



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Architettura

-

Laurea magistrale in  
Architettura a ciclo unico

**Corso di fisica tecnica ambientale**

**LEZIONE 12:  
INTRODUZIONE AI SISTEMI  
IMPIANISTICI**

Ing. Marco Cecconi

[marco.cecconi@ingenergia.it](mailto:marco.cecconi@ingenergia.it)

# Obiettivo

- **Approcciare al mondo dei sistemi impiantistici** al servizio degli edifici.
- **Fornire le basi minime** per la certificazione energetica degli edifici, l'audit energetico e la progettazione energeticamente efficiente.
- Molti dei concetti verranno **approfonditi meglio al corso di "Impianti tecnici"**.

# Indice

## 12 Introduzione ai sistemi impiantistici

• <b>Sistemi energetici</b> .....	4
○ Sistema edificio-impianto .....	5
○ Sistemi energetici .....	10
○ Fonti energetiche .....	15
○ Conversione dell'energia .....	20
○ Utilizzi dell'energia .....	22
• <b>Impianti di climatizzazione</b> .....	24
○ Configurazione .....	26
○ Caratteristiche, funzioni e prestazioni .....	28
○ Struttura e rendimento .....	30

## Indice (..continua..)

○	Sottosistema di emissione .....	33
○	Sottosistema di distribuzione .....	35
○	Sottosistema di regolazione .....	37
○	Sottosistema di generazione e focus sui generatori .....	39
○	Configurazioni di impianto .....	54
•	<b>Impianti di preparazione ACS</b> .....	63
○	Configurazione .....	65
○	Fabbisogni di acqua calda sanitaria .....	67
○	Caratteristiche e rendimento .....	69
○	Sottosistema di erogazione .....	71
○	Sottosistema di accumulo .....	72
○	Sottosistema di generazione .....	73
•	<b>Impianto elettrico</b> .....	74
○	Configurazione .....	76
○	Topologia .....	78
○	Criteri di efficienza su trasformatori, cavi e rifasamento .....	79
•	<b>Conclusioni e sviluppi</b> .....	83

# 12.1

## SISTEMI ENERGETICI

- **Sistemi energetici** ..... 4
  - Sistema edificio-impianto ..... 5
  - Sistemi energetici ..... 10
  - Fonti energetiche ..... 15
  - Conversione dell'energia ..... 20
  - Utilizzi dell'energia ..... 22

# Sistema edificio-impianto

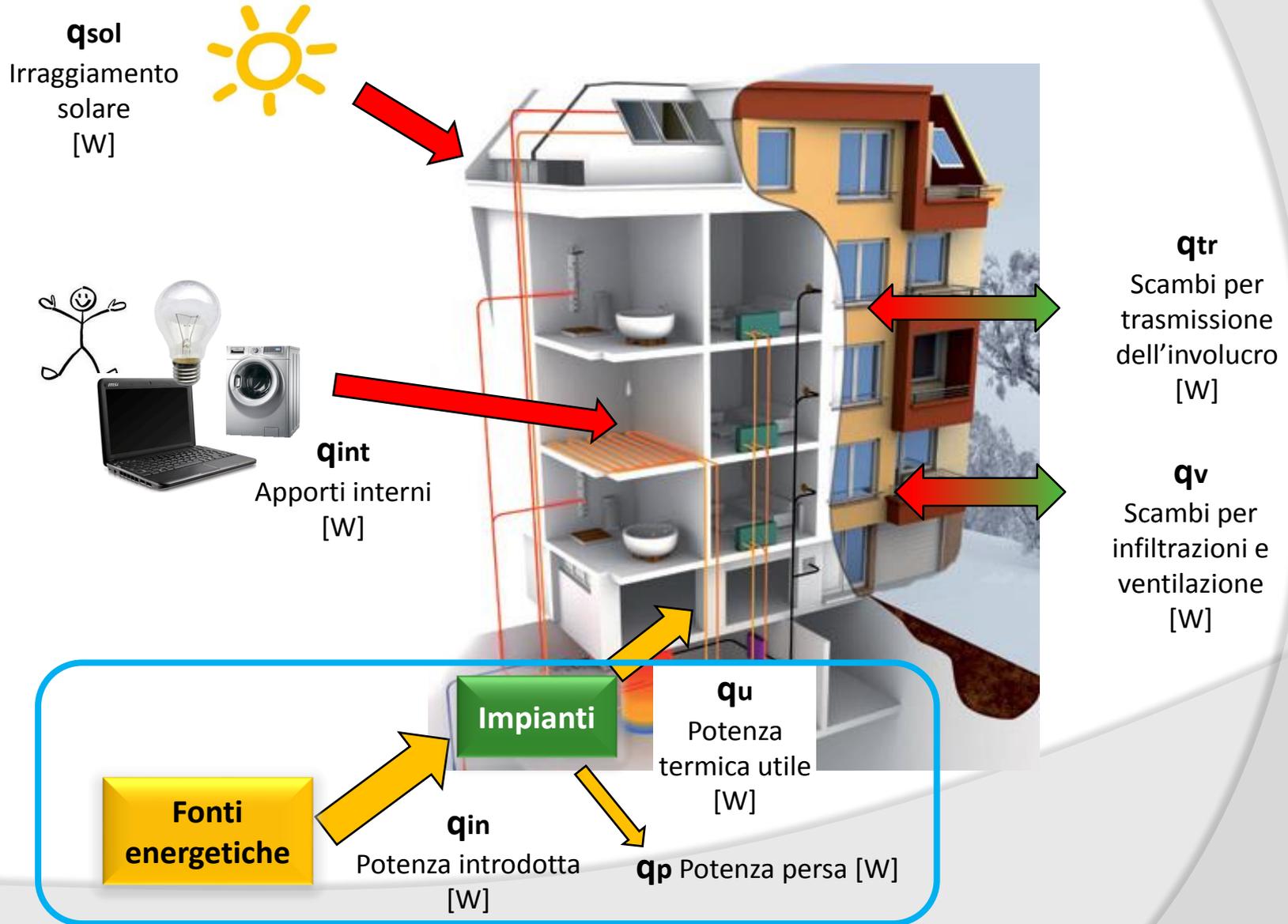
## GENERALITA'

### ...NON DI SOLO INVOLUCRO VIVE L'EDIFICIO...

- **Fino ad ora**, attraverso i bilanci termici, è **stato possibile calcolare la potenza e l'energia utile (netta)** necessaria per mantenere in ambiente la temperatura di comfort.
- **Tale apporto o sottrazione di potenza/energia è possibile grazie ai sistemi impiantistici.**
- **L'edificio è quindi da considerare in modo unitario come un "sistema edificio-impianto"**.
- In questa lezione ci occuperemo di conoscere per sommi capi gli aspetti impiantistici degli edifici.

# Sistema edificio-impianto

## ANALISI DEGLI SCAMBI TERMICI



# Impianti negli edifici

## GENERALITA'

### ...NON DI SOLA CLIMATIZZAZIONE VIVE L'EDIFICIO...

- **Gli impianti di climatizzazione sono solo una parte degli impianti presenti negli edifici** (es. produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione, sollevamento, ecc).
- Inoltre, per edifici particolari, **esistono impianti dedicati** ciascuno con proprie caratteristiche (es. impianti industriali, ospedali, ecc).

# Impianti negli edifici

REQUISITI, TECNOLOGIE, EFFICIENZA

Cottura dei cibi

Controllo dell'umidità

Illuminazione

Ventilazione

Riscaldamento

# EFFICIENZA ENERGETICA

Alimentazione

apparecchi elettrici

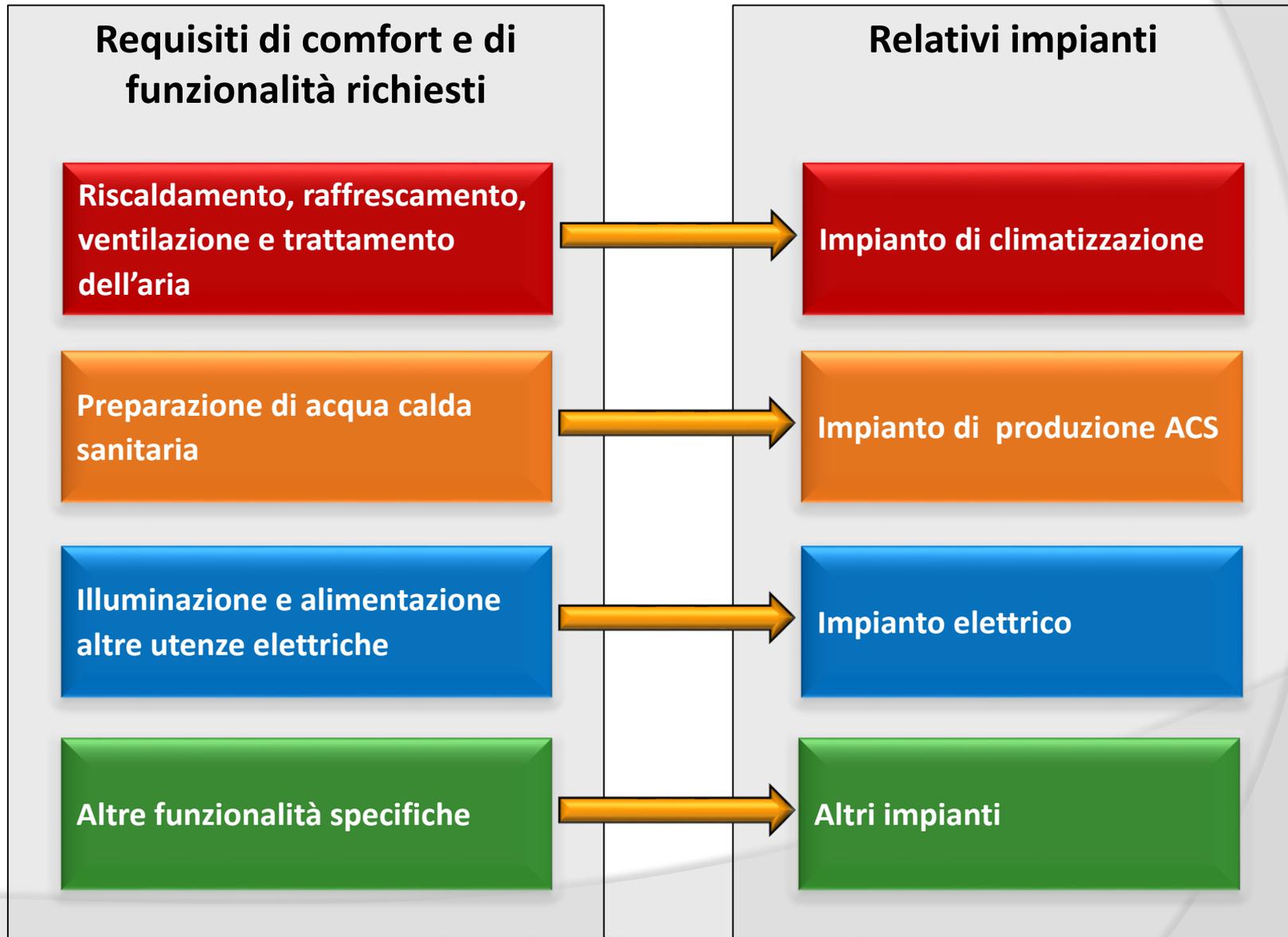
Raffrescamento

Acqua calda

REQUISITI	
TECNOLOGIA	
CONSUMI	

# Impianti negli edifici

## REQUISITI E TECNOLOGIE



# Sistemi energetici

## GENERALITA'

- Nonostante la varietà, tutti gli impianti sono però definibili come **sistemi energetici** e hanno una serie di caratteristiche comuni che ne determinano le modalità di funzionamento ed il grado di **efficienza energetica**.
- Per questo, prima di addentrarsi nel dettaglio dei singoli impianti, è **bene avere chiari alcuni concetti generali sui sistemi energetici**.

# Sistemi energetici ideali

## CONFIGURAZIONE DI UN SISTEMA ENERGETICO IDEALE

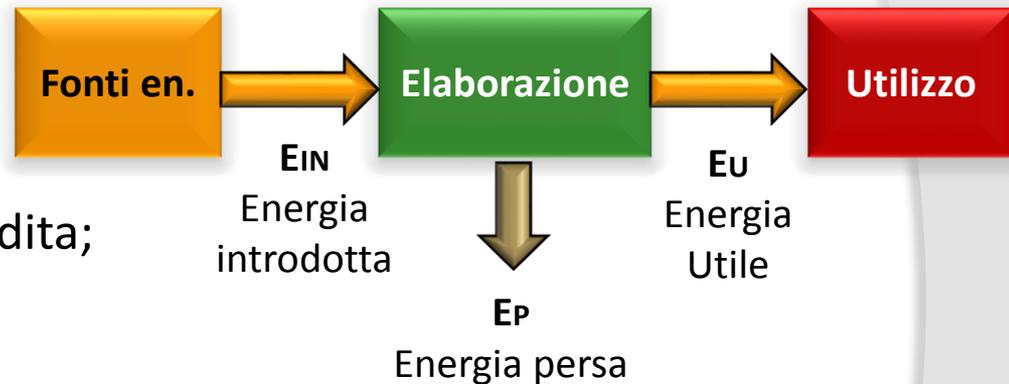
- Un **sistema** è un insieme di elementi interconnessi tra di loro o con l'ambiente esterno tramite reciproche relazioni, ma che si comporta come un tutt'uno, secondo proprie regole generali.
- Un **sistema energetico** è un sistema in cui viene assorbita energia da una fonte energetica, elaborata/convertita nella forma più utile, eventualmente trasportata e/o accumulata, ed infine utilizzata per produrre un determinato risultato.
- L'elaborazione si effettua attraverso un'apparecchiatura o un impianto in grado di convertire l'energia assorbita in effetto utile.
- Nei **sistemi ideali non vi sono perdite** energetiche.



# Sistemi energetici reali

## CONFIGURAZIONE DI UN SISTEMA ENERGETICO REALE

- Nei **sistemi reali** solo una parte dell'energia fornita è utile ai fini del compito da svolgere, il resto viene perso sotto forma di calore (entropia crescente).
- In ogni sistema reale che utilizza energia essa viene:
  - **assorbita** dalla fonte;
  - **elaborata** all'interno di uno o più impianti, con una certa perdita;
  - **utilizzata** per lo scopo previsto.
- Una volta utilizzata l'energia viene integralmente dissipata/degradata/dispersa in forme inutilizzabili (calore a bassa temperatura)
- L'energia da introdurre del sistema è maggiore di quella utile poiché occorre **compensare le perdite** degli impianti.



$$E_{IN} = E_U + E_P$$

# Sistemi energetici reali

## ENERGIA E POTENZA

- Nei diagrammi e nelle formule ora compare l'**energia** [Wh]....che succede se invece parliamo di **potenza** [W]?

