FEDERAZIONE ITALIANA PER
L'USO RAZIONALE DELL'ENERGIA

Elettrificazione dei consumi energetici nelle imprese

Giuseppe Tomassetti

L'elettrificazione come stadio attuale della decarbonizzazione

Il motivo base della transizione energetico/ambientale in corso nei Paesi dell'Unione Europea, che coinvolge così pesantemente le imprese italiane, è quello di ridurre progressivamente le emissioni di gas climalteranti, in particolare l'anidride carbonica ed il metano, ritenute responsabili dell'attuale fase di rapido aumento delle temperature dell'atmosfera terrestre, mantenendo di principio una neutralità tecnologica verso le varie fonti energetiche.

La riduzione delle emissioni climalteranti può avvenire, sia aumentando l'efficienza nell'utilizzo dei combustibili fossili a forte contenuto di carbonio, riducendone il consumo, sia spostando i consumi su fonti rinnovabili, prive di carbonio fossile.

L'efficienza è stata riconosciuta come più importante, "efficiency first" perché oltre alle minori emissioni climalteranti, riduce il carico sulle reti di distribuzione e sulla logistica dei rifornimenti.

I vari paesi della UE a partire dagli anni 80 hanno promosso normative ed incentivi per favorire l'efficienza degli impianti e poi l'impiego diretto delle fonti rinnovabili di energia e di vettori energetici derivati da fonti rinnovabili. Gli incentivi hanno riguardato dapprima attività di ricerca, sviluppo, dimostrazione e diffusione, poi dagli anni 2000 soprattutto la diffusione nel mercato, fra i più efficaci i Titoli di Efficienza Energetica o TEE per il risparmio e i vari Conto Energia per le fonti rinnovabili.

L'indirizzo del principio di neutralità tecnologica nel corso di questi anni si è scontrato con il diverso stadio di sviluppo delle differenti filiere tecnologiche, molto differente fra quelle per la generazione di elettricità da fonti rinnovabili e quelle per le rinnovabili termiche. In particolare:

- l'energia idroelettrica era già totalmente matura da decenni, anche se gli impianti dovranno essere ristrutturati per svolgere funzioni prevalenti di regolazione;
- l'energia fotovoltaica, che aveva avuto la sua ricerca di base pagata dai programmi spaziali, ha potuto investire per ridurre i costi;
- l'energia eolica è stata importata dai paesi attorno al Mar del Nord che, grazie alle passate esperienze e stimolati da venti costanti, hanno progredito rapidamente;
- l'energia dalle biomasse derivate dagli impianti del ciclo dei rifiuti (dagli inceneritori, dalle discariche controllate, dai digestori degli allevamenti e della FORSU, frazione organica rifiuti urbani), oltre che da centrali tradizionali alimentate da legno importato, ha dato il suo contributo.

Come risultato globale, già oggi, la quota dell'elettricità generata da fonti rinnovabili raggiunge fra il 33 ed il 40% della produzione nazionale, alla quale aggiungere un altro 20-30% d'importazione, prevalentemente nucleare francese.

Molto diversa è la situazione per le fonti rinnovabili termiche. Il solare termico ha avuto una penetrazione limitata nelle residenze, mentre è praticamente assente nelle imprese, anche nella versione a concentrazione, per vari motivi ma soprattutto perché spesso marginale rispetto alle possibilità di recupero dagli effluenti; poi per vincoli logistici. Le biomasse legnose hanno visto grandi progressi per efficienza, emissioni e gestibilità nel settore residenziale, tramite la fornitura di pastiglie, pellet importato, permettendo l'azionamento meccanizzato ma, complessivamente, sempre economicamente conveniente rispetto ai combustibili per riscaldamento gravati da accise specifiche. Nonostante i nostri boschi siano in forte espansione, con tagli molto inferiori all'accrescimento annuale, a causa della frammentazione della proprietà e delle limitate capacità delle nostre imprese forestali da assommare ai vincoli logistici per i depositi e la movimentazione presso i siti di consumo, sono molto rare le applicazioni industriali delle biomasse, la più rilevante è nella produzione di calce. La produzione di biodiesel dalle prime bioraffinerie alimentate da scarti animali e vegetali, come di biometano dal biogas è attualmente assorbita dal settore trasporto.

Ugualmente non sfruttate sono le potenzialità delle acque superficiali per l'alimentazione di pompe di calore per condizionamento degli edifici estivo ed invernale; le Amministrazioni Pubbliche che hanno le mani in pasta nella gestione delle acque cominciano solo ora a pensarci.

Come risultato di questi diversi gradi di evoluzione, l'introduzione delle fonti rinnovabili nelle imprese consumatrici è avvenuta, da una parte, attraverso l'impiego dell'elettricità, anche se usata tradizionalmente, grazie alla decarbonizzazione a monte dell'industria elettrica, dall'altra, in forma minore, con l'accesso diretto alle fonti rinnovabili elettriche.

Va ricordato che, in parallelo, gli usi finali dell'elettricità hanno visto negli ultimi decenni tre grandi innovazioni:

- nelle tecnologie per l'illuminazione, sono arrivate prima le lampade a scarica compatte, poi le lampade a LED;
- nelle pompe di calore sono arrivate versioni con nuovi fluidi adatti a lavorare sopra i 100°C in molti processi;
- poi abbiamo infine la grande diffusione della sensoristica e dell'informatica per la regolazione ed il controllo sempre più capillare.

Il risultato globale è che, oggi qui ed adesso, per le imprese la decarbonizzazione si traduce sostanzialmente nella elettrificazione degli usi finali.

Importanza attuale della elettrificazione

La prima questione da analizzare è: perché elettrificare è importante per le imprese? Le motivazioni più rilevanti possono essere raccolte in quattro considerazioni:

-L'elettricità è più facilmente controllabile anche in piccoli consumi decentrati su diversi apparati, in siti differenti; gli impieghi finali dell'elettricità sono i più diversificati e generalmente più prestazionali degli impeghi del vapore o dell'aria compressa.

