

# mcter

web edition

25 novembre 2020

**La misura e la gestione dei dati di consumo nel settore terziario**

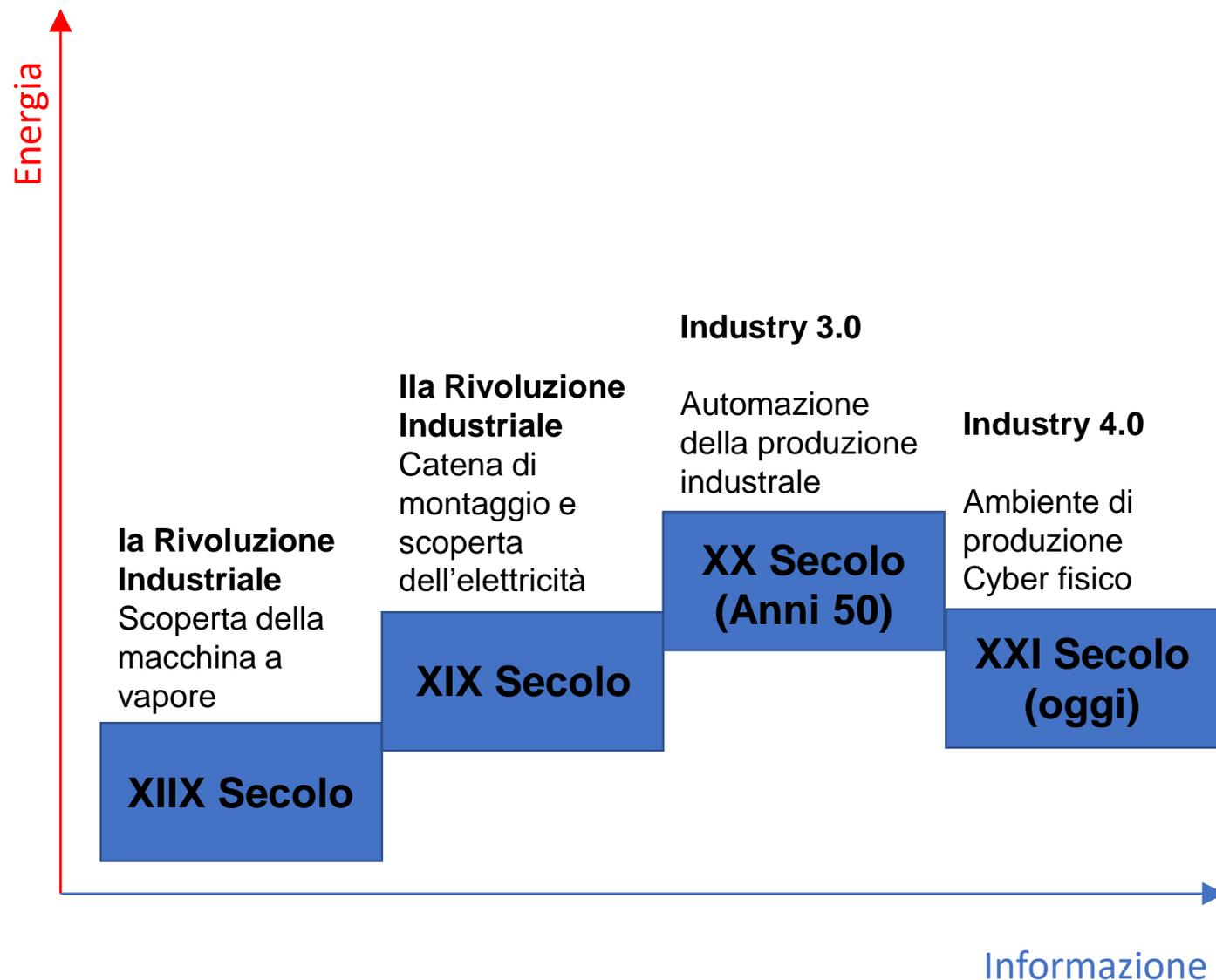
**MARCO DELL'ISOLA**

*Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale*

# La quarta rivoluzione industriale

Quali sono i nuovi paradigmi?

- **Efficienza Energetica**
- **Sostenibilità ambientale**
- **Manutenzione Predittiva**
- **Tecnologie digitali interconnesse**



# Industry 4.0: Produzione digitale ed interconnessa

La produzione industriale sta subendo oggi un'altra fondamentale trasformazione in cui il mondo fisico della produzione industriale **si fonde** con il mondo digitale della tecnologia dell'informazione in una produzione industriale digitalizzata e interconnessa.

