

Cicli Rankine organici: in quali casi convergono di più?

Giuseppe Dell'Olio, GSE

L'interesse verso le fonti rinnovabili è stata una prima, grande rivoluzione nell'approccio alla questione energetica. Alla base un tacito presupposto: quanta più energia si produce tanto meglio, purché lo si faccia, appunto, a partire da fonti rinnovabili.

Da alcuni anni, questo principio, indiscusso fino ad un passato non lontano, è divenuto oggetto di riflessione. È infatti sempre più sentita e diffusa l'esigenza, del tutto generale, di aumentare la nostra "efficienza energetica". Potremmo riassumere così: non preoccupiamoci soltanto di produrre sempre più energia, ma anche di sprecarne sempre meno.

Applicato alle fonti rinnovabili, questo concetto ci induce a domandarci: è davvero opportuno sfruttare tali fonti senza alcuna distinzione? Non è più conveniente concentrarsi maggiormente su quelle il cui impiego consente di recuperare energia che verrebbe altrimenti dissipata?

Ecco nascere, dunque, l'attenzione verso l'energia "di bassa qualità", come quella contenuta negli scarti di lavorazioni agricole, o come il calore residuo di taluni processi industriali. Queste ed altre quantità di energia, un tempo destinate inesorabilmente allo smaltimento, vengono sempre più spesso recuperate e trasformate, ad esempio, in energia elettrica.

Non mancano tecnologie adatte allo scopo: tra queste, il ciclo Rankine organico ("Organic Rankine Cycle", ORC) occupa un posto di indiscusso rilievo. Inevitabile quindi la domanda: in quali situazioni esso risulta maggiormente interessante?

Per rispondere, abbiamo analizzato i dati di esercizio di un campione di impianti ORC nel periodo 2013-2019, per oltre 100000 ore di funzionamento complessive. Si tratta, in tutti i casi, di impianti funzionanti in Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR). Ciascun impianto si compone di una sola unità di cogenerazione, ed è incluso nel campione per i soli anni in cui ha ottenuto il riconoscimento CAR.

Abbiamo calcolato, come medie ponderate, alcuni indicatori aggregati di efficienza. Abbiamo inoltre studiato la correlazione statistica tra alcune coppie di indicatori:

- Correlazione tra ore equivalenti di funzionamento (Heq) e rendimento elettrico;
- Correlazione tra fattore di carico (Fc) e ore equivalenti di funzionamento (Heq);
- Correlazione tra anno di entrata in esercizio e rendimento elettrico;
- Correlazione tra fattore di carico (Fc) e rendimento elettrico.

Il numero (equivalente) di ore di funzionamento ed il fattore di carico

Dapprima abbiamo calcolato, per ciascun impianto, il numero equivalente di ore di funzionamento (Heq). È questo il rapporto tra l'energia elettrica prodotta annualmente e la potenza dell'unità; esso è pari al numero di ore durante le quali l'unità avrebbe dovuto funzionare per produrre, alla massima potenza, la stessa quantità di energia.

Il valore Heq è stato poi diviso per il numero effettivo (Heff) di ore di funzionamento nell'anno. Si è così ottenuto il "fattore di carico" Fc, espresso in "per unità" (p.u.) e sempre inferiore o uguale ad uno.

Heq è un indice di regolarità del funzionamento: un valore elevato suggerisce che l'unità sia esercitata in prossimità della massima potenza e con un limitato numero di avviamenti e di arresti.

Viceversa, un basso Heq fa ritenere che avviamenti ed arresti siano numerosi. È difficile, infatti, pensare ad un impianto che funzioni ininterrottamente per pochi mesi, e trascorra in fermata tutto il resto dell'anno. Più realistico immaginare un alternarsi frequente di periodi di funzionamento e di fermata.

Un basso valore di Heq, tuttavia, non fornisce alcuna indicazione riguardo alla durata dei periodi di funzionamento: non consente, cioè, di distinguere se l'impianto funzioni poche ore alla piena potenza, oppure più a lungo ma con potenza ridotta.