-L'elettricità è un vettore derivato che è generato da differenti fonti primarie sia chimiche (gas naturale, idrocarburi, biomasse cellulosiche, carboni, prodotti a fine vita) sia meccaniche (sole, vento, acqua in movimento), diversamente distribuite nei vari paesi; questa è considerata una situazione di garanzia per la sua disponibilità, in Italia, nel futuro.

-Le imprese generalmente si garantiscono la disponibilità di elettricità per quattro vie: un proprio impianto termoelettrico generalmente di cogenerazione di elettricità e calore, una connessione con la rete di distribuzione elettrica, un impianto da fonti rinnovabili nel proprio sito e infine un PPA, un accordo di acquisto pluriennale da un produttore da fonti rinnovabili posto nel proprio sito o a distanza. La scelta ottimale dipende da variabili in continua evoluzione ma una volta decisa va comunque mantenuta per un certo numero di anni per ammortare gli investimenti. Disporre di un mix di soluzioni diverse dovrebbe ridurre il rischio di fare una scelta totalmente errata rispetto ad evoluzioni impreviste.

- Avere consumi finali tutti elettrificati permette di rientrare automaticamente nei limiti della tassonomia europea per accesso ai finanziamenti. Rimarrà il controllo dell'impatto sul territorio e sulla società delle emissioni inquinanti e della produzione, aspetti più o meno rilevanti

secondo il settore di attività, ma meno immediatamente percepiti rispetto alla combustione diretta.

Non va dimenticato che l'energia elettrica ha una sua grande limitazione costitutiva, la grande difficoltà di accumulare eccedenze rispetto alla domanda. La interconnessione permette efficienza e flessibilità ma rende vulnerabili le imprese da eventi esterni, siano congestioni, alluvioni, terremoti o guerre. Le reti possono avere sia buchi di tensione, sia sovraccarichi con distacchi temporanei, sia interruzioni per più giorni per eventi climatici non pienamente prevedibili. Le fonti solari ed eoliche non sono programmabili, hanno le loro variazioni giornaliere, stagionali, con più sole d'estate ma con più vento d'inverno. Il vecchio diesel di emergenza, col suo serbatoio di gasolio, può dare garanzia ma, oltre ad occupare spazio, richiede investimenti continui in manutenzione e verifiche periodiche di intervento.

Si devono aprire supporti di garanzia alla produzione sia con stoccaggi a breve, con batterie elettrochimiche e/o meccaniche, sia con stoccaggi stagionali producendo combustibili di sintesi. Dovrà occuparsene ogni impresa consumatrice o ci penseranno le imprese energetiche? Verosimilmente tutte e due. Nella fase attuale di digitalizzazione e di connessione l'indipendenza e l'autarchia sono concetti che hanno perso molto del loro contenuto, così come il vecchio detto secondo il quale mettere tutte le uova nello stesso paniere fosse una pessima idea.

Le guerre non dichiarate che ci circondano stanno rilanciando i vincoli geopolitici ed il livello di competizione fra alleanze allargate. Una impresa totalmente elettrificata è nel solco sempre più profondo della globalizzazione/integrazione, dalla quale è sempre più difficile scendere e forzatamente si riducono i rapporti col contesto.

I grandi eventi esterni, dalle alluvioni ai terremoti, coinvolgono non solo le strutture fisiche delle imprese ma anche i dipendenti e i collaboratori, con le loro residenze. Le esperienze ci dicono che è il contesto che fa la differenza: i terremoti sull'Appenino, in aree poco strutturate, hanno azzerato l'economia con decenni per gli adeguamenti delle ricostruzioni, mentre i terremoti nel Friuli e nel Modenese hanno visto ripartire la produzione prima delle abitazioni e le ricostruzioni sono diventate occasioni di sviluppo.

Tecnologie per l'elettrificazione degli usi finali

Le tecnologie utilizzate nelle imprese per la produzione di beni e servizi possono essere, in primissima analisi del tutto astratta, essere suddivise in tre settori:

- tecnologie che prevedono movimenti o deformazioni
- tecnologie che prevedono riscaldamento o raffreddamento
- tecnologie che prevedono modifiche fisico/chimiche

Le tecnologie del primo gruppo, escludendo il trasporto, sono ormai quasi esclusivamente elettriche, anche se sono ancora molto diffuse le reti di distribuzione di aria compressa e apparati oleodinamici, entrambi alimentati da compressori elettrici

Il secondo gruppo raccoglie i bisogni di calore con modi tipici di suddivisione. I riscaldamento ad alta temperatura generalmente impiega combustibili, salvo che per i metalli, dove necessità di controllo e di rapidità vedono una ampia diffusione della induzione elettrica, così pure applicazioni da laboratorio o artigianali, con necessità di controllo dell'atmosfera o altissime temperature utilizzano l'elettricità.

Gli impieghi a bassa temperatura, come nelle residenze, un tempo mercato esclusivo dei combustibili, sono progressivamente aggrediti dalle pompe di calore elettriche, dalle biomasse in pastiglie e dal teleriscaldamento da cogeneratori o pompe di calore; i bisogni di raffreddamento, sia civili che industriali, erano campo riservato a compressori elettrici, oggi grandi strutture civili usano apparati ad assorbimento alimentati da calore da cogenerazione. Le prime realizzazioni dimostrative di raffrescamento ad energia solare termica rischiano la cannibalizzazione dallo sviluppo del fotovoltaico che ha ridotto i suoi costi.

Nel terzo gruppo si considerano sia le modifiche di tipo fisico come macinazione, filtrazione e le varie tecniche separative con consumi sia di calore che di elettricità per le trasformazioni chimiche quali distillazione, cottura, operazioni complesse sia termiche da combustibili (es. cemento e ferro), sia elettriche (es. alluminio e soda). Il consumo energetici ed i gas climalteranti derivati dalla produzione di questi materiali di base, non sono finora addebitati alle imprese manifatturiere che li usano e li trasformano, tema che sta emergendo nell'ipotesi di tassazione ai confini della EU per lottare contro la concorrenza ambientalmente dannosa da parte dei paesi che hanno rinviato le normative sulla transizione energetico/ambientale. Le prospettive per le tecnologie di questo gruppo, nella produzione di concimi azotati, di combustibili di sintesi, nella preriduzione dei minerali, si affidano

alle potenzialità della futura disponibilità di idrogeno rinnovabile, generabile dalla attesa grande disponibilità di elettricità rinnovabile.