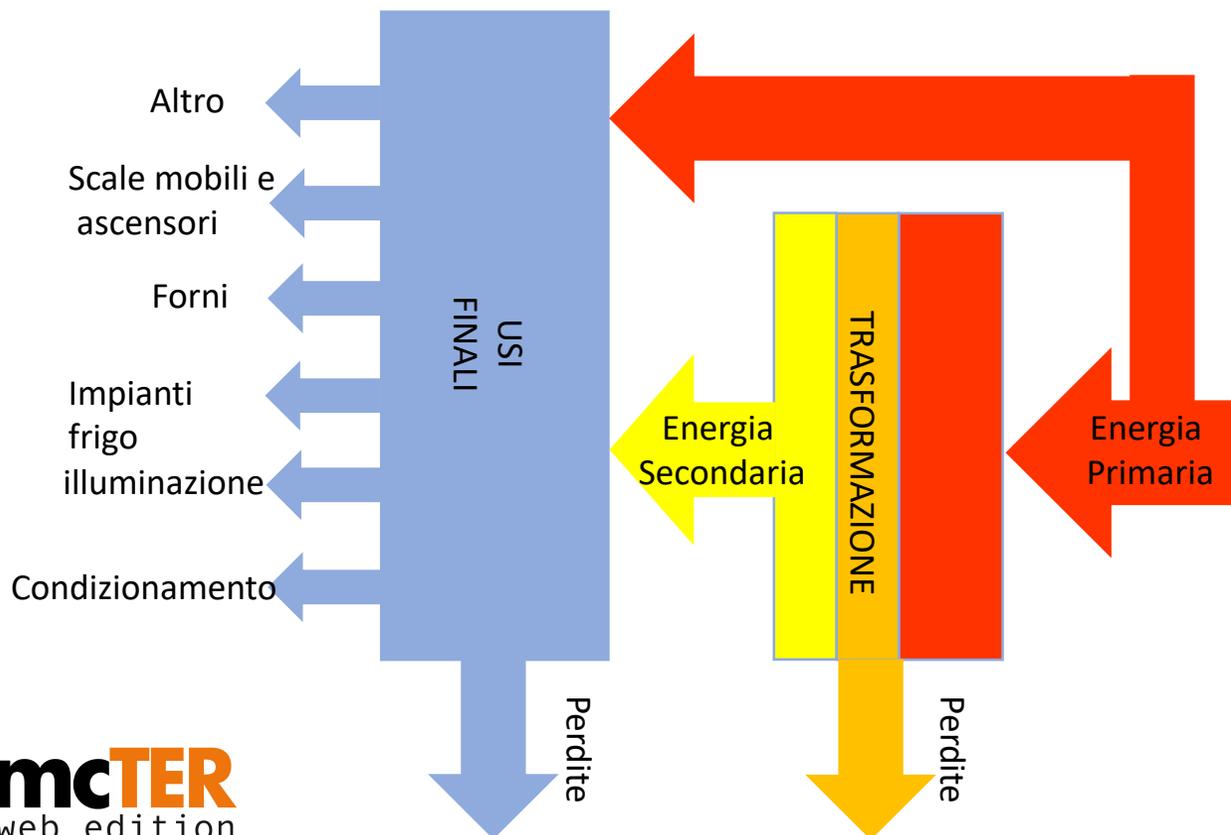
Il percorso di un prodotto da fabbricare è modellato da analisi numeriche e da strumenti di simulazione (che definiscono la tecnica di produzione, le macchine, la cronologia, i materiali) prima che il prodotto entri fisicamente in fabbrica.

**Prima che nasca il prodotto e il processo di produzione esiste un gemello digitale** su cui studiare comportamenti e caratteristiche.