Maggiori lumi offre, in tal caso, Fc. Se esso è prossimo all'unità, l'impianto si mantiene vicino alla piena potenza, indipendentemente dalla durata complessiva di funzionamento. Un Fc elevato indica che gli avviamenti e gli arresti – numerosi, per le ragioni già viste – sono brevi.

Il rendimento elettrico

Sul rendimento elettrico non occorre spendere molte parole: è il rapporto tra l'energia elettrica prodotta dall'unità in un dato anno e l'energia consumata (ad esempio, sotto forma di combustibile) per tale produzione.

Dati di esercizio 2013-2019

Gli indicatori che abbiamo descritto sono riportati, in forma di medie pesate, nella tabella 1; per maggiore chiarezza, il numero equivalente di ore di funzionamento (Heq) è stato espresso in per cento del numero totale di ore in un anno solare (8760 ore/anno).

Ore di servizio equivalenti (numero di ore)	Rend. Elettr.	Fc (p.u.)	Heqpc (%)
105.953,54	0,15	0,87	75,79

Tabella 1: valori medi di esercizio per il campione di impianti ORC nel periodo 2013-2019

Ore di servizio equivalenti (numero di ore)	Potenza meccanica (MW)	Rend. Elettr.	Fc (p.u.)	Heqpc (%)
8.129,04	1,04	0,19	0,95	92,80
7.687,21	1,03	0,10	0,91	87,75
7.648,58	1,06	0,16	0,91	87,31
7.547,17	1,06	0,17	0,93	86,15
7.514,62	1,06	0,17	0,93	85,78
7.484,18	1,11	0,14	0,89	85,44
7.434,39	1,06	0,15	0,89	84,87
7.415,40	1,06	0,18	0,92	84,65
7.318,92	1,11	0,15	0,88	83,55
7.151,65	1,11	0,13	0,87	81,64
6.848,35	1,04	0,13	0,96	78,18
5.922,99	1,03	0,17	0,74	67,61
5.416,06	1,03	0,17	0,72	61,83
5.253,73	1,03	0,17	0,74	59,97
4.698,60	0,07	0,33	1,00	53,64
3.915,51	1,03	0,16	0,70	44,70
3.265,76	1,03	0,14	0,94	37,28

Tabella 2 - valori di esercizio per i singoli impianti ORC nel periodo 2013-2019

Quando hai l'energia giusta, tutto è possibile.

Partner energetico globale delle imprese Italiane e punto di riferimento nel loro percorso di decarbonizzazione, Iberdrola promuove da oltre vent'anni l'energia sostenibile per supportare i suoi clienti nel loro processo di transizione energetica.



Scopri come rendere più sostenibile la tua azienda con Iberdrola.

Scopri di più su iberdrola.it



I vantaggi della tecnologia ORC

Balza agli occhi, anzitutto, una circostanza apparentemente paradossale: i vantaggi della tecnologia ORC non sembrano consistere nella sua efficienza. Piuttosto basso, il rendimento elettrico è sostanzialmente indipendente sia dal numero di ore equivalenti di funzionamento, sia dall'anno di messa in servizio: la tabella 3 riporta, in entrambi i casi, coefficienti di correlazione ben inferiori all'unità. Non è quindi realistico sperare di aumentare il rendimento con un funzionamento più regolare, e neppure attendersi significativi miglioramenti tecnologici in futuro: evidentemente, la bassa temperatura massima che si raggiunge durante il ciclo termodinamico rappresenta, sotto questo aspetto, una limitazione intrinseca.

Occorre peraltro considerare che, nel nostro campione, tutti gli impianti ORC utilizzano biomassa solida, combustibile particolarmente dispendioso in termini di energia (il suo utilizzo richiede la preventiva frammentazione). Ciò, tuttavia, non pare sufficiente per giustificare rendimenti così modesti.

Se non quello di un buon rendimento, quali vantaggi offre dunque la tecnologia ORC?

Un semplice esame dei dati di esercizio mostra anzitutto che i gruppi ORC hanno funzionato per un elevatissimo numero di ore: mediamente, il 75,8 %

del tempo totale (tabella 1), ma con "punte" fin quasi al 93% (tabella 2).