Questione aperta è come le imprese consumatrici potranno raccordarsi con la disponibilità, stagionalmente e giornalmente irregolare, delle fonti rinnovabili. Stressando la questione all'estremo, sarà la disponibilità di accumuli giornalieri e stagionali a permetterci di mantenere le nostre abitudini, o progressivamente la stagionalità delle fonti rinnovabili influenzerà la flessibilità dei carichi nella società?

Nella pratica gestione della attività produttive, si hanno continue ibridazioni fra i processi in relazione alle dimensioni fisiche degli oggetti ed alla loro composizione e allo stato delle tecnologie; basti confrontare cosa avviene in una acciaieria integrale dove il lingotto, colato da un altoforno alimentato da coke, viene prima riscaldato in forno a gas poi laminato da motori elettrici; invece in una miniacciaieria con fusione del rottame in forno elettrico, con colata continua, controllo ad induzione della temperatura dei bordi, laminazione in continua, tutto è alimentato da elettricità; anche una piccola officina di stampaggio acciaio scalda i pezzi in forno elettrico ad induzione e li stampa con una pressa meccanica.

La dimensione dei prodotti, il loro peso, la costanza o meno delle loro caratteristiche, la produzione in continua o a lotti, il confronto dei prezzi fra elettricità e combustibili, sono tutti parametri che condizionano la scelta delle tecnologie, anche se ci sono regole generali. Le tecnologie elettriche permettono in generale transitori in tempi più ridotti e sono più modulabili e regolabili rispetto alle tecnologie termiche, anche se la sostituzione del metano agli oli combustibili, con combustione senza residui imbrattanti, permettendo sensori distribuiti, ha ridotto di molto queste differenze; basti confrontare le inerzie ed i vincoli dei vecchi forni di cottura a carrelli, quasi caverne di refrattari, alimentati a polverino di carbone, con la versatilità dei forni a rulli coi leggerissimi refrattari in fibra, alimentati da numerosissimi piccoli bruciatori a gas.

Molti progressi sono stati possibili dalla ibridizzazione di tecnologie, con l'inserimento di sensori elettrici/elettronici, di ventilatori per gas caldi e di pompe di ricircolo, si sono migliorate le prestazioni produttive di molti processi termici, poi col recupero di calore dagli effluenti liquidi e gassosi si sono ridotti i consumi dei processi tradizionali. La valorizzazione dei recuperi termici, coi loro diversi livelli di temperatura, richiede altri sensori e pompe elettriche, con una progressiva digitalizzazione di tutta l'azienda, sempre più simile ad una raffineria.

Estraendo delle priorità da questa analisi tecnologica si possono indicare alcune potenziali applicazioni ottimali per una ulteriore penetrazione dell'elettricità nei consumi energetici delle imprese:

- pompe di calore con nuovi fluidi per temperature sempre più alte
- trattamento degli effluenti per depurazione e recupero di calore
- digitalizzazione per la valorizzazione dei recuperi termici e di materiali all'intero ed all'esterno dell'impresa
- predisporre l'evoluzione degli impianti di cogenerazione a fine vita
- proporre servizi per il territorio
- tecnologie separative

Analisi dei settori tecnologici proposti

Le pompe di calore

Le pompe di calore hanno la funzione di trasferire calore da una temperatura base ad una più alta; un circuito termodinamico opera fra due ambienti, il fluido di lavoro evapora, bollendo, nel primo ambiente che si raffredda, poi il vapore viene compresso da un motore scaldandosi, il vapore poi condensa nel secondo ambiente scaldandolo, infine il fluido condensato si espande e ricomincia il ciclo. Nelle applicazioni frigorifere l'obbiettivo è raffreddare il primo ambiente e il calore prelevato è buttato nel secondo ambiente senza preoccuparsene; nelle applicazioni da riscaldamento il calore è prelevato dal primo ambiente, poi mediante l'energia del compressore, se ne aumenta la temperatura e si scarica tutto questo calore, divenuto "utile" nel secondo ambiente. Le prestazioni di questo pompaggio sono espresse attraverso un coefficiente di prestazione, il COP (coefficient of performance), dato dal rapporto fra il calore "utile" e l'energia assorbita (dal compressore e dagli ausiliari); nelle applicazioni per riscaldamento il COP è quindi sempre maggiore di 1 poiché si aggiunge una certa quantità di calore ambientale gratuito. In assenza di perdite e di ausiliari, condizione di riferimento, il COP è dato dal rapporto fra la temperatura dell'ambiente caldo (in gradi assoluti Kelvin) e la differenza di temperatura fra i due ambienti. Per compensare i consumi di fonte primaria necessaria per generare l'elettricità, era necessario ottenere un COP di 2,5-3 per avere una riduzione netta dei consumi di fonte primaria; al crescere della quota di rinnovabili nella elettricità di rete questo limite si è molto abbassato.

La realizzazione effettiva richiede un fluido che possa stabilmente evaporare e condensare fra le due temperature richieste; la famiglia dei fluoruri, adatta alle applicazioni residenziali, dopo aver regnato per un secolo, è uscita dell'uso perché responsabile della riduzione della fascia di ozono(O_3) che, al di sopra della troposfera, ci scherma dalle radiazioni solari ultraviolette che danneggiano la nostra pelle. Sono oggi disponibili vari fluidi, adatti ad operare a temperature sempre più alte, dai tradizionali 40-50°C delle abitazioni con fan-coil, ai 70-80°C dei vecchi radiatori domestici, ai 120°C nel teleriscaldamento di Brescia, ai 180-200°C delle applicazioni sperimentali.