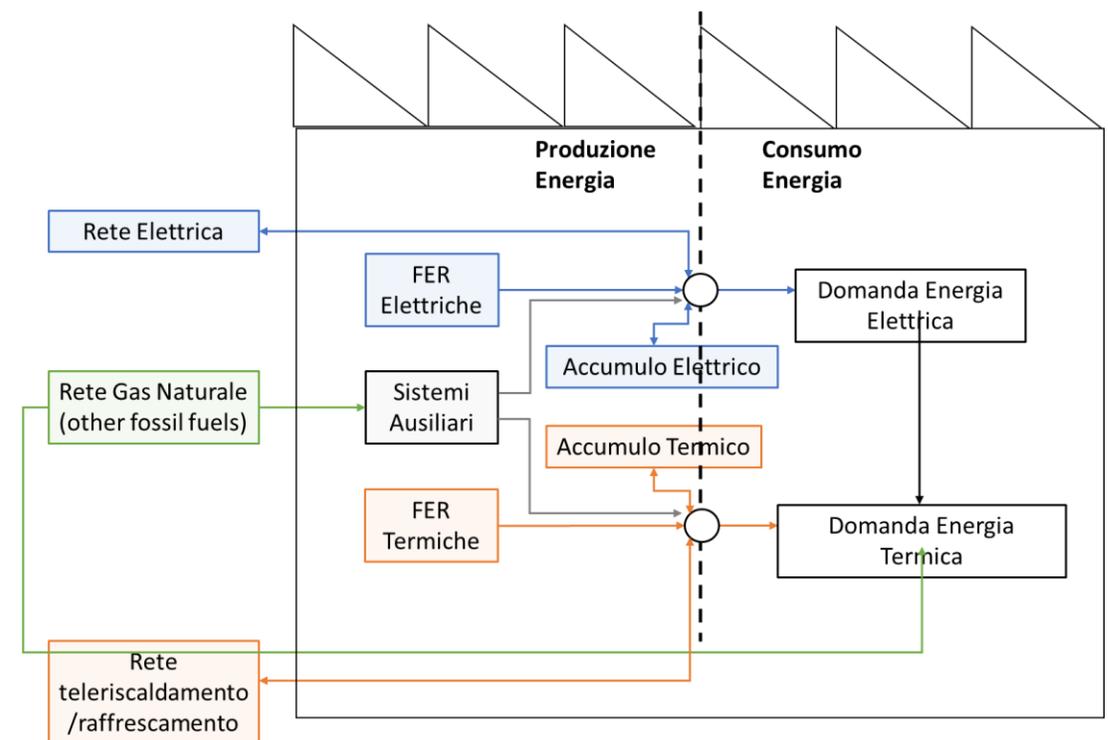


# Come cambia la produzione ed il consumo di energia: dal consumer al prosumer

## Produzione centralizzata



## Produzione distribuita



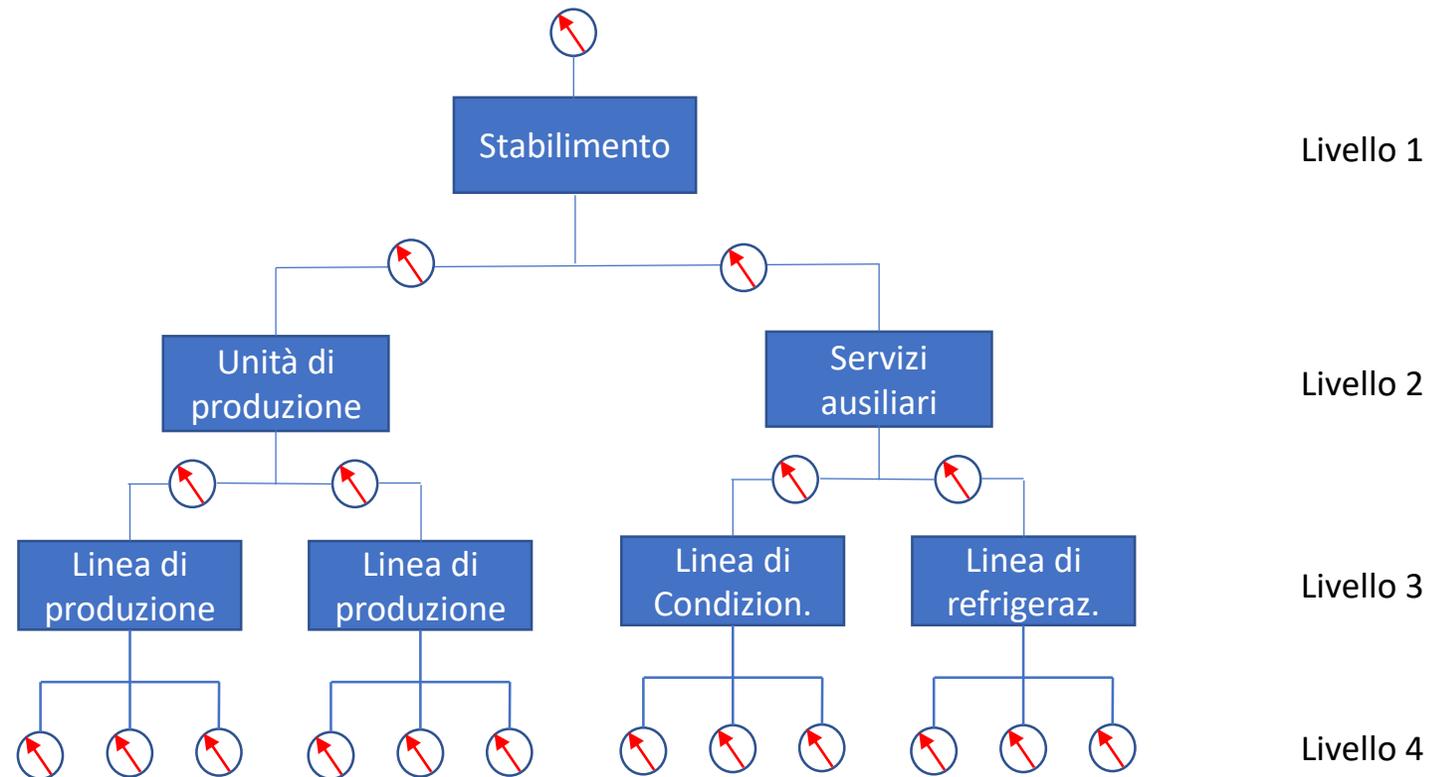
# Come cambia la strumentazione di misura: Smart metering e sub-metering

Per ottenere un'accurata fotografia dello «**stato di funzionamento**» dell'impianto è necessario avere informazioni sintetiche ed analitiche dei processi.

Mentre prima della rivoluzione digitale ciò era possibile solo con complessi **quadri sinottici «statici»**, oggi è possibile costruire **dinamicamente il «gemello digitale»** dell'impianto.

Esiste inoltre un ulteriore vantaggio pratico che consiste nella riduzione delle misure su ogni livello e nella moltiplicazione degli indicatori (**strumenti virtuali**).

Non bisogna dimenticare che la **ridondanza fisica e analitica** degli strumenti consente di: a) verificare guasti; b) validare ed adeguare continuamente i modelli digitali; c) misurare l'inefficienza e l'invecchiamento dei sistemi.



La progettazione del sistema di misura dovrebbe consentire di misurare e distinguere:

- **l'energia generata/distribuita /utilizzata;**
- **i vettori energetici differenziati per utilizzo** (e.g. EE per illum, EE per forza motrice, ET per condizionamento, ecc.);
- **i consumi di energia per i diversi reparti/linee di produzione** (e.g. uffici, produzione, magazzini).

