenti e/o degli occupanti della struttura energeticamente consapevoli e di proporre investimenti migliorativi, possibilmente in grado di migliorare i processi produttivi o le performance dei servizi collegati.

Un'altra funzione che spesso riguarda l'*energy manager* è quella degli acquisti di energia elettrica e altri vettori energetici. In questo caso si tratta di ridurre i costi di acquisto, eventualmente promuovendo la corretta gestione dei carichi elettrici in modo da evitare punte di potenza che comportino costi maggiori.

Inoltre tra le ulteriori funzioni che possono essergli affidate vi è la possibilità di collaborare con l'ufficio acquisti per promuovere procedure che promuovano i cosiddetti acquisti verdi (*green procurement*) e l'acquisto di macchinari caratterizzati da bassi consumi energetici e dunque bassi costi di gestione (attraverso studi di *life cycle cost analysis* – LCCA che è uno strumento economico che permette di valutare tutti i costi relativi ad un determinato progetto o prodotto, dalla nascita fino alla fine – vedi paragrafo precedente).

Va detto che l'*energy manager* può andare incontro a varie difficoltà nello svolgimento delle sue funzioni in quanto ha la necessità di confrontarsi

spesso con persone non tecniche, sia sul fronte dei decisori aziendali, sia su quello dei colleghi preposti ad altre mansioni, che richiede la capacità di esporre in termini semplici i concetti tecnici nonché l'esigenza di dialogare con altre funzioni aziendali, in quanto l'energia è di per sé un tema orizzontale, che coinvolge chi acquista elettricità e altri combustibili, ma anche macchinari e dispositivi, chi si occupa della manutenzione dei sistemi, chi progetta gli edifici e gli impianti, chi scrive le specifiche delle gare, gli uffici legali, e così via.

In conclusione l'*energy manager* ideale è una figura che deve avere solide basi di energetica, valutazione degli investimenti, legislazione e mercati, unite possibilmente a doti comunicative; una preparazione complessa e conseguibile solo nel tempo, attraverso l'esperienza e un aggiornamento continuo.

Passando ora in rassegna più nello specifico i compiti dell'*energy manager* possiamo elencare:

- presa di contatto con l'organizzazione e individuazione delle figure di riferimento per lo svolgimento delle proprie attività (decisori, ufficio acquisti, tecnici esperti in gestione dell'energia, manutentori, responsabili di linee di processo, funzioni amministrative e contabili, funzioni finanziarie, etc.);
- raccolta delle bollette energetiche, valutazione dei consumi mensili e annuali, verifica; individuazione delle curve di carico giornaliera elettriche e termiche;
- verifica dei contratti esistenti collegati ai servizi energetici (sia per assicurarsi delle prestazioni erogate, sia per pianificare in modo opportuno le proposte di investimento);
- creazione di un database delle aree di consumo, con dettagli maggiori per quelle più significative (caratteristiche, potenze impegnate e di targa, energia/ore di funzionamento, data di installazione, etc.);
- individuazione di un set di indicatori di prestazioni energetiche per confrontare i consumi fra le diverse sedi e con la letteratura;

- realizzazione di diagnosi energetiche e di studi di fattibilità (in prima persona o con l'ausilio di soggetti terzi);
- proposte di intervento e studi di fattibilità (monitoraggio, riduzione sprechi, programmi di sensibilizzazione ai dipendenti, investimenti in efficienza e rinnovabili);
- monitoraggio della normativa e accesso agli incentivi e, infine, verifica dei risultati conseguiti e programmi di comunicazione degli stessi.

Per concludere va precisato che i settori dove sono più impiegati gli *energy manager* sono industria (con particolare riferimento a quelle attive nella produzione e fornitura di energia), terziario, trasporti e agricoltura.

3.3 Conclusioni

Al termine del nostro studio appare necessario fare qualche breve considerazione finale.

Lo scopo di questa tesi era dimostrare quanto sia realmente necessario trovare una fonte di energia alternativa. Purtroppo abbiamo avuto la conferma che il percorso è ancora lungo a causa d'interessi legati alle energie fossili in via di estinzione, ma anche di fattori economici, senza dimenticare che l'investimento iniziale è ingente e se ne trae beneficio solo nel lungo periodo.

Energia, forza, progresso, rinnovabile, eco sostenibilità, ricerca, economia, mondo. Ecco alcune delle parole maggiormente usate in questa tesi dove è stato analizzato nel primo capitolo il tema delle energie non rinnovabili, mettendo in risalto i benefici (pochi allo stato attuale) le criticità (tante) derivanti dal loro utilizzo; nel secondo capitolo, abbiamo concentrato la nostra attenzione sul continuo cambiamento che nel tempo ha subito e continuerà a subire con il passare degli anni, l'energia rinnovabile con le sue potenzialità, mostrando con un'analisi numerica, coadiuvato dall'utilizzo di tabelle, i vantaggi e gli svantaggi che caratterizzano le fonti rinnovabili; infine, nel terzo, abbiamo dapprima esaminato alcuni indicatori che permettono di comprendere l'impatto che i prodotti realizzati dall'uomo

hanno sull'ambiente esterno e, quindi, abbiamo mostrato la figura di colui che, nelle aziende pubbliche e private, è chiamato a prendere le decisioni fondamentali in materia di energia, avendo come obiettivo certamente la massimizzazione dei profitti ma nel rispetto dell'ambiente esterno: l'*energy manager*.

Possiamo concludere che egli avrà necessariamente bisogno, per operare nel modo migliore, anche di tutti quei dati, quelle nozioni, quei studi che sono stati analizzati nel presente lavoro.

BIBLIOGRAFIA

Vincenzo BANZANI “Energia per l’astronave Terra”, Zanichelli, 2011.

Piergiuseppe BIANDRINO e Marinella DE FOCATIS (a cura di) “Efficienza energetica ed efficienza del sistema dell’energia: un nuovo modello?”, Wolters Kluwer 2016.

Alessandro BORDIN “Biocombustibili e biocarburanti: soluzioni, tecnologie, agevolazioni”, Ipsoa, Milano 2007.

CERTIQUALITY, “La carbon footprint e la water footprint di prodotto”, 2013

Matteo FALCIONE “Diritto all’Energia”, Barbera, 2008.

Nino LO BIANCO “La guida del Sole 24 Ore al management dell’energia” Gruppo24ore, 2011.

Antonio LUQUE Steven HEGEDUS, “Handbook of Photovoltaic Science and Engineering” Wiley, 2003.

Pietro MENNEA “Energia pulita”, Il Mulino, 2003.

Mario PAGLIARO, “Energy manager: una professione vincente al servizio di imprese ed enti pubblici”, Narcissus.me 2012.

Sandro PICCHIOLUTO, “Energy manager ed esperto in gestione dell’energia”, Hoepli 2018-

Adriano PIGLIA, “Energie rinnovabili, un sogno nel cassetto”, Fabaino, 2008.

Vittorio SCIALLA (a cura di) “Efficienza energetica e fonti rinnovabili”
Gruppo24ore 2010.

“Costi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili” Rapporto
commissionato da AEEG al Politecnico di Milano – Dipartimento di
energia.

SITIGRAFIA

www.ansa.it

www.gse.it.

www.anev.org.

www.webuildvalue.com.

www.greenreport.it.

www.isprambiente.gov.it

em.fire-italia.org,

Alessandro Baroni