Le applicazioni ai consumi industriali sono state promosse per decenni, sotto il nome di "ricompressione meccanica del vapore", come intervento di efficienza per ridurre i consumi di fonti primarie, non come decarbonizzazione; l'applicazione italiana tipica era nella dissalazione nelle piccole isole.

Ci sono state molte applicazioni dimostrative, finanziate dalla UE, in settori produttivi caratterizzati da forti consumi termici a temperature poco elevate quali il settore alimentare, specie lattiero e birrifici, ma poche repliche, anche perché il prezzo dell'elettricità era ben superiore a quello dei combustibili. Nell'attuale contesto le applicazioni vanno riconsiderate nel duplice obbiettivo di riduzione dei consumi e di decarbonizzazione, ma non si è ancora avuto un forte sviluppo delle applicazioni; un ostacolo tipico nelle PMI è legato alla necessità di riadeguare la connessione alla rete elettrica per l'aumento di potenza.

Come già indicato le prestazioni di una pompa di calore sono funzione inversa del salto temperatura che si vuole realizzare, per ridurre questo salto non si può utilizzare sempre e solo l'aria esterna all'edificio, d'inverno a 0°C, come pozzo freddo, occorre cercare o produrre pozzi dai quali prelevare a temperature più alte. Ci possono essere acque di falde superficiali a 15°C e/o acque di fognatura a 25°C, le acque di raffreddamento dalle varie macchine, poi si hanno i recuperi di calore da scarichi gassosi a temperature fino a 150-200°C.

Questi recuperi potrebbero trovare un uso diretti nel processo, ma qui nascono, in un impianto esistente, i mille problemi di organizzazione e di logistica e di formazione, quali le sfasature temporali con i conseguenti transitori, gli spazi, le necessarie connessioni degli scarichi, gli strumenti, la riqualificazione delle competenze, vincoli che spesso rendono molto complesso recuperare calore a valle di un processo per reinserirlo, tramite una pompa di calore, a monte dello stesso. Quello che si riesce a fare, oggi, come intervento di retrofitting, è recuperare calore da uno scarico (o meno bene da un pozzo di scarichi miscelati) e tramite una pompa di calore, valorizzarlo per un altro servizio, interno o esterno all'impresa.

Nel prossimo futuro saranno disponibili pompe di calore, sempre più adatte alle varie temperature, le imprese italiane forse si suddivideranno progressivamente fra quelle di artigianato di lusso, con cicli discontinui e quelle per produzioni specializzate, queste ultime con lavorazioni a ciclo continuo, con tutti i recuperi di energia e di materie integrati nel progetto degli impianti, permettendo così all'economia circolare di far parte del processo.

Trattamento degli effluenti per depurazione e recupero di calore

Le vecchie fabbriche avevano tantissimi camini che scaricavano fumi di ogni colore, ogni macchina aveva il suo per scaricare all'esterno sia i fumi della combustione che le sostanze evaporate dai materiali lavorati; 50 anni di scontri con le autorità ambientali sulle emissioni, con l'inserimento di cicloni, filtri a maniche, filtri elettrostatici e ventilatori, hanno prodotti due risultati interessanti: i fumi e le acque sono più puliti a vantaggio dell'ambiente e del territorio, molto calore viene recuperato dagli effluenti a potenziale vantaggio dell'impresa.

I due risultati sono tecnologicamente connessi; i filtri a maniche si romperebbero se i fumi non fossero raffreddati; se il raffreddamento fosse fatto con aria falsa aumenterebbe il volume dei filtri ed il consumo di energia; raffreddando gli effluenti con uno scambiatore si ha un recupero di energia termica che compensa, almeno in parte, il consumo elettrico dei filtri; per evitare che gli scambiatori si intasino è necessario ridurre le sostanze solide e condensabili trasportate dagli effluenti. Se le due funzioni debbono essere entrambe garantite, può essere necessaria una strumentazione, anche analitica, di una certa complessità.

Non è generalmente sufficiente inserire uno scambiatore nel percorso dell'effluente, occorre predisporre una serie di accorgimenti sia per compensare le perdite di carico, senza squilibrare la macchina sulla quale si applica, sia per garantire la pulizia dello scambiatore e dei filtri, evitando intasamenti. Sono oggi disponibili soluzioni per trattare fluidi molto carichi come: scambiatori rotanti per acque con filacce tessili, scambiatori per condensazione e sgrondamento (allontanamento delle gocce) frazionato di componenti oleosi, catalizzatori addizionati con ozono per la combustione di solventi a bassa temperatura, l'ozono permette di riciclare acque tessili; sono tutti contributi a ridurre

l'impatto sui territori, a ridurre i comportamenti scorretti, a mettere a punto soluzioni a costi compatibili, per problemi nel passato ignorati.

Il trattamento degli effluenti genera calore di recupero, questo calore spesso non è facilmente reinseribile nel processo, per sfasamenti temporali, livelli di temperatura e costanza di caratteristiche, soprattutto necessità di intervenire nella regolazione delle macchine; l'utilizzo più semplice è il riscaldamento dei locali dell'azienda, altri utilizzi richiedono una certa ristrutturazione delle tubazioni di scarico, la creazione di accumuli, con tutta la relativa strumentazione; se i vari recuperi sono separati possono aversi concorrenze/competizione con le pompe di calore; invece se canalizzate in un unico scarico, ne aumentano la temperatura rendendolo un potenziale pozzo di prelievo per pompe di calore per utilizzi garantiti a temperature più elevate, all'interno o all'esterno dello stabilimento.

Le difficoltà sopra evidenziate per la valorizzazione del calore recuperato su una sezione di un impianto esistente, sono il motivo principale per cui la riduzione dei consumi misurata dopo un intervento di efficientamento su quello specifica sezione è raramente riverificabile a valle dell'intero stabilimento. Da queste esperienze deriva l'importanza di una corretta procedura di misura, tipo il IPMVP, International Performance Measurement and Verification Protocol, promosso e diffuso in Italia da FIRE.