## *La gestione del dato*

- **Monitoraggio**
- **Analisi e Benchmarking**
- **Diagnosi energetica**
- **Fault detection and isolation**
- **Manutenzione predittiva**
- **Simulazione dinamica (per ottimizzare/migliorare)**
- **Set point control (BEMS)**



Qualità del Dato  
(misure precise e accurate)

*Manutenzione preventiva (guidata dal monitoraggio), manutenzione straordinaria (basata sulle condizioni) e manutenzione predittiva*

Per aumentare l'affidabilità e l'efficienza, ed ottenere vantaggi operativi, come una ridotta manutenzione e una maggiore sicurezza, si diffonde sempre più il concetto della «**manutenzione predittiva**».

Questa metodologia è basata su tecnologie come il monitoraggio acustico, delle vibrazioni, e dell'efficienza energetica dei sistemi di produzione e su idonei sistemi di acquisizione ed analisi dei dati in tempo reale, atti a fornire una previsione del tempo di vita residuo.

I risultati in campo mostrano che i vantaggi connessi ai costi operativi associati al fermo impianto ed all'efficienza energetica delle macchine e sistemi di produzione comporta tempi di ritorno degli investimenti di soli 6 mesi per la maggior parte degli impianti di processo.

Manutenere quando necessario:  
né troppo tardi, né troppo presto



# Misura e riduzione dei consumi nel settore terziario

Per una efficace riduzione dei costi è necessario comprendere **allocazione dei consumi energetici** associati a ciascuna unità di produzione (e.g. produzione, trasformazione, magazzino, vendita, ...) e a **ciascun servizio** energetico (e.g. climatizzazione, illuminazione, conservazione, forni, etc.)

Anche se per altre dinamiche questa disciplina sta evolvendo in modo efficace e dinamico per i vincoli legislativi attualmente esistenti, il settore **terziario è certamente tra i settori con un maggior ritardo** rispetto alle politiche di efficientamento nazionali.

Rispetto al Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE), mentre il settore residenziale ha ampiamente superato l'obiettivo atteso al 2020, e l'industria è più che a metà del percorso, il settore terziario ha raggiunto solo poco più del 25% del traguardo atteso di risparmio.

Tabella 9. Risparmi energetici annuali conseguiti per settore ai sensi del PAEE 2014, periodo 2011-2018 e attesi al 2020 (energia finale, Mtep/anno)

Settore	Certificati Bianchi	Detrazioni fiscali*	Conto termico	Impresa 4.0*	Politica di Coesione	PIF	Marebonus	D.Lgs.192/05 e 26/6/15**	Altro***	Risparmio energetico		Obiettivo raggiunto (%)
										Conseguito 2018**	Atteso al 2020	
Residenziale	0,67	2,70	-	-		0,03		1,34	0,30	5,04	3,67	137,3%
Terziario	0,14	0,03	0,08	-	0,02	0,01		0,04	-	0,31	1,23	25,6%
Industria	1,97	0,04	-	0,44	0,20	0,03		0,08	-	2,75	5,10	54,0%
Trasporti	0,01	-	-	-	0,00		0,06	-	2,22	2,29	5,50	41,6%
Totale	2,79	2,76	0,08	0,44	0,21	0,07	0,06	1,46	2,52	10,39	15,50	67,0%

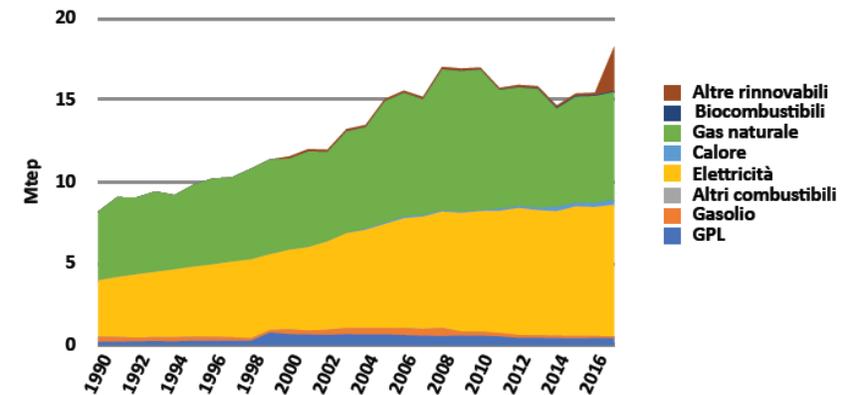
\* Stima per l'anno 2018.

\*\* Stime per il 2018 relative al periodo gennaio-settembre. Il settore residenziale conteggia anche i risparmi derivanti dalla sostituzione di grandi elettrodomestici.

\*\*\* Regolamenti Comunitari e Alta Velocità.

Fonte: Elaborazione ENEA su dati Ministero dello Sviluppo economico, ISTAT, Gestore dei Servizi Energetici S.p.A., ENEA, FIAIP, GFK

Figura 10. Consumo energetico nel settore non residenziale per fonte (Mtep), periodo 1990-2017



Fonte: Eurostat

# Progetto PRIME

Piattaforma Integrata per la  
Manutenzione e gestione Energetica  
nella fabbrica intelligente