Per esempio: conosciamo il carico termico utile di picco di un edificio [W] e vogliamo considerare l'effetto degli impianti per dimensionare correttamente la caldaia.

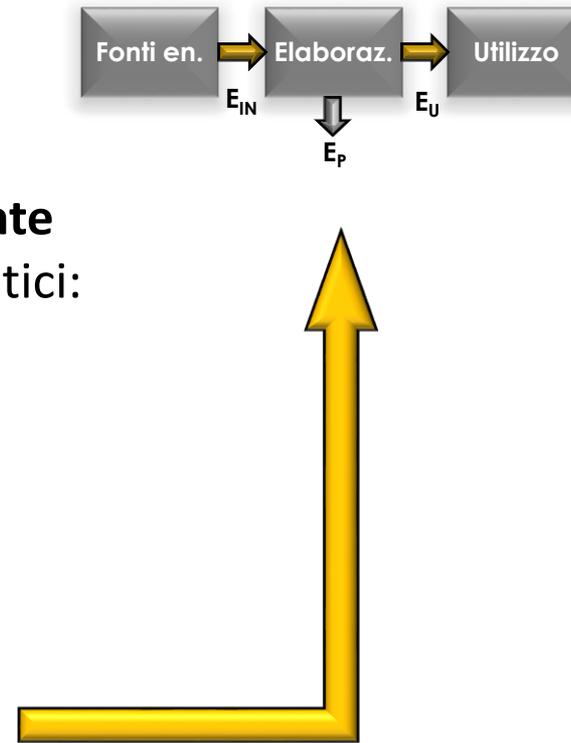


- **Non cambia nulla!!** Tutti i concetti di cui parleremo valgono sia che si parli di **energia** che di **potenza**, quindi si possono sostituire le (E) o le (Q) con le (P) o le (q) e nulla cambierebbe. **Basta non mischiare** energia e potenza!
- Per comodità parleremo sempre di **energia**.

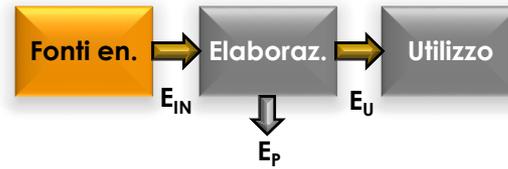
# Sistemi energetici reali

## IL PUNTO DELLA SITUAZIONE

- Verranno ora analizzate singolarmente le tre componenti dei sistemi energetici:
  - Fonti energetiche;
  - Impianti di conversione;
  - Utilizzi.
- Nelle prossime slide occhio alla colorazione dei tre blocchi: si sta parlando di **quello colorato!**



# Fonti energetiche



## FONTI RINNOVABILI

Si tratta di **fonti che si rigenerano** almeno alla stessa velocità con la quale sono consumate e che non comportano un aumento di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

Nota:

**Il bilancio di CO<sub>2</sub> va considerato sull'intero ciclo di vita del materiale.**

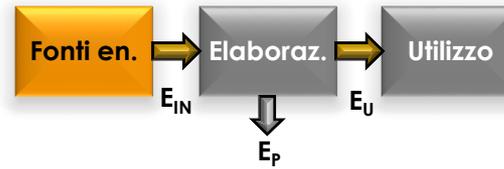
Esempio: La combustione di biomassa libera la stessa quantità di CO<sub>2</sub> che era stata assorbita in precedenza dalla pianta, perciò il bilancio è nullo.

Riferimenti:

Le fonti rinnovabili sono elencate nella Direttiva 2003/54/CE e ratificate dal DL n°28 del 3/3/2011 (Decreto Romani)

Fonte energetica	Forma di energia
Eolica	Meccanica
Solare	Elettromagnetica ad alta frequenza (radiazione)
Geotermica	Termica
Aerotermica	Termica
Idraulica	Meccanica
Marina	Meccanica
Biomasse e rifiuti (solo parte biodegradabile)	Chimica
Biogas	Chimica
Gas di discarica	Chimica
Gas residuati dai processi di depurazione	Chimica

# Fonti energetiche



## FONTI NON RINNOVABILI

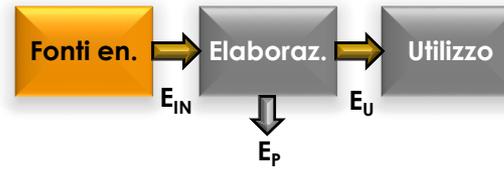
Si tratta di fonti che **non si rigenerano in tempi brevi** e sono perciò destinate ad esaurirsi nel tempo. Le fonti non rinnovabili **introducono nuova CO<sub>2</sub> in ambiente.**

### Nota:

La CO<sub>2</sub> assorbita dalla piante che poi si sono trasformate in petrolio risale ad ere lontane, perciò di fatto vi è un'immissione netta di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

Fonte energetica	Forma di energia
Petrolio e derivati	Chimica
Metano	Chimica
Carbone	Chimica
Rifiuti (parte non biodegradabile)	Chimica
Uranio, plutonio, ecc	Nucleare
Altro...	

# Fonti energetiche



## ENERGIA PRIMARIA

- Vista la vastità di fonti energetiche si utilizza il concetto di **energia primaria** per rendere comparabili i consumi energetici da fonti diverse.
- Il DL 63/2013 definisce l'energia primaria "*energia, da fonti rinnovabili e non, che non ha subito alcun processo di conversione o trasformazione*".

### Fonti primarie rinnovabili



### Fonti primarie non rinnovabili

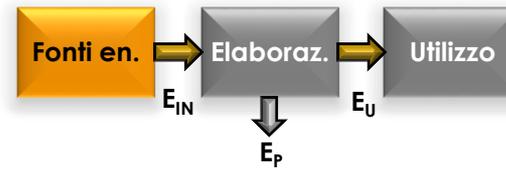


### Fonti secondarie e altri vettori energetici



- Un **vettore energetico** è una qualsiasi entità contenente energia in una forma adatta ad essere trasportata (es. **energia elettrica**, combustibili, ecc).

# Fonti energetiche



## ENERGIA PRIMARIA

- L'energia assorbita da fonti secondarie può essere convertita in **energia primaria equivalente** mediante il **fattore di conversione in energia primaria dei vettori energetici ( $f_p$ )**.
- $f_p$  esprime quanti Wh di energia primaria sarebbero necessari per far fronte al consumo di 1 Wh di energia secondaria.
- A seconda del tipo di energia primaria a cui ci si riferisce esistono **tre fattori di conversione** dell'energia primaria:

- **non rinnovabile ( $f_{P,nren}$ ):**

$$f_{P,nren} = \frac{E_{\text{primaria,non rinnovabile}}}{E_{\text{fonte x}}}$$

- **rinnovabile ( $f_{P,ren}$ ):**

$$f_{P,ren} = \frac{E_{\text{primaria,rinnovabile}}}{E_{\text{fonte x}}}$$

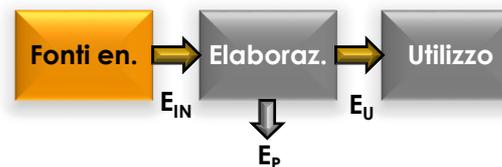
- **totale ( $f_{P,tot}$ ):**

$$f_{P,tot} = f_{P,nren} + f_{P,ren}$$

- Secondo questa definizione tutte le fonti rinnovabili devono avere  $f_{P,nren} = 0$ , quelle non rinnovabili  $f_{P,ren} = 0$  e quelle miste valori diversi.

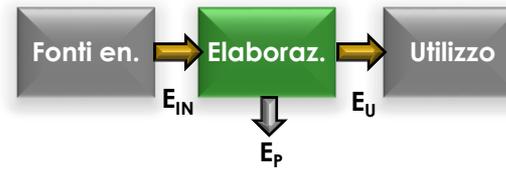
# Fonti energetiche

## COMBUSTIBILI E ENERGIA PRIMARIA



Vettori energetici	Fattore di conversione in energia primaria (DM 26/06/2015)		
	non rinnov. ( $f_{p,nren}$ )	rinnov. ( $f_{p,ren}$ )	totale ( $f_{p,tot}$ )
Gas naturale	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento	1,50	0	1,50
Rifiuti solidi urbani	0,20	0,20	0,40
Teleraffrescamento	0,50	0	0,50
Energia da solare termico	0	1,00	1,00
Energia elettrica da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno (free-cooling)	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno (pompa di calore)	0	1,00	1,00

# Elaborazione dell'energia



## PERCHE?

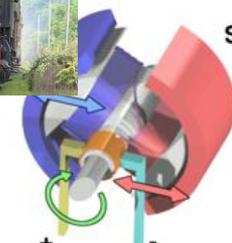
- L'energia viene elaborata per renderla fruibile ai fini degli utilizzi prescelti. Si compone di una **conversione** e di una serie di **altre elaborazioni** (trasporto, emissione, accumulo, ecc).

## COME SI ATTUA LA CONVERSIONE?

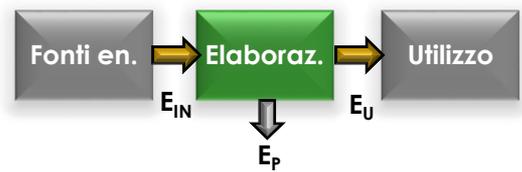
- La conversione può essere molto **semplice se segue trasformazioni spontanee** (che seguono la direzione dell'entropia crescente) **oppure necessita di macchine sofisticate se il risultato utile si oppone all'entropia.**

## LE TAPPE DELL'EVOLUZIONE NELLA CONVERSIONE ENERGETICA..

- Da sempre: conversione dell'energia gravitazionale in energia cinetica (reaz. spontanea senza bisogno di macchine)
- Da 2 milioni di anni: conversione dell'energia chimica in energia termica attraverso il fuoco (reaz. indotta e poi spontanea)
- Da 250 anni: conversione dell'energia termica in energia meccanica attraverso il motore a vapore (trasf. non spontanea, strum. avanzati)
- Da 150 anni: conversione dell'energia meccanica in energia elettrica attraverso la dinamo (trasf. non spontanea, strum. avanzati)



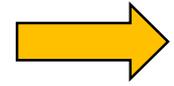
# Elaborazione dell'energia



## RENDIMENTO/EFFICIENZA

L'efficienza energetica in un sistema di elaborazione dell'energia assume il nome di **rendimento** ed è esprimibile matematicamente.

$$\eta = \frac{E_U}{E_{IN}} = 1 - \frac{E_P}{E_{IN}}$$



$$E_{IN} = \frac{1}{\eta} E_U$$

- $E_U$  = Energia utile
- $E_{IN}$  = Energia introdotta
- $E_P$  = Energia persa dagli impianti
- $\eta$  = Rendimento

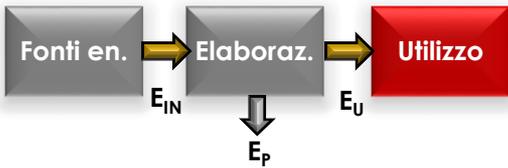
$$0 \leq \eta < 1$$

Il rendimento è sempre  $< 1$ : non si può erogare più energia di quella assorbita (1° principio della termodinamica). **Più il rendimento si avvicina ad 1, più la conversione è efficiente.**

### NOTA:

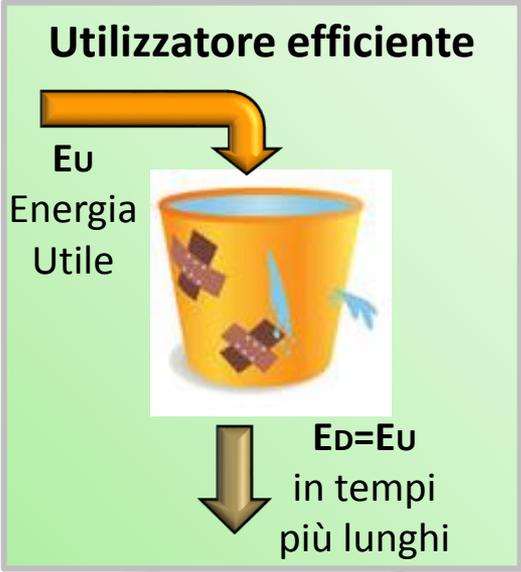
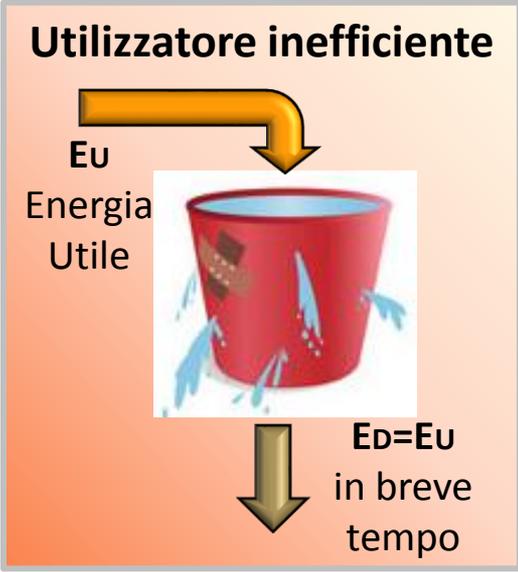
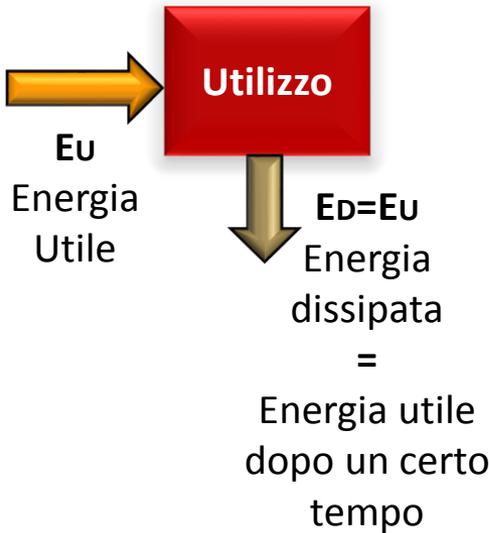
Per alcune macchine (es. pompe di calore) non si parla di rendimento ma di **efficienza ( $\epsilon$ )**, che può essere anche  $> 1$ . Questo non viola le leggi della termodinamica ma è dovuto ad un calcolo differente che verrà approfondito in seguito.