Il recupero e la valorizzazione dei materiali raccolti dai filtri, così come dei residui o scarti dei materiali impiegati, non sono in genere gestibili dalla singola impresa, salvo il caso della combustione catalitica dei solventi; considerando la presenza di decine di distretti produttive, con concentrazione geografica di imprese attive sulle diverse fasi di una filiera produttiva, a livello di distretto si potrebbe raggiungere la massa critica per gestire questi residui, in ottica di economia circolare.

Digitalizzazione per la valorizzazione dei recuperi termici e di materiali all'intero ed all'esterno dell'impresa

La maggior parte dei processi produttivi, specie nelle PMI non è organizzata come nelle raffinerie, tutte le sezioni in turno continuo e con i vari apparecchi in cascata termica l'un l'altro; nelle PMI i prodotti cambiano di continuo, spesso la produzione è a lotti. In una industria ceramica solo cottura ed essicazione sono in turno continuo e si scambiano gli effluenti, non gli altri reparti. In una azienda tessile solo l'asciugante, la "ramosa", la macchina più importante, lavora in turno, la ramosa esistente non è progettata per ingressi di aria calda e non si vogliono toccare le sue regolazioni, per cui il calore recuperabile nelle ore notturne non ha utilizzi on line, non c'è una linea di distribuzione dell'acqua di recupero con suoi serbatoi, nel migliore di casi finirà nel vascone dell'acqua fredda. Nelle aziende il vapore è prodotto centralmente come si faceva quando si bruciava carbone, anche se oggi si brucia metano, il vapore è distribuito alla temperatura max richiesta, ogni reparto ne usa un po' e scarica a varie temperature in un unico collettore; in uno schema così chiuso è molto difficile valorizzare a pieno i recuperi di calore fatti negli usi finali, al di là di preriscaldare l'acqua di reintegro in caldaia. Quando si vuole reinserisce il calore recuperato, nel processo che lo ha generato, nascono problemi per i transitori che si generano alla partenza del turno e ad ogni singola interruzione per qualsiasi motivo; come esempio consideriamo una linea con un forno ad induzione che scalda pezzi di acciaio a fino a 1200°C che poi passano ad una pressa per lo stampaggio, i

pezzi caldi cadono in una cesta a raffreddarsi. Il recupero sofisticato prevederebbe di usare il calore dei pezzi stampati per preriscaldare i pezzi da lavorare, ma ad ogni avvio o arresto le temperature dei pezzi in ingresso saranno diverse e il forno non può più essere regolato a tempo, in base all'esperienza dell'operatore, ma richiede un lettore ottico di temperature ed un computer; visto il contesto generale dell'azienda il recupero più adatto è mettere la cesta coi pezzi caldi in un canale con un ventilatore e scaldare il locale, peraltro in area montana.

La diffusione di sensori e di calcolatori è un passo essenziale per arrivare alla decarbonizzazione profonda, il loro uso è possibile anche su processi ed apparati esistenti, per essere però pienamente efficace andrebbe associata a serbatoi, linee di distribuzione e di connessione, decentramento dei generatori, etc, interventi molto difficili da realizzare su impianti esistenti e col rischio che, nel tempo necessario per rifare tutto nuovo, su un altro sito, l'imprenditore si addormenti e non si risvegli più.

La realtà italiana ci mostra esiti molto diversi, in alcuni contesti rinnovare porta alla chiusura, in altri porta a navigare in mari aperti a tutto. Basti confrontare da una parte l'evoluzione di Prato, precursore assoluto dell'economia circolare con la sua "lana meccanica" ricavata da vestiti usati, dove molte aziende hanno chiuso e affittano i capannoni a cinesi che, usando schiavi moderni, producono abbigliamento "made in Italy", oppure quella dei Benetton, passati dalla tintura in pezza delle maglierie della United Color alle autostrade e al ponte di Morandi, dall'altra alla realtà sociale di Solomeo dove Cucinelli produce abbigliament in kashmir, nella rarefatta bellezza delle vecchie case restaurate, con la porta aperta, o alla realtà dei setaioli del comasco dove, già quaranta anni fa, le cucine colori pienamente informatizzate, trasformavano i quadri degli artisti in foulard di seta, al servizio del mercato mondiale della moda.

Le imprese termotecniche propongono pompe di calore con nuovi fluidi, per operare a 180-200 °C, non si tratta più di recupero di calore ma di generazione con pompa di calore.

L'evoluzione degli impianti di cogenerazione a fine vita

In Italia la cogenerazione ha una presenza molto forte nella generazione da impianti termoelettrici, nel 2022, anno di bassissima produzione idroelettrica, la generazione termoelettrica netta è stata di 190 TWh dei quali ben 102 TWh generati in cogenerazione, recuperando 56TWh termici, dei quali 46 effettivamente utilizzati; la generazione da bioenergie rinnovabili è stata di 9,4 TWh. Non sono ancora disponibili i dati sulla cogenerazione per il 2023, anno che ha visto un forte ritorno dell'idroelettrico, una forte crescita delle importazioni ed un forte crollo del termoelettrico sceso a 32 TWhe, accentuatesi nei primi mesi del 2024.

Questo forte ruolo è stato favorito negli anni da vari meccanismi, prima dal CIP6 del 1992, quando mancava elettricità perché l'ENEL non riusciva a costruire centrali, il governo, chiese alle imprese di fare centrali nei loro siti, purché più efficienti del 51% coi cicli combinati, vendendo l'elettricità alla rete; poi la UE, con paesi nei quali col carbone c'era abbondanza di elettricità e c'erano reti per il calore, avviò il meccanismo CAR, cogenerazione ad alta efficienza, attivo ancora oggi in Italia con i TEE, titoli di efficienza energetica, che premia l'efficienza nell'utilizzo del combustibili nel produrre contemporaneamente elettricità e calore.