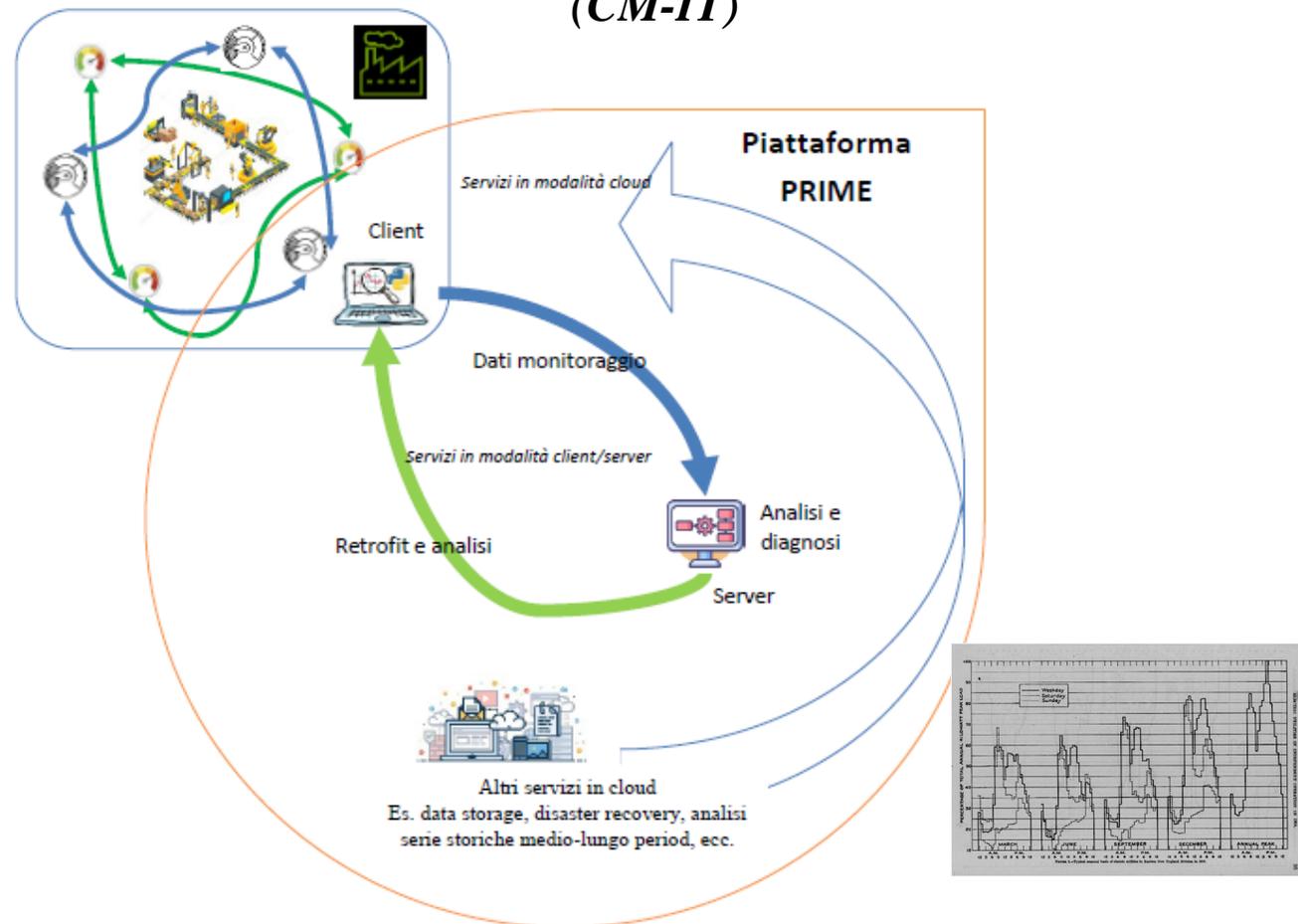
Il progetto di ricerca propone la realizzazione di una innovativa piattaforma integrata e modulare per la **diagnosi e l'ottimizzazione della gestione energetica e dei processi di produzione e manutenzione delle PMI.**

L'idea progettuale nasce dalla necessità di una moderna industria intelligente di analizzare ed ottimizzare i consumi energetici, specialmente quando essa è classificata come un utente energivoro, indipendentemente dalla fonte e dal vettore energetico utilizzato (e.g. energia elettrica, termica, gas, ...) e dalla contemporanea necessità di ottimizzare i processi manutentivi verso un'ottica di manutenzione predittiva.

Ministero per lo Sviluppo Economico  
Fondo per la Crescita Sostenibile - Sportello "Fabbrica Intelligente"

*COSMO Service s.r.l.*

*Customer Management IT S.r.l.  
(CM-IT)*



*CO.M.E.A. - Consorzio per il  
Miglioramento dell'efficienza  
Energetica ed Ambientale*

*Università degli Studi di Cassino e  
del Lazio Meridionale*

# Gruppo CTI 271 - Contabilizzazione del calore

## Metodologie per la misura dell'energia termica assorbita e rilasciata negli impianti di climatizzazione centralizzati

Il progetto di norma specifica i requisiti di base per la scelta, l'installazione e l'utilizzo dei sistemi di misura dell'energia assorbita e rilasciata nei sistemi di climatizzazione centralizzati ai fini della ripartizione dei consumi individuali.