# Utilizzi dell'energia

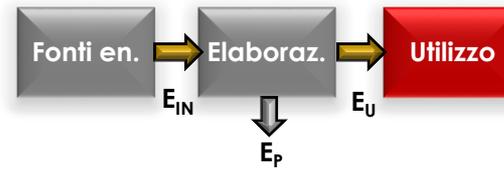


## UTILIZZO

- Presso gli utilizzatori finali l'energia fornita ( $E_u$ ) viene **utilizzata** per lo scopo prefissato e poi integralmente **dissipata** (o dispersa o degradata) in una forma non più utilizzabile (calore a bassa temperatura).
- L'efficienza energetica degli utilizzatori consiste nel **valorizzare** il più possibile l'energia utile ritardandone la degradazione.



# Utilizzi dell'energia



## UTILIZZO

- Gli **utilizzi finali possono essere i più svariati**, si riporta qualche esempio in tabella.

### Utilizzi finali

#### Energia meccanica:

trazione, movimento di macchinari, processi industriali, ecc..

#### Energia termica:

riscaldamento, produzione acqua calda, essiccazione, processi industriali, ecc..

#### Energia frigorifera:

raffrescamento, refrigerazione, ecc..

#### Energia radiante:

illuminazione, visualizzazione, riscaldamento, laser, raggi x, ecc..

#### Energia chimica :

sintesi di sostanze, materiali, ecc..

#### Altro..

# 12.2

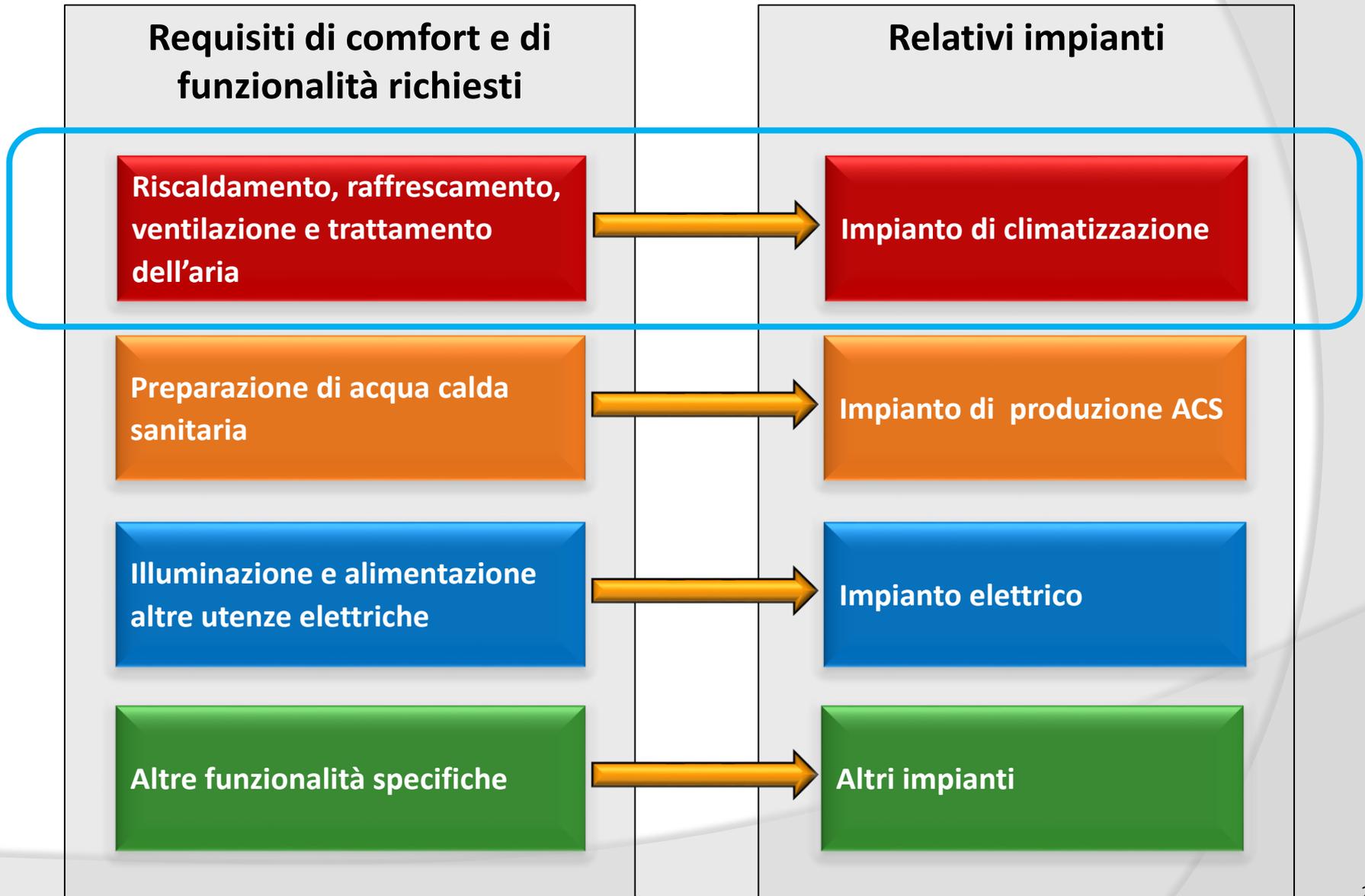
## Impianti di climatizzazione

- **Impianti di climatizzazione**

- Configurazione ..... 26
- Caratteristiche, funzioni e prestazioni ..... 28
- Struttura e rendimento ..... 30
- Sottosistema di emissione ..... 33
- Sottosistema di distribuzione ..... 35
- Sottosistema di regolazione ..... 37
- Sottosistema di generazione e focus sui generatori ..... 39
- Configurazioni di impianto ..... 54

# Sistema edificio-impianto per la climatizzazione

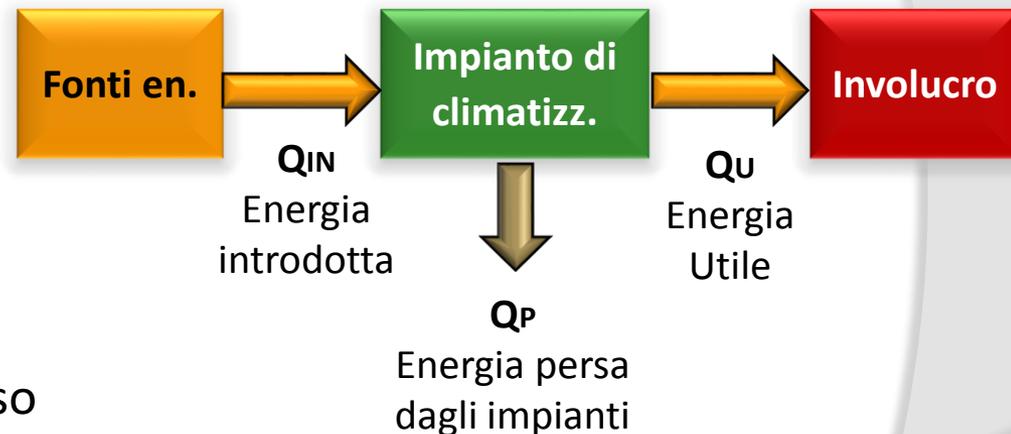
## REQUISITI E TECNOLOGIE



# Sistema edificio-impianto per la climatizzazione

## CONFIGURAZIONE

- La configurazione generale di un sistema energetico può essere adattata al caso specifico della **climatizzazione**.
- In questo caso, trattandosi di **energia termica**, la indichiamo con '**Q**' anziché 'E'.
- L'energia viene sempre:
  - **assorbita** dalla fonte;
  - **elaborata** dall'impianto di climatizzazione con una perdita di conversione;
  - **emessa** sotto forma termica negli spazi interni;
  - **dissipata** gradualmente attraverso l'involucro edilizio.
- L'energia in ingresso all'impianto è maggiore di quella utile poiché occorre **compensare le perdite** degli impianti.

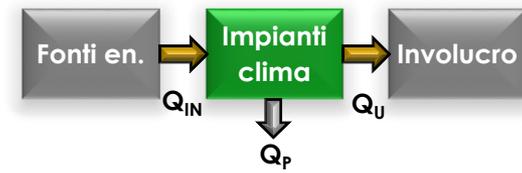


$$Q_{IN} = Q_U + Q_P$$

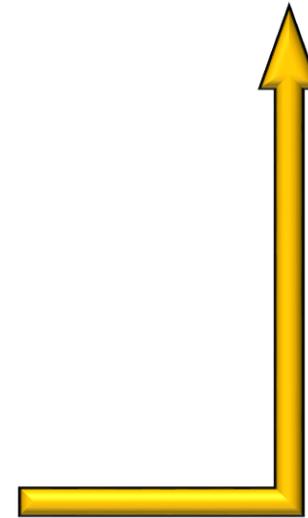
# Sistema edificio-impianto per la climatizzazione

## IL PUNTO DELLA SITUAZIONE

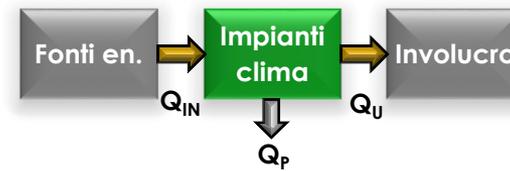
- Di **fonti energetiche** ne abbiamo già parlato prima.
- Delle caratteristiche dell'**involucro** ne abbiamo già parlato nelle lezioni sulla trasmissione del calore.
- Non resta che parlare degli **impianti di climatizzazione**.



Climatizzazione



# Impianti di climatizzazione



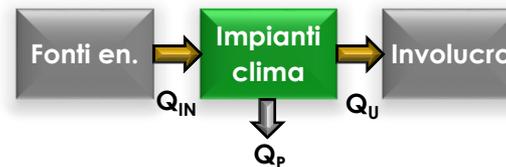
## CARATTERISTICHE, FUNZIONI, PRESTAZIONI

- Gli impianti devono essere in grado di **fornire o sottrarre energia/potenza nelle quantità e modalità opportune per soddisfare i fabbisogni richiesti.**
- A parità di energia fornita un **impianto con elevato rendimento/efficienza assorbe il minor quantitativo possibile di energia dalla fonte.**
- Esistono **svariate tipologie** di impianto a seconda delle prestazioni richieste, della potenza e dell'ambito di utilizzo.

# Impianti di climatizzazione

## FUNZIONALITA' POSSIBILI

- Controllare la **temperatura** interna dei locali in **inverno**.
- Controllare la **temperatura** interna dei locali in **estate**.
- Controllare l'**umidità relativa** presente nei locali in **inverno**.
- Controllare l'**umidità relativa** presente nei locali in **estate**.
- Garantire la **qualità dell'aria** interna mediante **ricambio e trattamento dell'aria**.



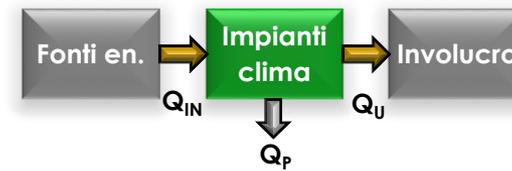
**Non tutti gli impianti implementano tutte le funzionalità, per esempio:**

- Impianto di **riscaldamento**:
- Impianto di **condizionamento estivo**:
- Impianto di **condizionamento a pompa di calore**:
- Impianto di **ventilazione** (o ventilazione naturale):
- **Deumidificatore**:

Il simbolo significa che il sistema deumidifica in estate ma non può controllare esattamente il livello di umidità relativa dell'ambiente.

# Impianti di climatizzazione

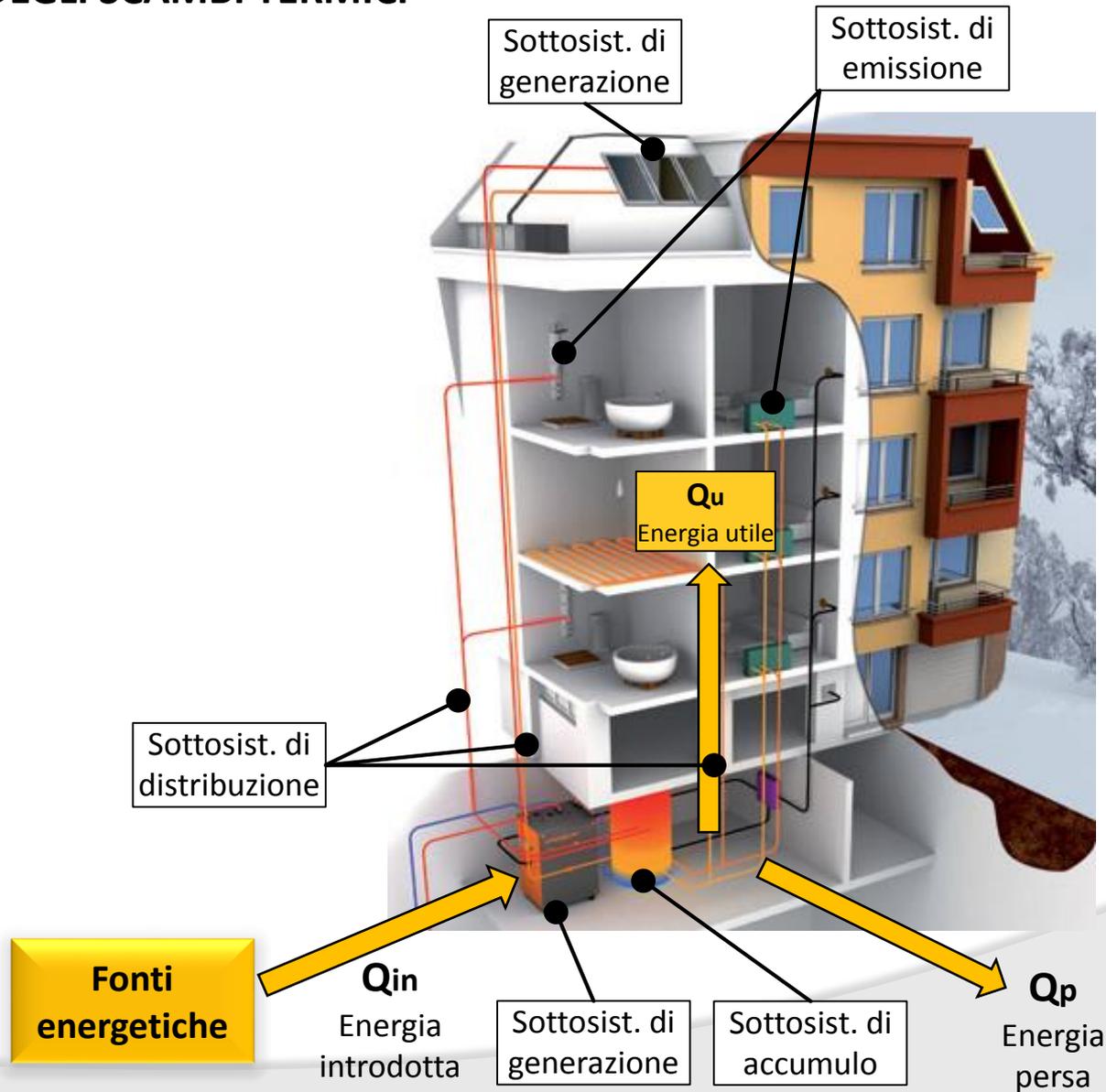
## STRUTTURA GENERALE



- Gli impianti vengono studiati suddividendoli in sotto-sistemi:
  - **Sottosistema di emissione:**  
Comprende i sistemi terminali che si trovano in ambiente e interagiscono direttamente con esso mediante scambi di energia e/o di massa (radiatori, unità interne split, fancoil, bocchette dell'aria, ecc).
  - **Sottosistema di distribuzione:**  
Comprende tutti collegamenti tra i vari sottosistemi (tubazioni dell'acqua calda, tubazioni del fluido refrigerante, canalizzazioni dell'aria, pompe, ventilatori, ecc).
  - **Sottosistema di regolazione:**  
Sistema di controllo che gestisce le logiche di azionamento dei vari sottosistemi (termostato ambiente, igrometro, valvole termostatiche, sensori di presenza, ecc).
  - **Sottosistema di accumulo:**  
Comprende gli eventuali serbatoi di accumulo del fluido termovettore.
  - **Sottosistema di generazione:**  
Comprende le macchine che generano effettivamente la potenza termica mediante combustione o altri sistemi (caldaie, pompe di calore, impianti solari, cogeneratori, ecc).