Gli impianti cogenerativi sono molto diversificati: i cicli combinati alimentati da metano e gas derivati, in buona parte eredità del CIP 6, coprono, nel 2022, il 70% della cogenerazione; i motori a combustione interna, con taglie medio/piccole, alimentati prevalentemente da metano e biogas

coprono il 18%; le turbine a gas alimentate a metano coprono il 6%; infine gli impianti a vapore a spillamento e contropressione, alimentati da biomasse, rifiuti e petrolio danno un altro 6%.

Non è ufficializzato quanti degli impianti cogenerativi attuali rispondano alle norme della CAR perché le imprese, che hanno completato il periodo incentivato, non mandano più i loro dati annuali. L'accesso agli incentivi era per 54,9 TWhe lordi e 37,2 TWht nel 2021, ultimo dato disponibile; questi valori sono poco più della metà dei 98,2TWh generati in cogenerazione riportati da Terna, sempre per il 2018. Non è più disponibile la pubblicazione specifica edita da Unapace, prima della liberalizzazione del mercato elettrico, con i dati della cogenerazione presentati oltre che per tecnologia e combustibile, anche per settore produttivo; in generale mentre la qualità dei dati sull'elettricità è garantita dai misuratori fiscali, i dati sul calore recuperato e su quello utilizzato sono ritenuti meno affidabili, non solo per la mancanza di contatori fiscali, ma anche per la presenza di collettori di vapore sui quali convengono vari flussi caldi da caldaie, cogeneratori, recuperatori con differenti qualità e differente variabilità.

In uno scenario Snam-Terna del 2023 si ipotizzava che nell'avanzamento della transizione energetica, per il 2030 sarebbe rimasta attiva solo la cogenerazione incentivata CAR, quindi la metà di quella attuale.

Questa previsione appare molto drastica considerando che l'incentivo non è l'unico movente per la realizzazione di un impianto di cogenerazione, né tanto meno per farlo funzionare, se già disponibile. In Italia c'è un interesse di base all'autoproduzione, per i prezzi alti dell'elettricità dalla rete ENEL, rete peraltro nata senza un fondo di dotazione, ne è testimone il livello delle importazioni che con la chiusura delle centrali a carbone sta arrivando ai 50-60 TWh/anno; al prezzo base vanno aggiunti gli oneri di sistema, crescenti per incentivare la transizione alla decarbonizzazione. L'autoproduzione poi si realizza in cogenerazione per ottenere i vantaggi della maggiore efficienza energetica nell'utilizzo dei combustibili.

Prima della liberalizzazione, di principio l'elettricità doveva essere autoconsumata, mentre non si poteva vendere il calore perché mancavano le reti, il progetto dell'impianto di cogenerazione doveva essere impostato, sul rapporto elettrico/termico dell'impresa. Nell'attuale regime di liberalizzazione l'elettricità non autoconsumata può essere venduta e ci sono molte reti per il calore nelle città padane.

Con l'evolvere della transizione il rapporto elettricità/calore di un impianto esistente può non essere più l'ottimale, per un mercato in evoluzione, ci sono crescenti quantità di elettricità rinnovabile che ha priorità al dispacciamento, con rischio di cannibalizzazione dei prezzi, per cui, a breve in certe fasi non ci sarà interesse a vendere elettricità, a meno che si realizzino accumuli in quantità tale da stabilizzare il mercato. Questa incertezza riguarderà sia gli impianti CAR come quelli non CAR, a cominciare dai fine settimana estivi, di quest'anno o dell'anno prossimo, mentre nel periodo invernale e di notte per almeno un decennio non ci dovrebbero essere problemi di sovragenerazione elettrica. Sarà molto importante la flessibilità nella gestione degli impianti sia di produzione che di consumo, molto alta per i motori a combustione interna, alta per i turbogas, bassa per i cicli combinati; la domanda interna di elettricità e calore dell'impresa potrà essere limitata all'autoconsumo, sospesa per 5-6 ore o potrà essere coperta da caldaie, e acquisto dalla rete; ipotizzare oggi come reagiranno gli impianti di cogenerazione sarebbe da fantascienza fra potenziali concorrenti quali accumuli, pompaggi, importazioni, idrogeno, etc.; la situazione sarà verosimilmente diversa da un settore di attività all'altro, ma dipenderà poco da essere CAR o non CAR.

Una questione a parte è quella della sostituzione degli impianti che arrivano a fine vita, per queste situazioni occorre confrontare varie ipotesi di evoluzione della domanda, valutare quali ipotesi di recupero di calore potranno realizzarsi, quali elettrificazioni di consumi sono possibili. In linea generale, avendo ridotto i consumi di calore nuovi impianti dovrebbero aver un rapporto elettricità/calore più alto dell'impianto sostituito, se invece si prevede di acquisire/generare molta elettricità rinnovabile, direttamente o tramite PPA, la potenza dell'impianto di cogenerazione dovrà essere ridotta ma l'indice elettricità potrebbe anche crescere per poter recuperare il calore necessario. Da una parte macchine più performanti, ma richiedenti costanza dei parametri, possono essere più rischiose di macchine più versatili, d'altra parte l'evoluzione prevedibile è così veloce da poter rendere conveniente tirare per un po' le vecchie macchine, puntare sulle risorse umane per monitorare le evoluzioni e comprendere in anticipo i bisogni e le soluzioni future.

Sarebbe opportuno valutare se non fosse da riservare alla cogenerazione la produzione di biometano da reflui degli allevamenti, delle colture, della FORSU e della forestazione, visto che il nuovo meccanismo incentivante transizione 5.0 premia specificamente la cogenerazione da fonti rinnovabili. Attualmente il biometano è dedicato al trasporto, purtroppo non per mezzi con trazione elettrica con celle a combustibile ma generalmente per motori a scoppio meno efficienti. La produzione di biometano coinvolge molti piccoli impianti collegati alla rete del gas, per cui la riserva potrebbe anche essere virtuale.