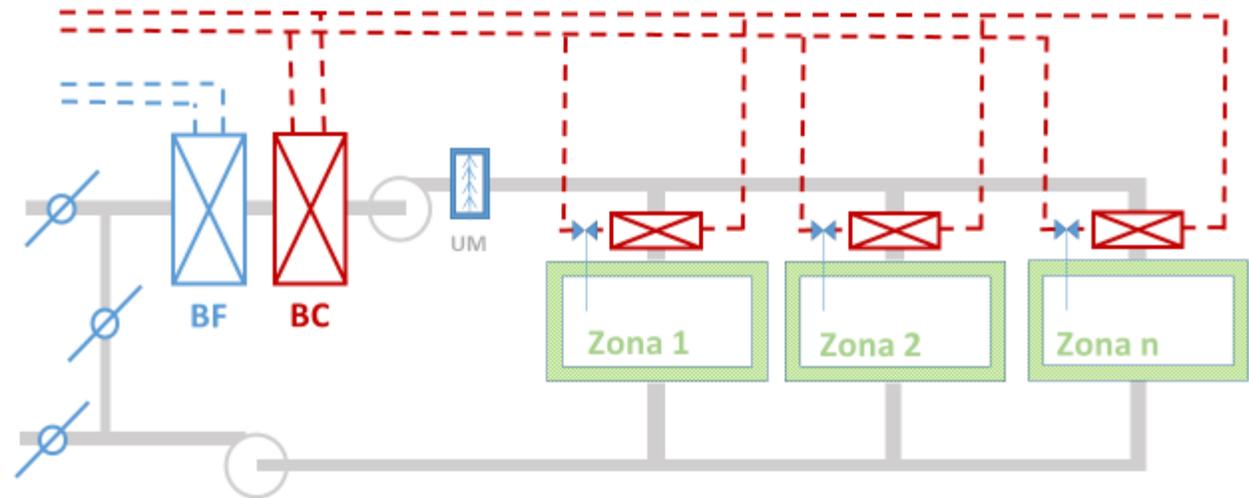
Tipo impianto di climatizzazione	Metodo di misura	Misura mandata (Circuito Primario)	Misura Unità terminali	Normativa tecnica applicabile
Aeraulici (a tutt'aria)	Diretto	<ul style="list-style-type: none"> <li>– CET (o altro misuratore di energia assorbita dal generatore termico)</li> <li>– Contatori energia elettrica (circolatori aria di rinnovo, umidificatore, batteria elettrica)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Misuratori di portata ad inserzione (e.g. Griglie di Wilson)</li> <li>– Sonde entalpiche (i.e. di temperatura e umidità relativa);</li> </ul>	ISO7145:1982 ISO 3966: 2008 IEC 60751 UNI EN 12599: 2012
	Indiretto	<ul style="list-style-type: none"> <li>– CET</li> <li>– Contatori energia elettrica (circolatori aria di rinnovo, umidificatore, batteria elettrica)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sensori finecorsa serrande (on/off) oppure sensori posizione (grado di apertura)</li> <li>– Sonde entalpiche (i.e. di temperatura e umidità relativa);</li> </ul>	Nessuna
Idronici	Diretto	<ul style="list-style-type: none"> <li>– CET (o altro misuratore di energia assorbita dal generatore termico)</li> <li>– Contatori energia elettrica (circolatori, etc)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– CET</li> </ul>	UNI EN 1434: 2016
	Indiretto	<ul style="list-style-type: none"> <li>– CET</li> <li>– Contatori energia elettrica (circolatori, etc)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– totalizzatori dei tempi di inserzione (nel caso di ventilconvettori devono essere tenute in debito conto le variazioni delle potenze nominali)</li> </ul>	UNI 11388: 2015 UNI 9019:2013
Ad espansione diretta	Diretto	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Contatori energia elettrica (ventilatori, compressori, schede elettroniche, ...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Misuratori di volume/portata,</li> <li>– Sonde entalpiche;</li> <li>– Contatori energia elettrica (ventilatori, schede elettroniche)</li> </ul>	...
	Indiretto	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Contatori energia elettrica (ventilatori, compressori, schede elettroniche, ...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Valvola automatica di espansione con rilevazione del grado di apertura</li> <li>– Contatori energia elettrica</li> </ul>	Nessuna
Misti aria-acqua	Diretto e indiretto	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A seconda delle necessità è opportuno combinare gli strumenti negli impianti idronici e a tutt'aria</li> </ul>		Nessuna

# Contabilizzazione energia negli impianti a tutt'aria

Lo schema elementare di impianto è costituito da: i) un sistema di generazione (e.g. centrale frigorifera/pompa di calore); ii) una o più unità di trattamento aria (UTA); iii) un sistema di canali di distribuzione di mandata e ripresa dell'aria; iv) terminali di diffusione (bocchette) e ripresa negli ambienti climatizzati. Un impianto centralizzato di climatizzazione

Il Sistema di misura sarà costituito da:

- un misuratore di portata d'aria per ciascuna utenza;
- due sonde entalliche (mandata e ripresa)