# Impianti di climatizzazione

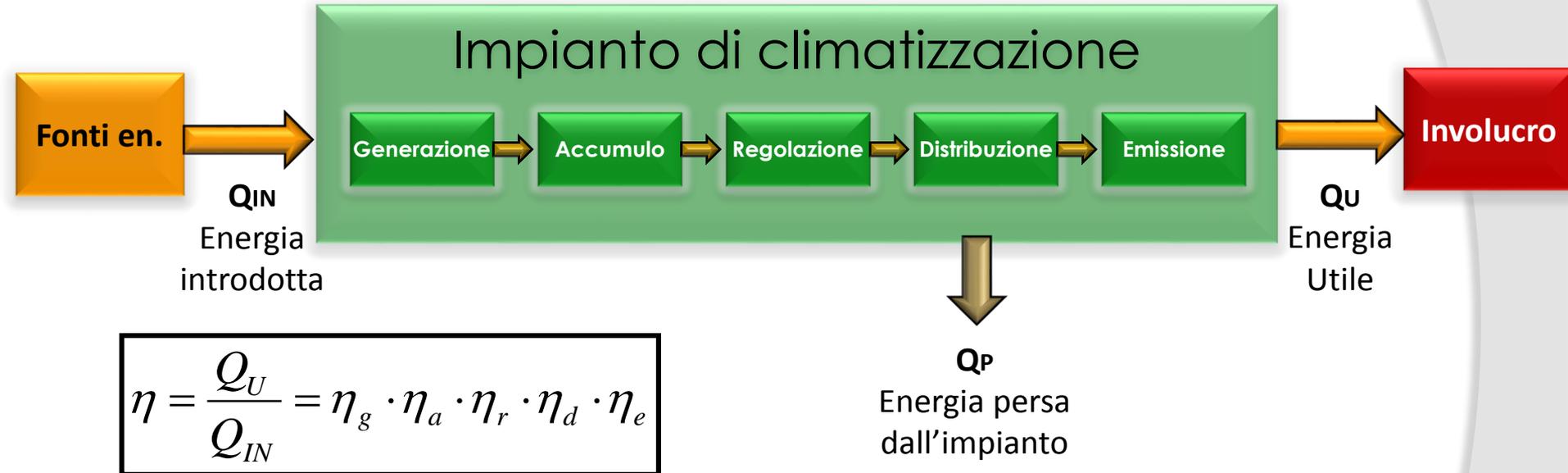
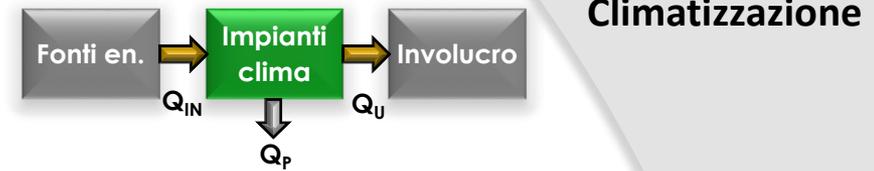
## ANALISI DEGLI SCAMBI TERMICI



# Impianti di climatizzazione

## RENDIMENTO

- Il **rendimento dell'impianto** di climatizzazione è funzione del rendimento dei singoli sottosistemi.



$$\eta = \frac{Q_U}{Q_{IN}} = \eta_g \cdot \eta_a \cdot \eta_r \cdot \eta_d \cdot \eta_e$$

- Per avere una buona efficienza finale tutti i sottosistemi devono essere efficienti.
- Il rendimento può essere di tipo "istantaneo" in un dato momento oppure **medio** di un periodo (es. stagionale).

**Nota:** Verrà trascurato il sistema di accumulo che non è essenziale negli impianti di climatizzazione.

# Sottosistema di **emissione**

## DESCRIZIONE

- Comprende i **sistemi terminali che si trovano in ambiente** e interagiscono direttamente con esso mediante scambi di energia e/o di massa in varie forme:

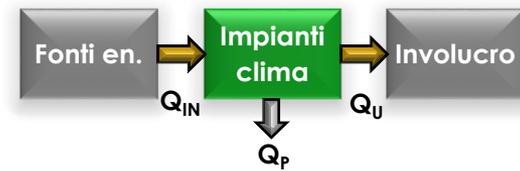
- **Apporto o sottrazione di calore**
- **Apporto o sottrazione di umidità**
- **Apporto e sottrazione di aria**



## CLASSIFICAZIONE

- I sistemi di emissione possono essere **classificati** in base a:

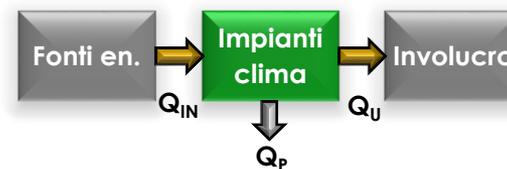
- Funzionalità
- Fluido termovettore elaborato
- Temperatura di lavoro
- Necessità di energia elettrica
- Applicazione
- Prestazioni



Climatizzazione



# Sottosistema di emissione



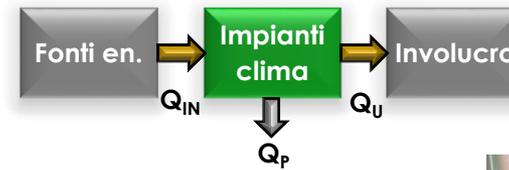
## CARATTERISTICHE DEI SISTEMI PIU' COMUNI

- Si riportano i **sistemi di emissione più comuni** con le relative **caratteristiche**.

Tipologia	Funzionalità *	Fluido	Temp. di lavoro	Assorbim. elettrico	Potenza erogabile	Applicaz. principale	Rendimento
Radiatori		acqua	50-80°C	no	50-300W a elemento	locali bassi ridotte dim.	0.90-0.98
Aerotermi		acqua	50-80°C 5-10°C	100-3000W	5-100kW risc 2-40kW raff	ampi locali industria	0.90-0.96
Ventilconvettori (fancoil)		acqua	35-60°C 5-10°C	10-300W	500-15'000 W totali	residenz. terziario	0.94-0.96
Pannelli radianti a pavimento		acqua	30-35°C 16-22°C	no	90 W/m <sup>2</sup> risc 50 W/m <sup>2</sup> raff	locali utilizzati continuativo	0.95-0.99
Bocchette d'aria		aria	25-35°C 15-22°C	no	qualsiasi	terziario industria	0.90-0.94
Terminali a espansione diretta		gas refriger.	NA	10-300W	500-15'000 W totali	qualsiasi	0.94-0.95
...							

\*Il simbolo significa che il sistema deumidifica in estate ma non può controllare esattamente il livello di umidità relativa dell'ambiente. Altre funzionalità sono ottenibili localmente attraverso l'aggiunta di altri componenti, per esempio l'umidificazione invernale tramite umidificatori.

# Sottosistema di **distribuzione**



## DESCRIZIONE

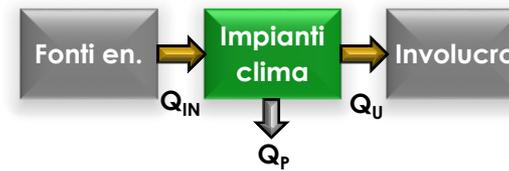
- Comprende i **collegamenti** tra i vari componenti dell'impianto:
  - **idraulici** (tubazioni dell'acqua),
  - **aerulici** (canali dell'aria),
  - **di altro genere** (es. tubazione del gas refrigerante)
- La distribuzione comprende i **componenti ausiliari** necessari a permettere il movimento dei fluidi (es. pompe e ventilatori).

## CLASSIFICAZIONE

- I sistemi di distribuzione possono essere **classificati** in base a:
  - Funzionalità 
  - Fluido termovettore trasportato 
  - Applicazione
  - Prestazioni



# Sottosistema di distribuzione



## CARATTERISTICHE DEI SISTEMI PIU' COMUNI

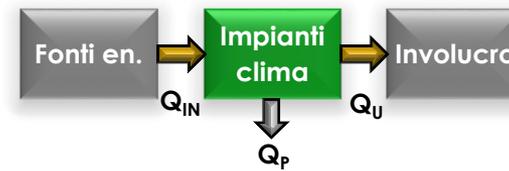
- Si riportano i **sistemi di distribuzione più comuni** con le relative **caratteristiche**.

Tipologia	Fluidi distribuiti *	Applicaz. principale	Rendimento
Distribuzione per impianti di riscaldamento autonomo	acqua	residenziale	0.96-0.99 (dip. isolam.)
Distr. per impianti centralizz. di tipo orizzontale	acqua	condomini nuovi, terziario	0.96-0.98 (isolam, piani)
Distr. per impianti centralizz. a montanti	acqua	condomini vecchi, terziario	0.82-0.98 (isolam, piani)
Distr. dell'acqua secondo topologie e schemi diversi	acqua	terziario, industria	da calcolare
Distribuzione dell'aria	aria	terziario industria	da calcolare
Distribuzione del gas refrigerante	gas refrigerante	qualsiasi	0.94-0.95
...			

\* Non è detto che tutti i fluidi possono essere distribuiti dallo specifico impianto. Per esempio se le tubazioni dell'acqua non sono adeguatamente isolate non è possibile distribuire fluidi freddi, altrimenti avviene la condensa dentro alle pareti.



# Sottosistema di regolazione

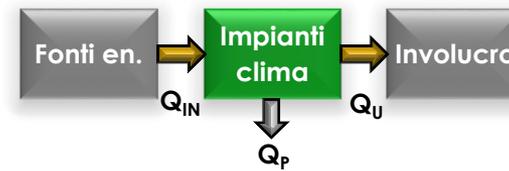


## CARATTERISTICHE DEI SISTEMI PIU' COMUNI

- Si riportano i **sistemi di regolazione più comuni** con le relative **caratteristiche**.

Tipologia	Logica di regolazione e ambito di misura	Rendimento
Manuale	Azionamento manuale occupanti	0.30-0.90 (dipende dagli occupanti)
Temporizzata	Accensione a tempo a piena potenza	0.30-0.70 (dipende da reg. tempi)
Temporizzata + Climatica	Accensione a tempo con potenza commisurata alle necessità climatiche	0.40-0.90 (dip. inerzia, apporti gratuiti)
Zona	Accensione a piena potenza regolata da un sensore nella zona termica	0.85-0.99 (dip. inerzia, tecnologia reg.)
Climatica + Zona	Accensione con potenza commisurata al clima regolata da un sensore nella zona termica	0.92-0.99 (dip. inerzia, tecnologia reg.)
Singolo ambiente	Accensione a piena potenza regolata da sensori in ogni ambiente	0.89-0.99 (dip. inerzia, tecnologia reg.)
Climatica + singolo ambiente	Accensione con potenza commisurata al clima regolata da sensori in ogni ambiente	0.93-0.99 (dip. inerzia, tecnologia reg.)

# Sottosistema di **generazione**



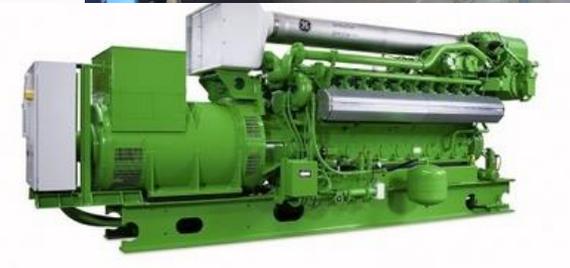
## DESCRIZIONE

- Comprende le **apparecchiature che effettivamente forniscono (o sottraggono) all'impianto l'energia termica necessaria** mediante conversione dell'energia presente nelle fonti energetiche.