Proporre servizi per il territorio

Fino a una quarantina di anni fa la situazione era facilmente definibile, l'espansione dei centri abitati del dopoguerra aveva inglobato officine e fabbriche, le aziende continuavano a scaricare i fumi delle caldaie e le fumane delle macchine cercando di eludere le norme che cominciavano ad essere emesse, rafforzate dai primi controlli sui parametri ambientali, sollecitati dagli abitanti che si affacciavano sugli stabilimenti, specie gli ex operai che conoscevano i loro modi di operare. Lo stesso era per gli scarichi liquidi, nelle cittadine delle aree tessili i tombini grigliati delle strade fumavano vapore, indice di acque calde e colorate scaricate abusivamente nei condotti per le acque bianche della pioggia. Se si chiedeva all'imprenditore: i vicini protestano per le puzze, perché non gli date per compensare, più o meo gratis, l'acqua calda che scaricate? Le risposte indicavano un senso di sorpresa alla domanda, l'impresa pensava di competere nel territorio solo con la produzione.

Poi arrivò Seveso e la questione divenne politica.

Oggi i tombini non fumano più, molte imprese hanno chiuso per la concorrenza di altri paesi, alcune hanno ristrutturato l'impiantistica adeguandosi alle norme, altre hanno delocalizzato fuori degli abitati; le imprese attive competono sulla garanzia della qualità e i tempi di consegna.

Le imprese italiane, salvo poche eccezioni, non hanno molto curato la possibilità di fornire servizi tecnologici ai territori, probabilmente per la difficolta di conciliare interessi e priorità. La transizione verso la decarbonizzazione con la elettrificazione dei consumi e il trattamento di tutti gli scarichi, portan a ridurre i consumi di combustili e a ritrovarsi grandi quantità di acqua calda. Reinserire il calore recuperato nel processo produttivo può essere difficile perché irrigidisce la produzione, richiede spazi e impianti dedicati, vincoli che sono forti disturbi per l'impresa concentrata sul

processo. La cessione di calore alle residenze circostanti, valorizzandolo nelle analisi di sostenibilità può essere una soluzione da esplorare valutando vantaggi e vincoli.

I vantaggi della fornitura di calore di recupero sono sia di carattere economico che di carattere socio/politico: economicamente il calore fornito alle residenze sostituisce combustibili che, anche per le accise, hanno prezzi più alti degli eventuali combustibili potenzialmente sostituibili nelle imprese; dal punto di vista socio/politico può avvicinare le amministrazioni e le popolazioni alla presenza dell'impresa.

I vincoli presentano rischi molto molto pesanti: dal punto di vista tecnico, il servizio va garantito tutti i giorni, anche nei festivi, la domanda di calore delle residenze si sviluppa solo per 1500-2000 ore all'anno, con un forte picco al mattino fra le 6 e le 9, quindi è un cliente che paga bene ma compra poco, per coprire il rischio di non coincidenza della domanda con l'offerta potrebbero essere necessari serbatoi, pompe e caldaie di riserva; dal punto di vista socio/politico un mancato servizio o un mancato accordo sulle tariffe avrebbe effetti disastrosi. Si potrebbe concludere che non sono gli aspetti tecnico economici la barriera ai rapporti col territorio, quanto invece il complesso raccordo fra le dinamiche delle imprese e le caratteristiche di continuità e garanzia dei servizi territoriali. In questa fase non è un tema per PMI ma per imprese medio grandi.

La valutazione dei rischi/benefici porta a giudicare non conveniente per l'impresa aver un rapporto diretto con la generalità degli utenti del calore; la soluzione che appare, oggi, capace di conciliare i vantaggi del dialogo col territorio, minimizzando, i rischi, è quella di fornire calore di recupero senza emissioni, ad una impresa di teleriscaldamento. Un primo esempio italiani arriva da Brescia dove una acciaieria con forno elettrico ha selezionato due flussi di calore: uno, continuo, dal raffreddamento della struttura del forno elettrico, un secondo, discontinuo, dai fumi del forno elettrico. Grazie ad una pompa di calore la temperatura di queste due fonti di calore viene innalzata da 50-70°C a 120°C trasferendo 7-10 MWt alla rete di teleriscaldamento della città.

Il MASE sta consultando gli operatori per aumentare la quota di rinnovabile nelle reti di teleriscaldamento, purtroppo nelle indicazioni delle fonti ha trascurato del tutto sia il calore di recupero dalle imprese sia le acque superficiali, fonti valorizzabili con le nuove pompe di calore; tra l'altro le reti di calore più piccole e più recenti possono accettare calore a 80-90°C, c'è quindi spazio per numerose repliche, almeno nella valle padana.

Prossimi temi da affrontare, nel dialogo avanzato fra imprese e territorio, sono quelli della gestione plurima dell'acqua: il più maturo è l'uso industriale di acque urbane dopo depurazione. In prospettiva potrebbe proposi anche l'impiego urbano in mini reti per condizionatori estivi e/o pompe di calore invernali, di acque grezze emunte dalle falde del sottosuolo, che dopo l'uso energetico nelle residenze, possono andare, senza contaminazioni aggiuntive, alle imprese per impieghi tecnologici tradizionali; questa soluzione si adatterebbe oltre che all'efficienza alle difficoltà dei condominii e dei grandi complessi edilizi, dove può essere complesso prelevare calore dall'aria e dove possono crearsi isole di calore.

A2A ha annunciato un intervento di questo tipo in programma per il condizionamento del palazzo di giustizia di Milano.

Tecnologie separative

Nell'evolvere della transizione energetico/ambientale si stanno manifestando barriere, che si prospettano sempre più difficili, di scarsità di materie prime.

La prima materia prima della quale è già evidente la minore disponibilità è l'acqua, con alcune falde scese sotto il livello del mare. Poi vengono i materiali per gli apparecchi elettrici; la transizione porta alla necessità di usare fonti rinnovabili discontinue, con i conseguenti bassi fattori di carico, porta a moltiplicare per 3-4 le potenze di nuovi impianti da installare, per di più a tensioni medio-basse, con effetti sulla domanda sia dei materiali storici, per primo il rame, sia di nuove materie, dal litio alla grafite alle terre rare. Come per l'energia si deve dare priorità alla riduzione dei consumi, all'uso a cascata secondo livelli di qualità, alla sostituzione con altre fonti.