$$S_{Vol} = \int \dot{S}_{vol,i} d\theta$$

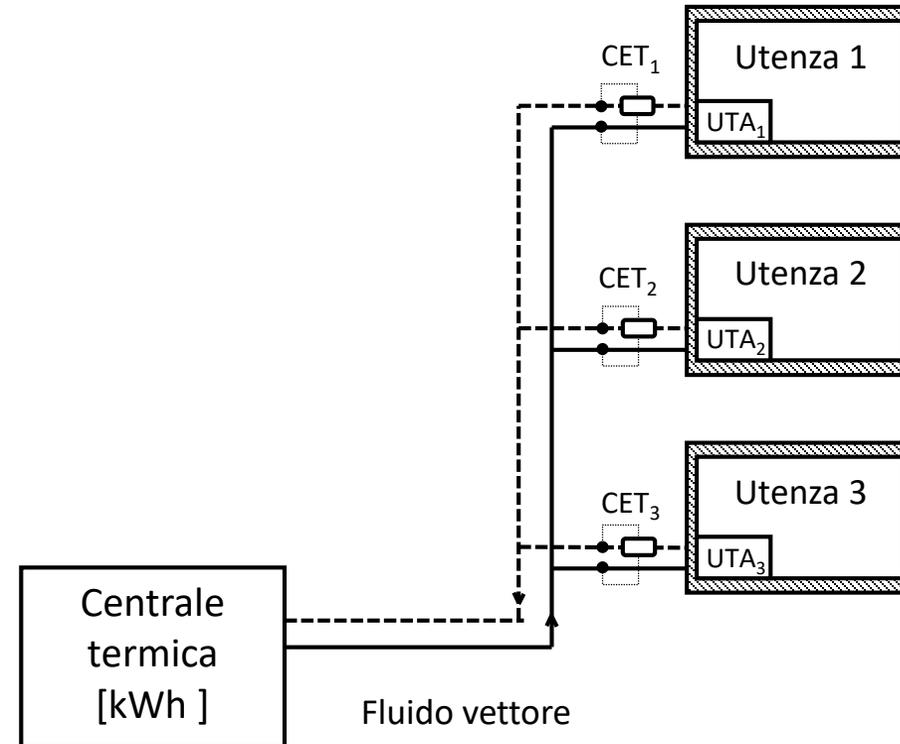
$$= \frac{\int \dot{m}_{in,i} \left| h_{in,i} - \left( 1 - \frac{\dot{m}_{ric,t}}{\dot{m}_{in,t}} \right) h_{ext} - \frac{\dot{m}_{ric,t}}{\dot{m}_{in,t}} h_{out,i} \right| d\theta}{\sum_{i=1}^n \left( \int \dot{m}_{in,i} \left| h_{in,i} - \left( 1 - \frac{\dot{m}_{ric,t}}{\dot{m}_{in,t}} \right) h_{ext} - \frac{\dot{m}_{ric,t}}{\dot{m}_{in,t}} h_{out,i} \right| d\theta \right)}$$

# Contabilizzazione energia negli impianti idronici

Gli impianti idronici utilizzano generalmente come fluido termovettore per il raffrescamento e il riscaldamento una soluzione di acqua additivata.

Se esiste almeno un UTA per ciascuna unità immobiliare la contabilizzazione può essere effettuata installando contatori diretti di energia termica (CET) in ciascuna zona termica in analogia alla contabilizzazione diretta per gli impianti di riscaldamento.

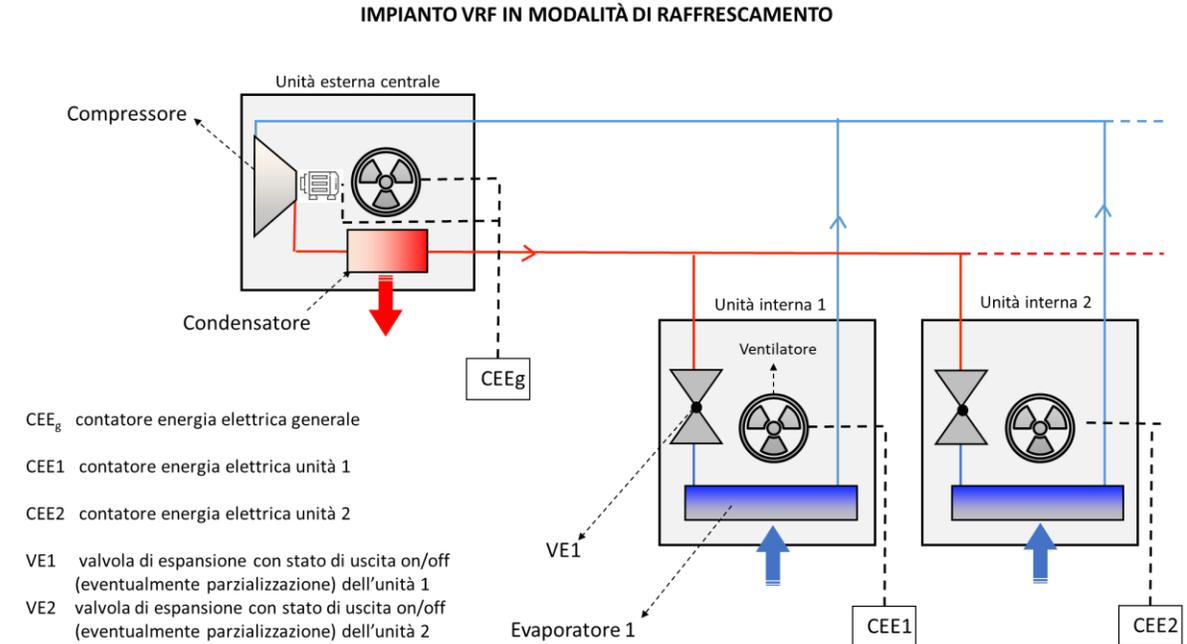
In caso di più batterie caldo/freddo dovranno essere installate più CET. Le quantità di energia dovranno in tal caso essere conteggiate separatamente.



$$S_{vol,i} = \frac{E_i}{\sum_{i=1}^n E_i} = \frac{(\rho c_p V \Delta\vartheta)_i}{\sum_{i=1}^n (\rho c_p V \Delta\vartheta)_i}$$

# Contabilizzazione energia negli impianti ad espansione diretta

Un impianto tipico di condizionamento ad espansione VRV (a volume di refrigerante variabile) e VRF (a portata di refrigerante variabile) è costituito da una unità esterna, dotata di compressore e di batteria di scambio in grado di funzionare indifferentemente da condensatore e da evaporatore, a cui sono collegate, mediante due o tre tubi una serie di unità interne (split) dotate di ventilatore, batteria di scambio, valvola termostatica elettronica e valvola di deviazione a cassetto.