## CLASSIFICAZIONE

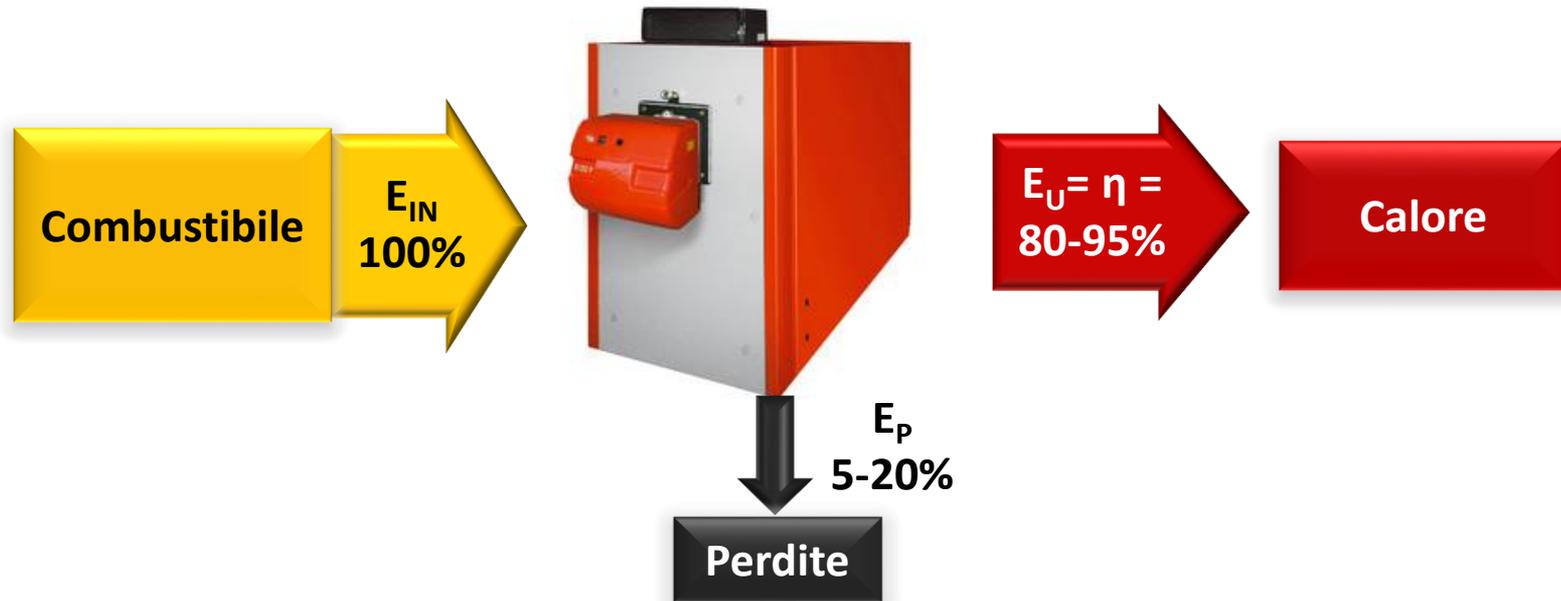
- I sistemi di generazione possono essere **classificati** in base a:
  - Fonte energetica
  - Tecnologia
  - Forme di energia fornibili
  - Applicazione
  - Rendimento
  - Affidabilità, costi, ecc



# Focus sui generatori

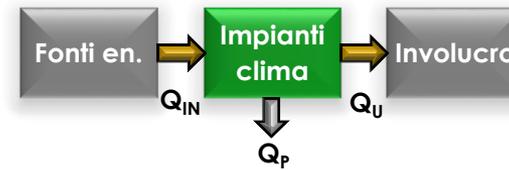
## CALDAIA TRADIZIONALE

- Produzione di calore mediante combustione.

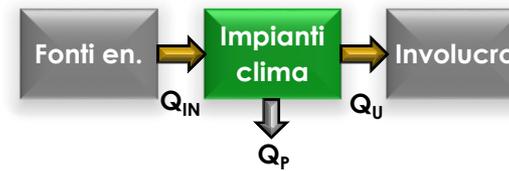


## CARATTERISTICHE

- Produzione di calore anche ad alte temperature, utile sia per riscaldamento che per preparazione di **acqua calda sanitaria**.
- Possibilità di bruciare **combustibili diversi** e biomasse liquide o gassose.
- Sistema **affidabile e economico ma non molto efficiente**.



# Focus sui generatori



## TERMOCAMINO A BIOMASSA

- Produzione di calore mediante combustione di biomassa solida (legna, pellet, ecc.)



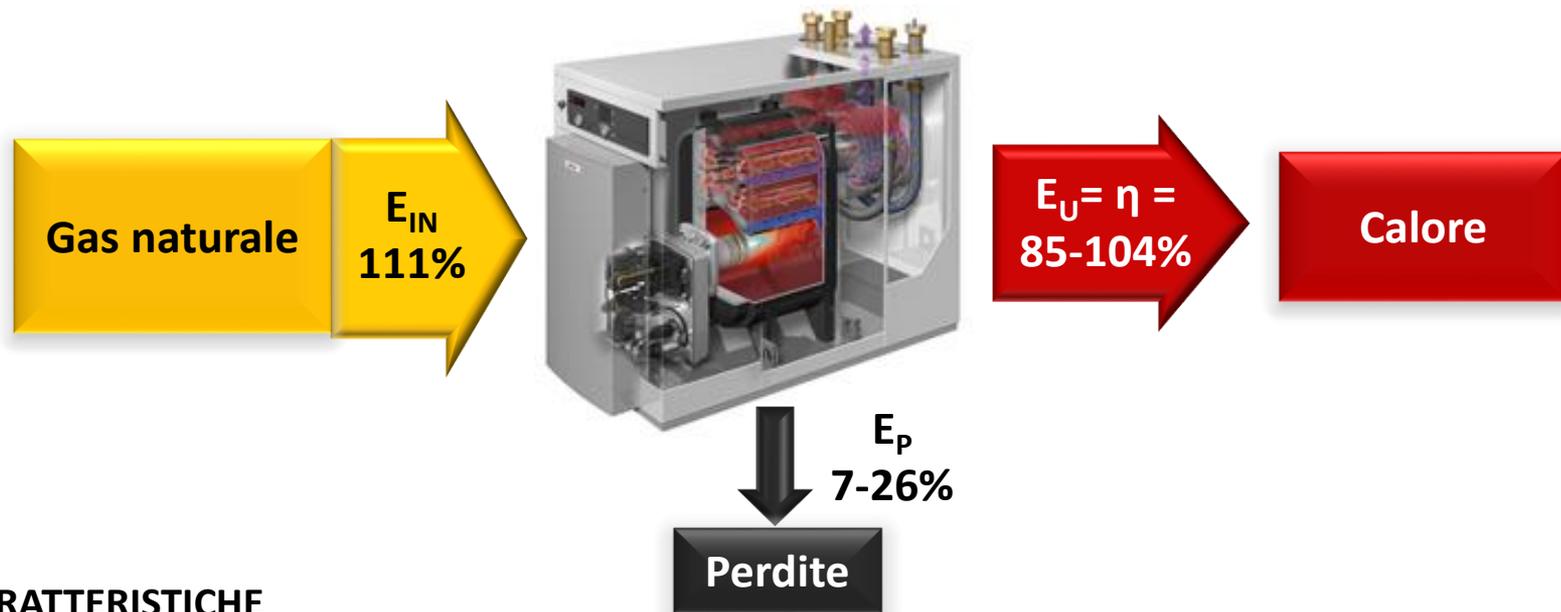
## CARATTERISTICHE

- Fonte energetica **in gran parte rinnovabile** (80% da DM 26/06/2015).
- Produzione di calore anche ad alte temperature, utile **sia per riscaldamento che per acqua calda sanitaria**.
- Possibilità di bruciare **combustibili di vario tipo**.
- **Necessità di biomassa, di spazi adatti, di manodopera** per il caricamento.
- Sistema affidabile ed efficiente solo per impianti recenti.

# Focus sui generatori

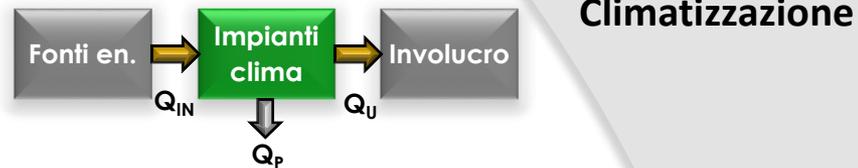
## CALDAIA A CONDENSAZIONE

- Produzione di calore mediante combustione con recupero di calore latente.



### CARATTERISTICHE

- Ha un **rendimento maggiore** perché sfrutta anche il calore latente contenuto nel vapore acqueo generato dalla combustione del metano che viene fatto condensare (viene utilizzato il potere calorifico superiore del combustibile anziché quello inferiore).
- Produzione di calore anche ad alte temperature ma **rendimento massimo per basse temperature (inferiori a 60°)** perché ad alte temp. il vapore non può condensare.
- Sistema **più costoso** delle caldaie tradizionali.
- Ha necessità di uno **scarico per la condensa**.

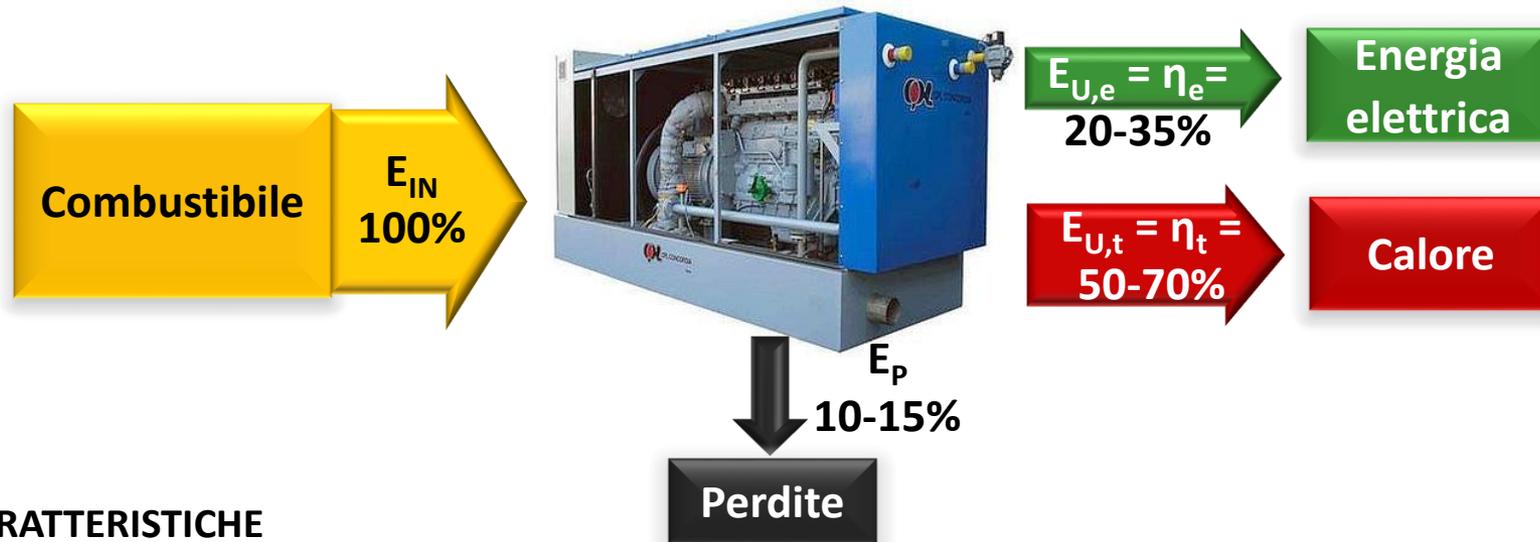


Climatizzazione

# Focus sui generatori

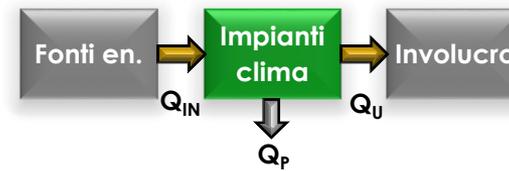
## COGENERATORE (CHP)

- Produzione combinata di energia elettrica e calore.



### CARATTERISTICHE

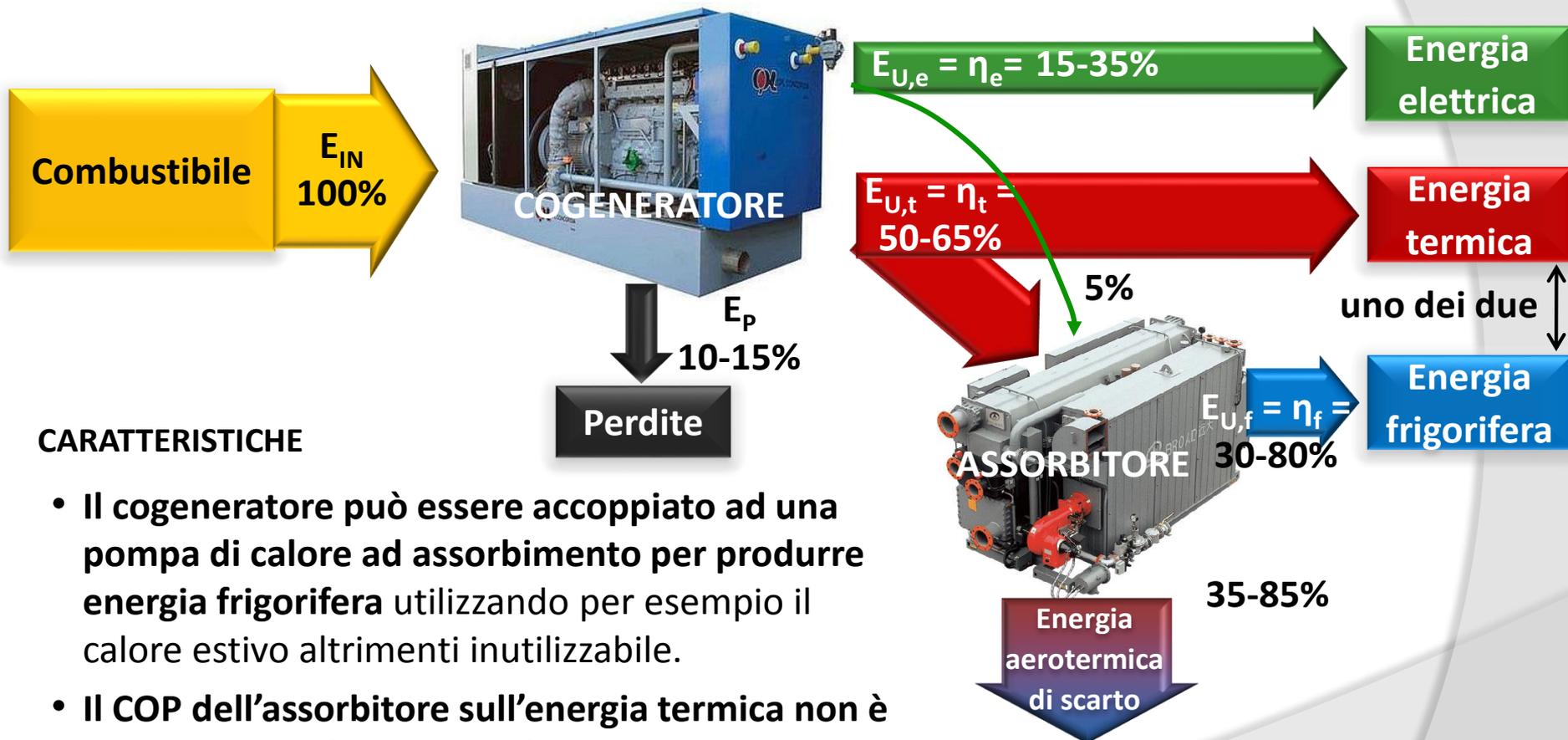
- **Produzione di energia elettrica** mediante un motore accoppiato ad un generatore elettrico. **Recupero dell'energia termica** dissipata dal motore. Tale energia è utilizzabile per il **riscaldamento** o la preparazione di **acqua calda sanitaria**.
- Processo simultaneo, non è possibile scindere la produzione elettrica e quella termica: **è sempre necessario avere un fabbisogno termico**.
- **Impianto complesso e costoso** che ha senso solo quando ci sia un fabbisogno termico di base per tutto l'anno (piscine, ospedali, centri sportivi, ecc).
- Può essere accoppiato ad una pompa di calore ad assorbimento per la produzione di energia frigorifera: **trigenerazione**.