L'acqua è la fonte della vita sulla terra, non ci si può così meravigliare che l'acqua pubblica sia caricata di tanta demagogia. I dati sui consumi italiani annui di acqua hanno una certa incertezza dovuta ai prelievi diretti dalla falda: 33 Gtonnellate prelevate, 26 Gt consumate, 55% in agricoltura, 27% nell'industria, 18% per usi civili. Gli usi industriali comprendono anche quelli del settore energetico per l'idroelettrico e per i raffreddamenti del termoelettrico.

Nelle imprese manifatturiere e nei servizi l'acqua è impiegata come vettore termico, nelle caldaie, nei processi, nei lavaggi e nei raffreddamenti; nei primi due utilizzi l'acqua può ricevere un trattamento e ci saranno spurghi e scarichi, nei lavaggi l'acqua si carica di tutti residui, nei raffreddamenti si possono aggiungere prodotti antivegetativi. In alcuni di questi impieghi è abbastanza semplice evidenziare possibili riduzioni di consumi: in un lavaggio a più stadi si può usare lo scarico dell'ultimo stadio come acqua di ingresso nel primo stadio, serviranno pompe, sensori, collegamenti, attuatori e serbatoi polmone, infine anche spazi. In Italia le grandi centrali elettriche sono situate al mare o su grandi fiumi e raramente hanno torri evaporative per ridurre i consumi di acqua di raffreddamento. Il prelievo di acqua dalla falda e lo scarico dello stabilimento sono strettamente legati al rapporto col territorio, al livello di applicazione delle normative ambientali, alla qualità della impiantistica, al livello della falda; in una situazione di crisi, come nei distretti conciari, si riducono i consumi, si hanno scarichi ridotti ma più carichi di residui, da almeno pretrattare in un depuratore consortile dedicato, in un altro contesto il prelievo è facile, gli scarichi sono diluiti e sono accettati dalla rete fognaria pubblica.

Un altro approccio è quello di utilizzare una acqua "rinnovabile", scaricata da un depuratore; in questi anni la qualità di molti impianti di depurazione pubblica è migliorata ma solo il 2% dell'acqua scaricata risulta utilizzata; anni di campagne di allarmismo generalizzato hanno portato l'Italia, riferimento del "paese signorile di massa", al record mondiale di uso di acqua minerale in bottiglia nelle abitazioni e al mancato riuso industriale delle acque dei depuratori, anche se qui non sembra esserci un effetto NINBY ma tradizionale fuga dalle responsabilità della burocrazia ambientale.

Difficile valutare quale possa essere la via di uscita: pochi collegamenti verso grandi utenze industriali o invece diffusione, in aree di nuova urbanizzazione, di reti capillari di acque grezze per usi che non richiedono acque potabili: nei gabinetti, nel verde urbano, nel lavaggio strade, pompe di calore per condizionamento.

Il tema della scarsità di materiali, si sta manifestando in una fase nella quale alla transizione energetica del miliardo di abitanti dei paesi del Nord si viene a sommare la domanda di tre miliardi di indiani e di cinesi che stanno uscendo dal sottosviluppo. Il pianeta terra è stato quasi tutto esplorato ed è improbabile che si scoprano sulla superficie terrestre altri ricchi giacimenti dei tradizionali metalli come il rame o delle terre rare per costruire i magneti permanenti per i motori delle auto elettriche. Se si vorrà e dovrà usare i materiali noti nelle quantità previste, si dovranno utilizzare giacimenti con tenore sempre più basso di materiale utile, con impennata dei consumi energetici per l'estrazione, dallo scavo, alla macinazione, alla concentrazione fino al trattamento chimico, tale che il gioco non varrebbe più la candela. La conferenza che formalizzava la svolta della sezione italiana degli Amici della Terra titolava: "Il costo energetico della scarsità", scarsità di materiali e scarsità di spazi per le rinnovabili intermittenti, fanno riapprezzare il nucleare.

Le imprese italiane sono coinvolte dalla scarsità dei materiali per il generale aumento del loro prezzo; le oscillazioni di prezzo, come attualmente per il litio, sono un corollario della scarsità.

Le imprese possono reagire a una crisi dei materiali, in più modi, anche per il supporto che verrà dalla ricerca e dalle istituzioni:

- possono ridurre il consumo di materiali subito, realizzando prodotti di minore qualità con meno materiali, sempre più usa e getta,
- possono ridurre il consumo di materiali nel tempo, realizzando prodotti a più lunga vita, progettati per essere manutenuti, con ricambi disponibili, vedi direttiva UE,
- possono innovare i prodotti assorbendo tecnologie da altri settori
- possono sviluppare iniziative di riciclo specifico per le varie filiere.

La storia recente insegna che rovesciare la crisi è possibile. Borghi e la Ignis 70 anni fa, inventando la carcassa dei frigo, fatta di lamierino tenuto fermo dalla schiuma della Bayer, tagliarono materiali e costi e partorirono l'industria italiana degli elettrodomestici. L'Italia ha risultati eccellenti nell'economia circolare di riciclo di materiali poveri: facciamo più acciaio da rottame, importato, che da minerale, recuperiamo più del 70% della carta, più dell'80% degli imballaggi. Ora si tratta di costruire una rete di imprese per recupero dei materiali di valore, secondo le necessità ed opportunità delle varie filiere. Le tecnologie saranno diverse, per recuperare materiali dalle auto si comincia macinando poi si seleziona; per recuperare dai RAEE, rifiuti apparecchi elettrici ed elettronici, bisogna sporcarsi le mani con gli acidi e la chimica, così finora lo facciamo fare nel Bengala; dobbiamo farlo meglio in casa, con gli standard attuali, così dobbiamo riaprire le miniere, imparando a gestire sia i materiali inerti degli scavi sia i reflui degli impianti di trattamento ed arricchimento, evitando che ci lavorino solo immigrati, come già succede in molte serre del sud e negli allevamenti del nord.