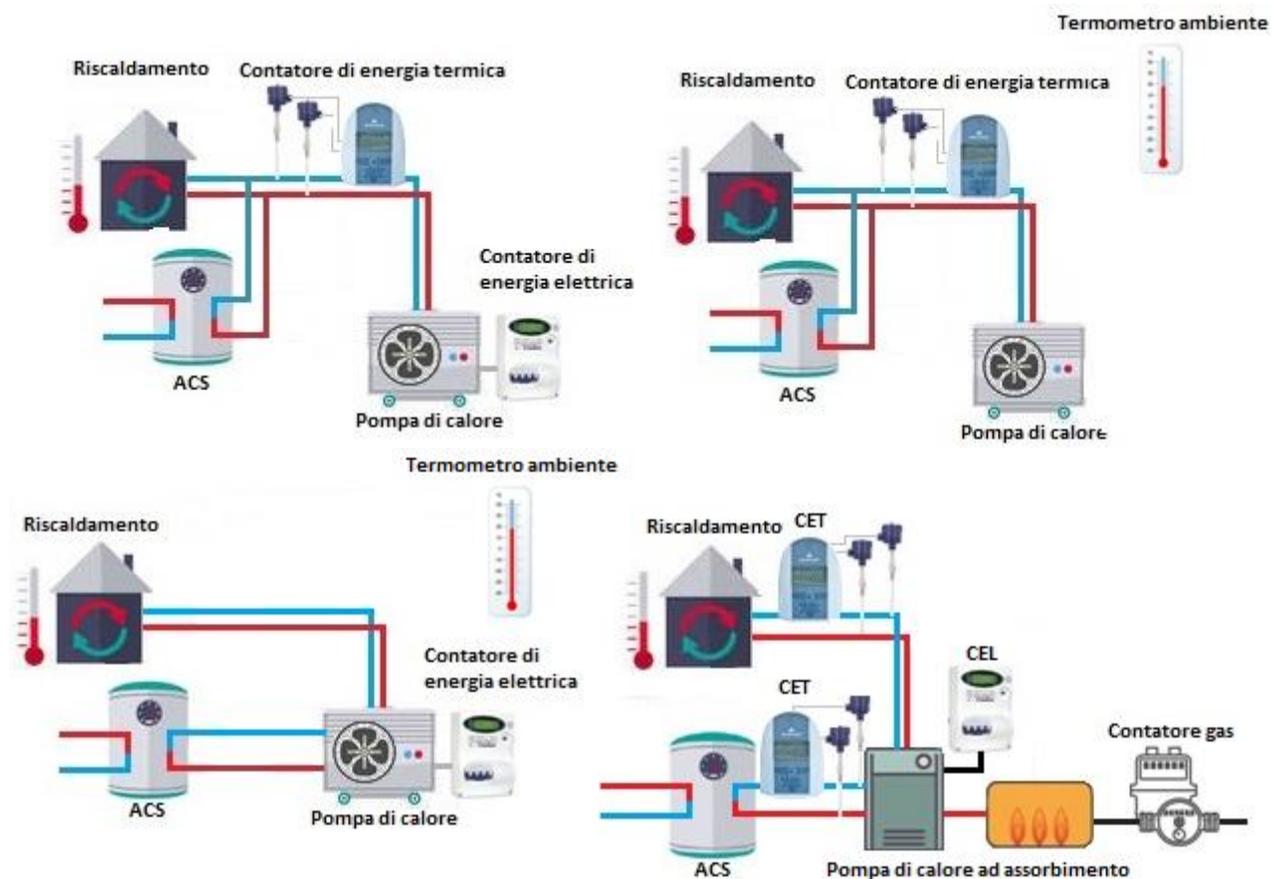


$$E_i = \frac{\Delta t_{r,i} \cdot P_{r,i} + \Delta t_{v,i} \cdot P_{v,i} + \Delta t_{sb,i} \cdot P_{sb,i}}{\sum_i (\Delta t_{r,i} \cdot P_{r,i}) + \sum_i (\Delta t_{v,i} \cdot P_{v,i}) + \sum_i (\Delta t_{sb,i} \cdot P_{sb,i})} * \left[ (E_{Comp} + E_{Vent} + E_{aus})_{UE} + \sum_i (E_{Vent,i} + E_{aus,i}) \right]$$

## Progetto CTI - LINEE GUIDA per la contabilizzazione dell'energia termica prodotta

Anche la stima dell'energia termica prodotta da fonti rinnovabili mediante pompe di calore ed incentivata può rappresentare un problema dal punto di vista metrologico.

E' necessario quindi anche in questo caso comprendere le metodologie ottimali per monitorare l'efficienza del sistema di produzione e determinare le quantità di energia incentivabili.



Grazie per l'attenzione