# Focus sui generatori

## TRIGENERAZIONE (CHCP)

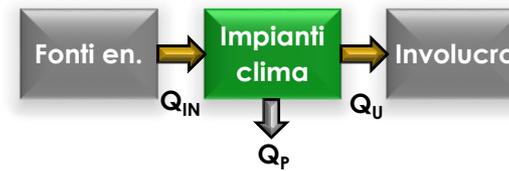
- Produzione combinata di energia elettrica, termica e frigorifera.



### CARATTERISTICHE

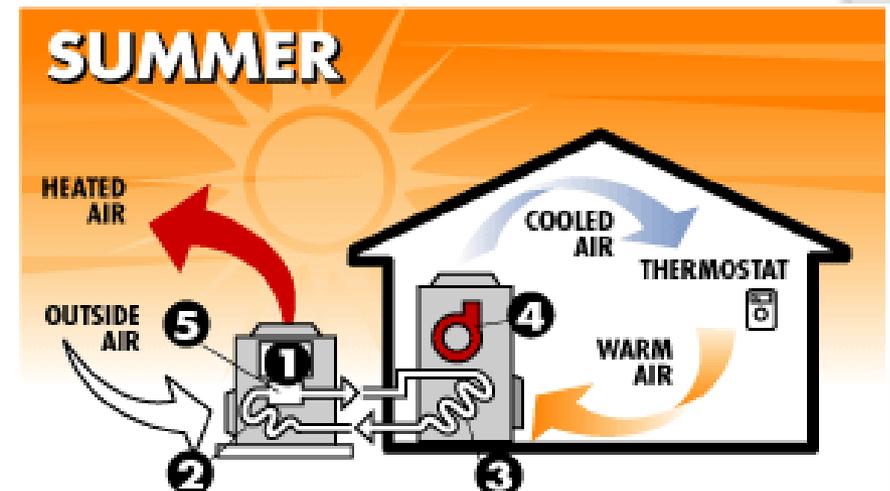
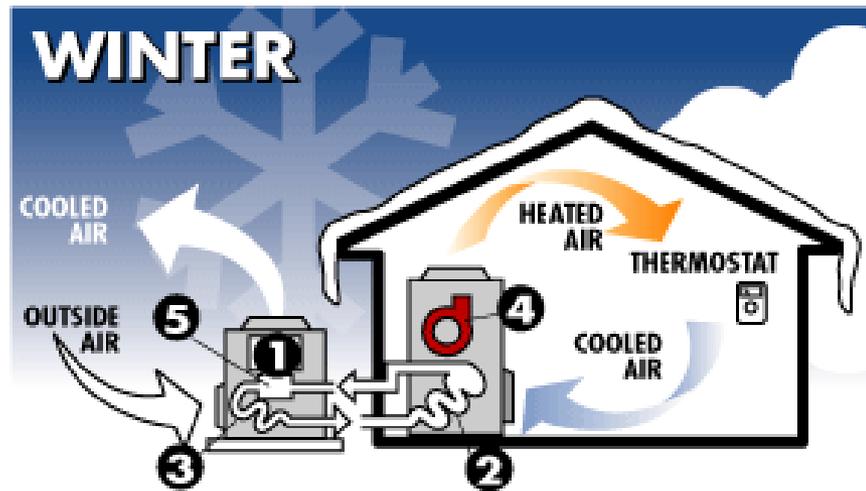
- Il cogeneratore può essere accoppiato ad una pompa di calore ad assorbimento per produrre energia frigorifera utilizzando per esempio il calore estivo altrimenti inutilizzabile.
- Il COP dell'assorbitore sull'energia termica non è molto elevato (da 0.5 a 1.2).
- Sistema molto complesso e costoso, di difficile esercizio.

## Focus sui generatori



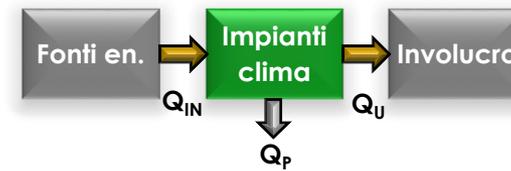
### POMPA DI CALORE AEROTERMICA

- Produzione di energia termica o frigorifera mediante trasporto (pompaggio) dell'**energia aerotermica**.
- La pompa di calore è una **macchina (quasi) reversibile** in grado di funzionare in **due modalità**:
  - **Riscaldamento**: in inverno sottrae calore all'aria esterna per cederlo a quella interna.
  - **Raffrescamento**: in estate sottrae calore all'aria interna per cederlo a quella esterna.



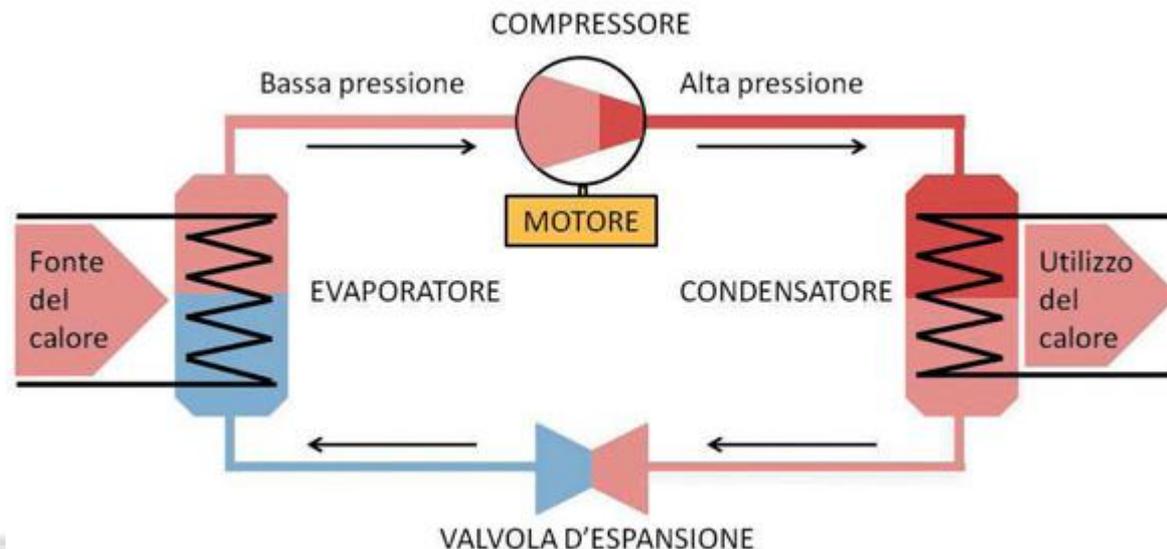
- "Quasi" reversibile poiché il **pompaggio di calore richiede energia elettrica** ed è soggetto alle irreversibilità viste col 2° principio della termodinamica.

# Focus sui generatori

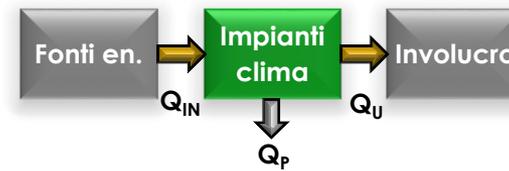


## POMPA DI CALORE AEROTERMICA

- Il **principio di funzionamento** si basa sul fatto che **comprimendo un gas questo tende a scaldarsi ed espandendolo a raffreddarsi. Descrizione del funzionamento** (ved. figura):
  - Il **compressore** comprime il gas refrigerante presente nella tubazione e lo porta ad una pressione e temperatura elevata ( $T = 40\div 50^{\circ}\text{C}$ ).
  - Il gas caldo entra nel **condensatore** dove cede calore all'aria che vi transita. In inverno si tratta dall'aria interna (ed è calore utile), d'estate si tratta dell'aria esterna (ed è calore di scarto). Si chiama condensatore perché raffreddandosi il gas condensa e diventa un liquido.
  - Il liquido ad alta pressione passa attraverso la **valvola di espansione** (o laminazione) che ne riduce la pressione e la temperatura ( $T = -10\div 10^{\circ}\text{C}$ ).
  - Il liquido freddo entra nell'**evaporatore** dove assorbe calore dall'aria che vi transita. In inverno si tratta dell'aria esterna (ed è refrigerazione di scarto), d'estate dell'aria interna (ed è refrigerazione utile). Si chiama evaporatore perché riscaldandosi il liquido evapora e torna gas. Poi il ciclo si ripete.



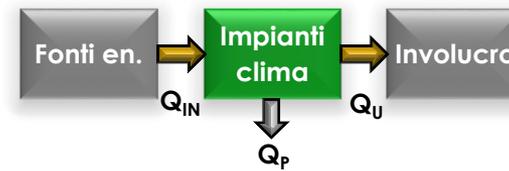
## Focus sui generatori



### POMPA DI CALORE AEROTERMICA

- La pompa di calore è **sempre composta da due unità: una interna ed una esterna che svolgono alternativamente le funzioni di condensatore ed evaporatore** nelle diverse stagioni. Il compressore è sempre posizionato nell'unità esterna (perché fa rumore).
- Le pompe di calore possono **scambiare calore non solo con l'aria**, ma anche con l'acqua. Si definiscono quindi **4 tipi di pompe di calore**:
  - **Aria/Aria**: unità esterna (UE) ed interna (UI) scambiano calore con l'aria (es. sistema split dei condizionatori di casa);
  - **Aria/Acqua**: UE scambia con aria e UI con acqua (es. riscaldamento a pavimento);
  - **Acqua/Aria**: UE scambia con acqua e UI con aria (es. pompa di calore geotermica);
  - **Acqua/Acqua**: UE e UI scambiano con l'acqua (es. pompa geotermica con riscaldamento a pavimento).

## Focus sui generatori



### POMPA DI CALORE AEROTERMICA

- Da un punto di vista energetico **il sistema è molto efficiente** perché non produce calore (come una caldaia) ma semplicemente **sposta dentro o fuori il calore già presente nell'aria** che viene chiamato: **energia aerotermica** (100% rinnovabile). Lo spostamento di calore **richiede comunque l'energia elettrica necessaria a muovere il compressore.**
- L'**efficienza** di una pompa di calore si calcola come segue:

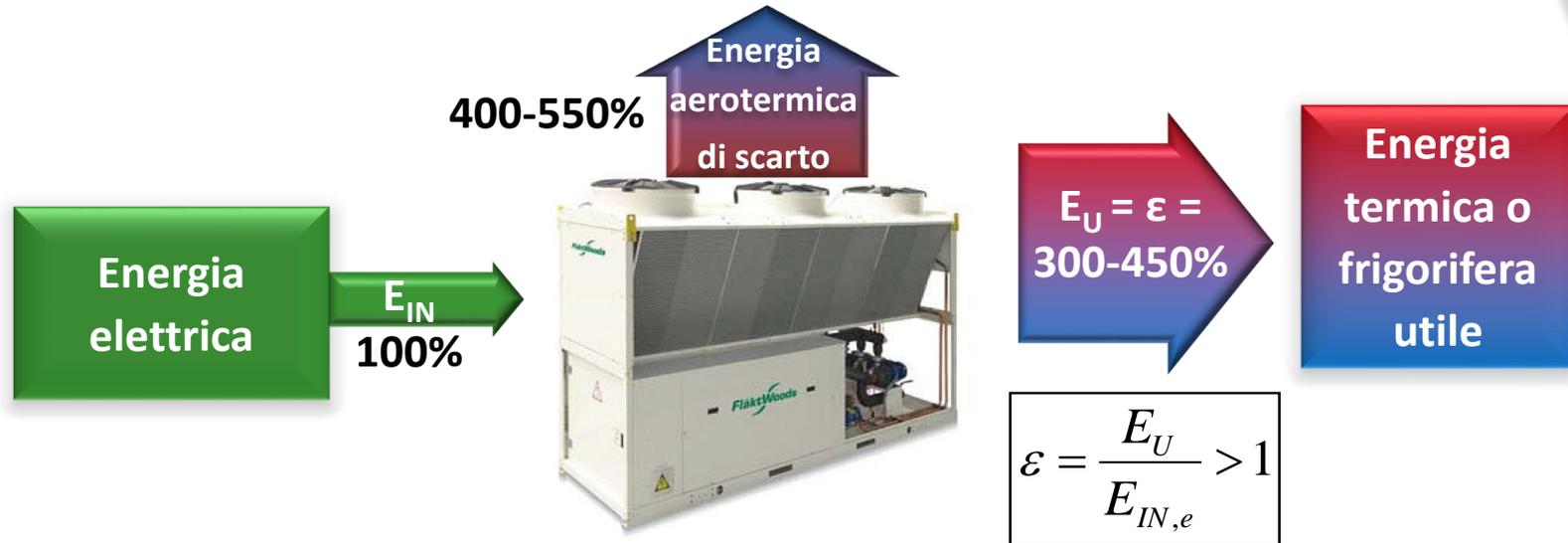
$$\text{efficienza} = \varepsilon = \frac{E_U}{E_{IN,e}} = \frac{\text{Calore spostato}}{\text{En. El. compressore}}$$

- L'efficienza così definita **può essere >1** senza violare i principi della termodinamica (**valori tipici = 3÷4**) perché nella  $E_{IN}$  non viene considerata l'energia aerotermica entrante (visto che è gratis).
- Nella pratica l'**efficienza invernale viene chiamata COP** (*Coefficient Of Performance*), **quella estiva EER** (*Energy Efficiency Ratio*). Se si tratta di valori medi stagionali si aggiunge la 'S' davanti (SCOP, SEER).

## Focus sui generatori

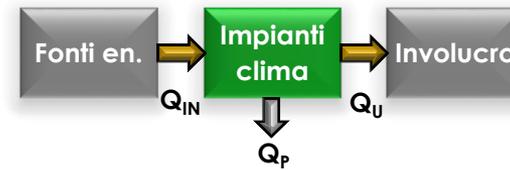
### POMPA DI CALORE AEROTERMICA

- Quadro riepilogativo.

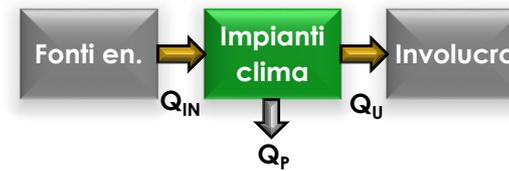


### ULTIME CONSIDERAZIONI

- L'efficienza decade all'aumentare della differenza di temperatura interno-esterno: funziona bene nei **climi temperati** dove l'aria esterna non raggiunge temperature estreme.
- Non è possibile produrre aria a temperature molto basse/alte a meno di non utilizzare macchine specifiche.
- Sistema pratico e abbastanza economico.