In quale modo hanno funzionato? Qui il discorso si fa leggermente più complicato.


La correlazione tra fattore di carico (F_c) e numero di ore equivalenti (H_{eqpc}) appare piuttosto forte: nella tabella 3 troviamo un coefficiente superiore al 50% ed una "pendenza" elevata (maggiore rispetto ad altre tecnologie, quali il motore a combustione interna o la turbina a gas). Ciò parrebbe indicare –ma il condizionale è d'obbligo– una scarsa attitudine dei gruppi ORC al funzionamento discontinuo. Per approfondire, conviene analizzare, in aggiunta ai dati di funzionamento medi, anche quelli relativi ai singoli generatori. Scopriamo allora che il fattore di carico F_c , oltre ad essere mediamente piuttosto alto (tabella 1), si mantiene –in alcuni casi– elevato anche quando le ore di funzionamento sono scarse: la tabella 2 documenta il caso di una unità ORC che ha conseguito un F_c di 0,94 funzionando soltanto il 37,3 % del tempo totale dell'anno. Tutto ciò suggerisce che i gruppi ORC sono in grado, una volta avviati, di raggiungere rapidamente la piena potenza; i casi in cui ciò non avviene vanno probabilmente attribuiti a precise scelte di esercizio, dettate da situazioni contingenti.


Riassumendo, i gruppi ORC appaiono in grado di funzionare a lungo, con rari e brevi fuori-servizio per guasto, e con tempi di manutenzione limitati.

I NOSTRI ESPERTI POSSONO AIUTARTI CON ↓

- 1 DIAGNOSI ENERGETICA
- 2 ENERGY PERFORMANCE CONTRACT
- 5 ENERGY MANAGEMENT IN OUTSOURCING
- 4 CARBON FOOTPRINT
- 3 CERTIFICAZIONE ISO 50001
- 6 MONITORAGGIO IN CAMPO
- 7 TITOLI DI EFFICIENZA ENERGETICA

CONTATTACI:

 0421/1680090

 efficienza@alienergia.com

 alienergia.com

Ore di servizio equivalenti (numero di ore)	Prima variabile	Seconda variabile	Correlazione	BETA
105.953,54	Heqpc	Rend. Elettr.	-0,012834	-0,000017
105.953,54	Fc	Heqpc	0,560271	102,705318
105.953,54	Anno entrata in es.	Rend. Elettr.	-0,198308	-0,003224
105.953,54	Fc	Rend. Elettr.	-0,213318	-0,051665

Tabella 3 - impianti ORC nel periodo 2013-2019: coefficiente di correlazione e pendenza (Beta) della retta di regressione per alcune coppie di variabili

Conclusioni

La tecnologia ORC appare particolarmente conveniente se si verificano le seguenti circostanze:

- è disponibile una fonte di energia abbondante (residui agricoli o zootecnici, calore di scarto ecc.) ed a basso costo, così da rendere accettabili rendimenti modesti;
- non sono richieste frequenti variazioni del carico elettrico.

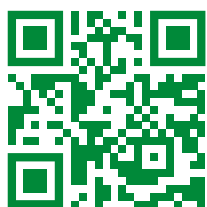
A queste condizioni, la tecnologia ORC può offrire una produzione elettrica con ridotti costi di manutenzione e limitati tempi di rientro dell'investimento iniziale. L'eventuale presenza, in loco, di un fabbisogno di energia termica, offrirà inoltre l'occasione per far funzionare il gruppo ORC in cogenerazione, con ulteriore aumento dell'efficienza complessiva.

Tutte le opinioni espresse dall'autore hanno carattere personale.



PER LA TUA IMPRESA ESSERE SOSTENIBILE NON SARÀ PIÙ UN'IMPRESA.

Scopri **Soluzione Net Zero** di Renovit, il programma integrato di interventi volto a **migliorare la performance energetica e ambientale** del tuo business. Un percorso di innovazione e crescita continua pensato per accompagnare la tua azienda verso la **neutralità carbonica**.



Scopri di più su [renovit.it](https://www.renovit.it)

renovit
l'Italia che rinnova



Certificazione
B
Corporation