## Focus sui generatori



### POMPA DI CALORE GEOTERMICA

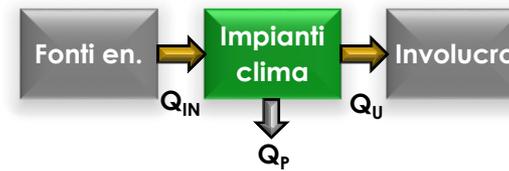
- Produzione di energia termica o frigorifera mediante trasporto dell'energia geotermica.



### CARATTERISTICHE

- Apparecchio del tutto simile ad una pompa di calore aerotermica ma con **scambio di calore verso il terreno anziché verso l'aria esterna** (acqua/aria o acqua/acqua).
- **Le efficienze stagionali sono mediamente più alte** perché il terreno profondo si mantiene stabilmente ad una temperatura di circa 10°C, evitando il decadimento di rendimento dovuto a temperature invernali molto basse e a temperature estive molto alte.
- **Sistemi costosi, non sempre affidabili** (a causa delle perforazioni necessarie per le sonde geotermiche), e **non sempre convenienti per climi mediterranei**.

## Focus sui generatori



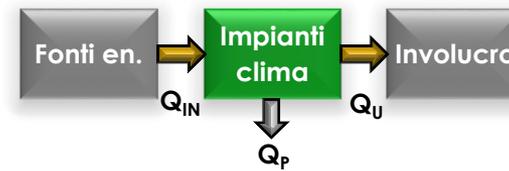
### POMPA DI CALORE A RECUPERO

- Tutte le pompe di calore aerotermiche:
  - **in inverno** producono una **refrigerazione di scarto** dell'aria esterna;
  - **in estate** producono un **riscaldamento di scarto** dell'arie esterna.
- ..e se questi scarti fossero utili?
- **La refrigerazione invernale** potrebbe essere utile per raffrescare qualcosa (es. raffreddamento di qualche locale particolare o processo industriale). Poco utilizzata.
- **Il riscaldamento estivo** può essere sicuramente utile (es. preparazione di acqua calda sanitaria, trattamento dell'aria, processi industriali, ecc).
- **Le pompe di calore a recupero sono in grado di recuperare l'energia di scarto.** Ciò rende il sistema estremamente efficiente.

$$\text{efficienza} = \varepsilon = \frac{E_{U,hot} + E_{U,cold}}{E_{IN,e}} \cong \frac{2 \times \text{Calore spostato}}{\text{En. El. compressore}}$$

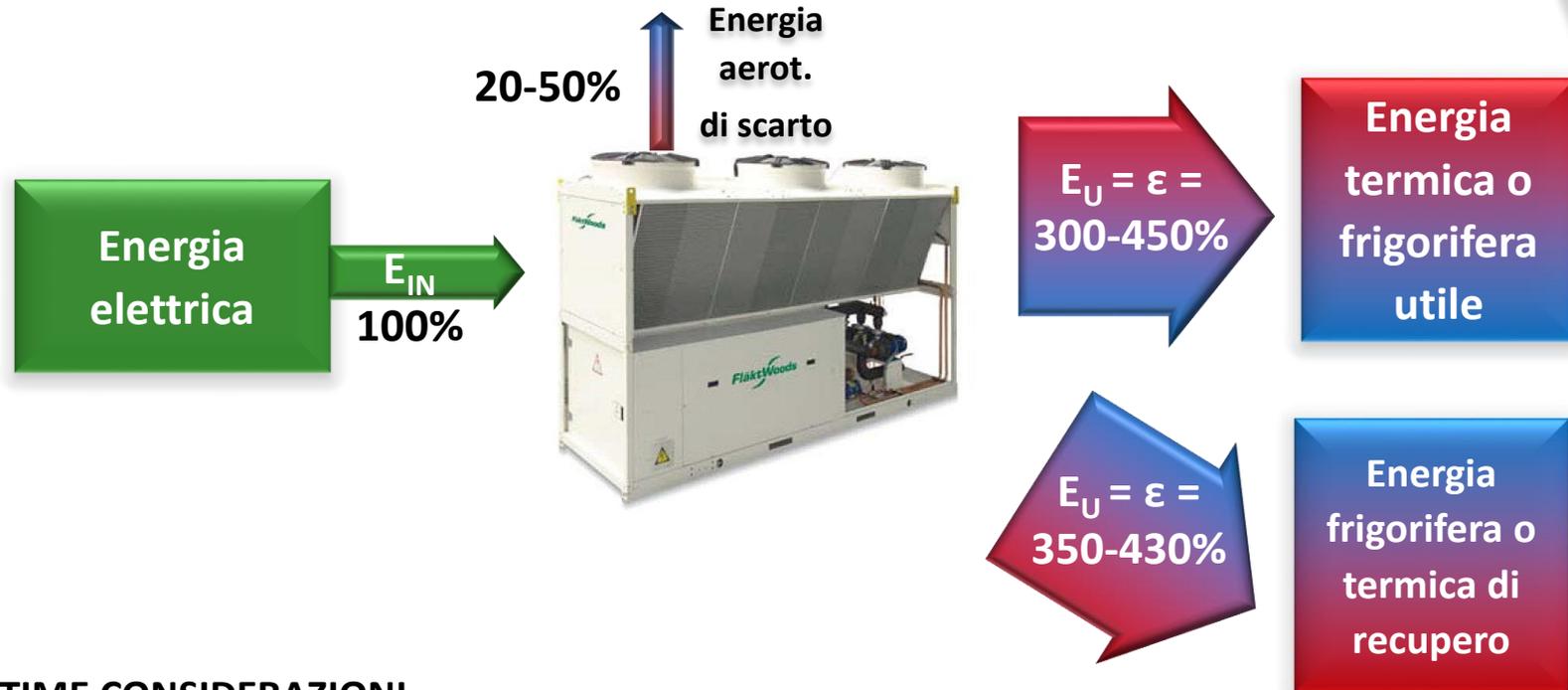
- In questo modo l'**efficienza** può arrivare a valori di **6÷8**.
- **NOTA BENE: l'utilizzo dello scarto deve essere contemporaneo** a quello dell'effetto utile principale!

## Focus sui generatori



### POMPA DI CALORE A RECUPERO

- Pompa di calore con recupero dell'energia di scarto.



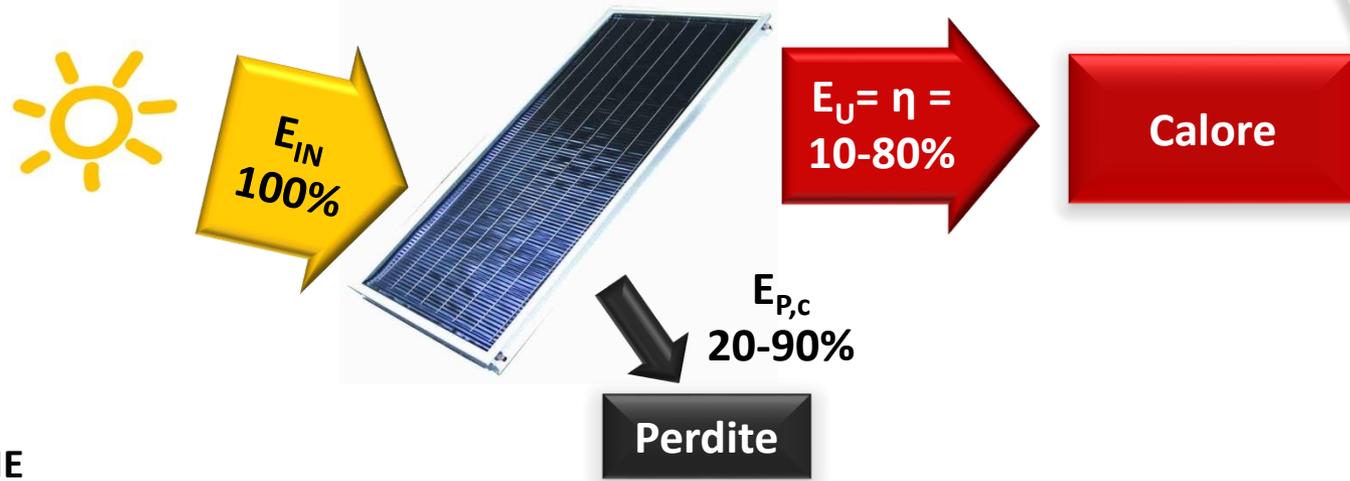
### ULTIME CONSIDERAZIONI

- Valgono le stesse considerazioni delle pompe di calore generiche.
- Esistono versioni anche di tipo geotermico a recupero.

# Focus sui generatori

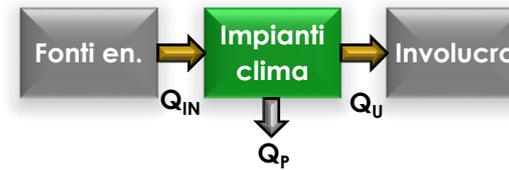
## SOLARE TERMICO

- Produzione di calore mediante collettori (pannelli) solari termici.



## CARATTERISTICHE

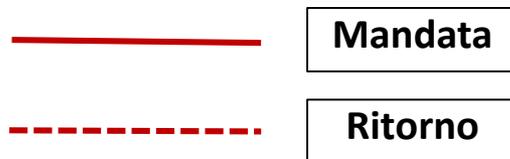
- Produzione da energia **100% rinnovabile**.
- Produzione di calore **anche ad alte temperature per acqua calda sanitaria**.
- **La produzione invernale è di 10-15 volte inferiore a quella estiva** a causa sia del minore irraggiamento che delle maggiori perdite di energia. Quindi c'è meno produzione proprio quando serve di più e troppa quando serve di meno.
- **Realmente utilizzabile solo per ACS, non per riscaldamento**.
- Fonte **imprevedibile**, va sempre integrata con un altro impianto di supporto.
- Per utilizzare l'esubero di energia termica estiva può essere accoppiato ad un assorbitore analogamente alla trigenerazione (tecnologia **solar-cooling**).



# Configurazioni d'impianto

## INTRODUZIONE ALLE CONFIGURAZIONI

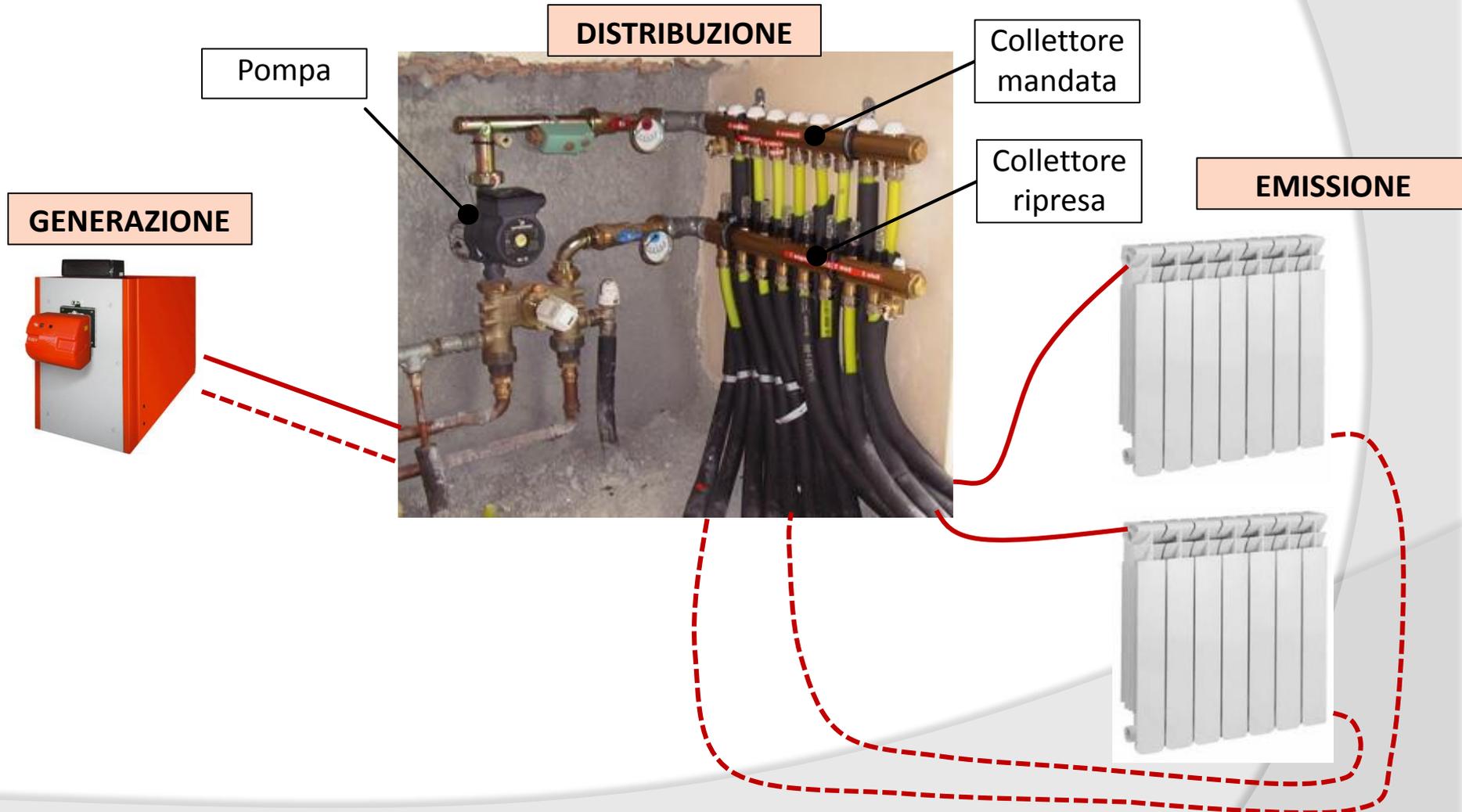
- Per realizzare un **impianto di climatizzazione** occorre **collegare opportunamente i singoli sottosistemi** studiati finora.
- Si riportano alcune **configurazioni tipiche** per gli impianti più comuni.
- Le linee colorate che uniscono i vari elementi sono costituite da tubazioni o canalizzazioni e sono disegnate in modo continuo per le mandate e in modo tratteggiato per i ritorni.



# Alcune configurazioni d'impianto

## RISCALDAMENTO A CALDAIA PER ABITAZIONE

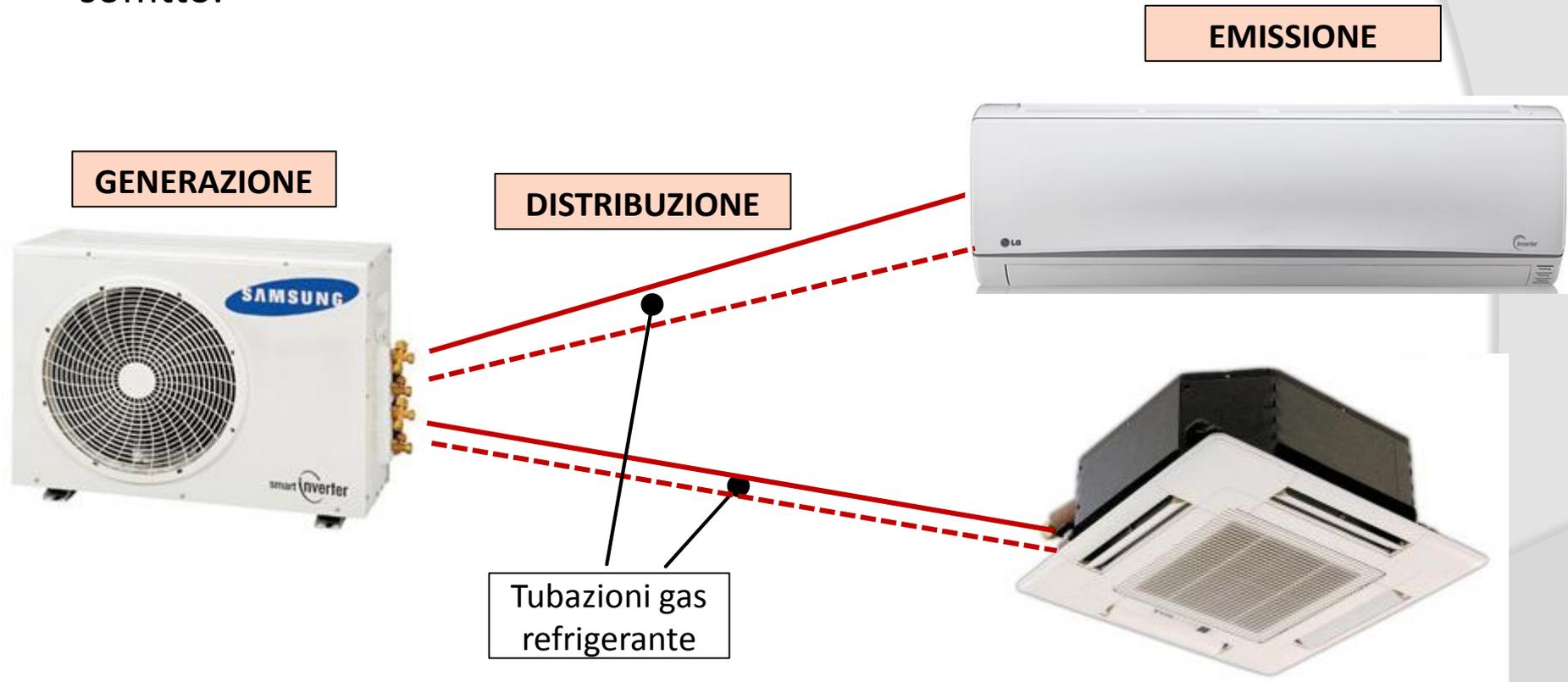
- Impianto di riscaldamento per abitazione singola con **caldaia e radiatori**.



## Alcune configurazioni d'impianto

### CONDIZIONAMENTO A POMPA DI CALORE ARIA/ARIA PER ABITAZIONE

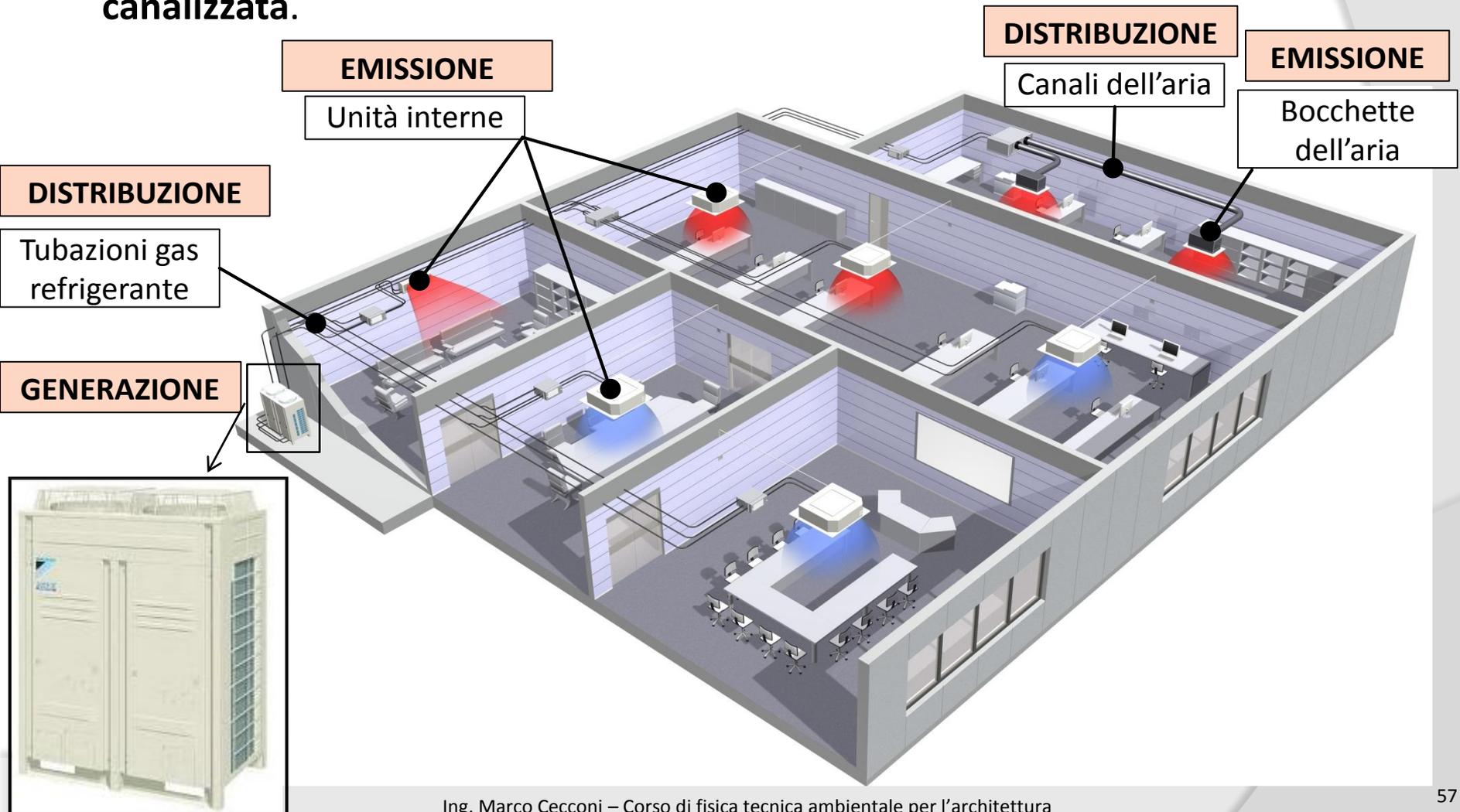
- Impianto di condizionamento costituito da una **pompa di calore aria/aria a espansione diretta tipo *multi-split*** con una unità interna a parete e una a soffitto.



## Alcune configurazioni d'impianto

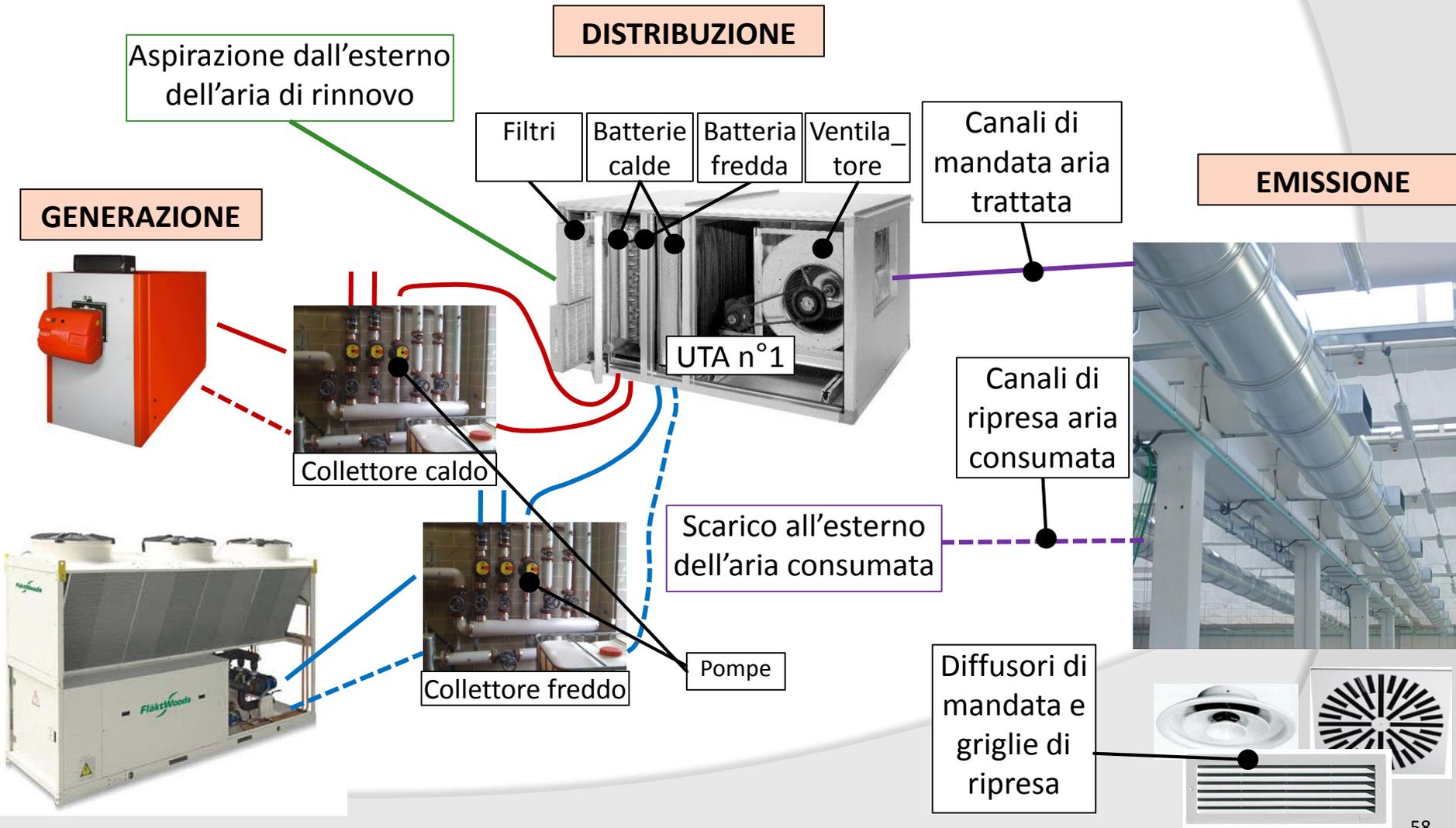
### CONDIZIONAMENTO A POMPA DI CALORE ARIA/ARIA PER TERZIARIO

- Impianto di condizionamento costituito da una **pompa di calore aria/aria** a espansione diretta e una serie di unità interne, tra cui una **sezione canalizzata**.



# Alcune configurazioni d'impianto

**CLIMATIZZAZIONE A TUTT'ARIA CON CALDAIA A CONDENSAZIONE E GRUPPO FRIGO IDRONICO (aria/acqua) senza recupero di calore.**



## Alcune configurazioni d'impianto

### UTA

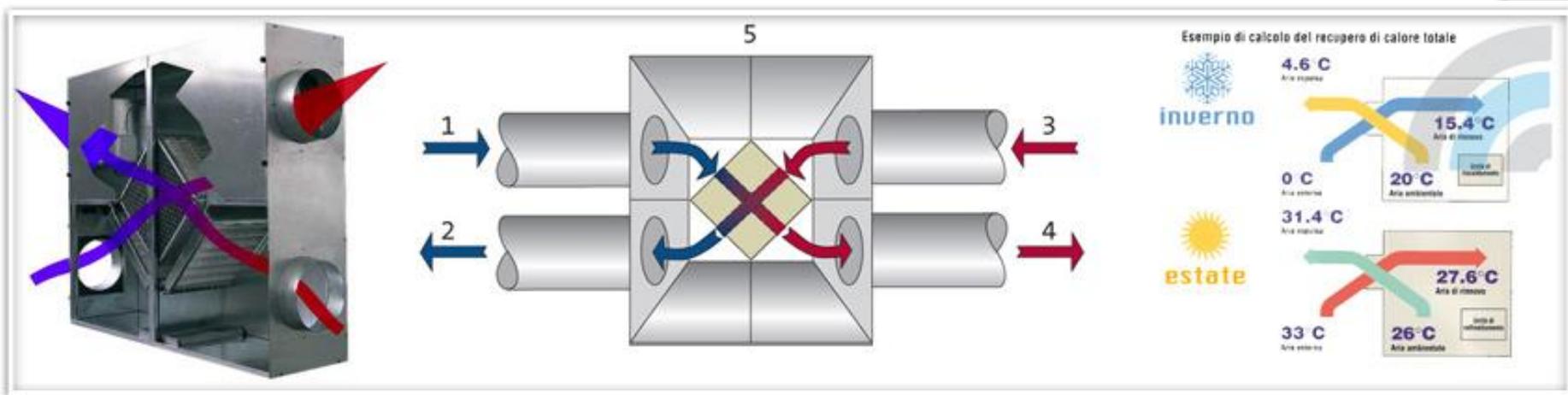
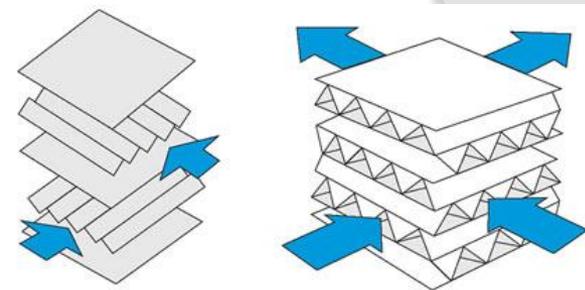
- L'**UTA** (**Unità di Trattamento Aria**) è una macchina che **serve per trattare opportunamente l'aria esterna** (riscaldamento, raffrescamento, umidificazione, deumidificazione) **ed immetterla in ambiente** al fine di mantenere la giusta **qualità dell'aria** ed il giusto **comfort termo-igrometrico** (temperatura e umidità).
- Nelle versioni più semplici è essenzialmente composta da **un canale dove l'aria viene spinta da un ventilatore e attraversa dei filtri e una serie di batterie che la riscaldano/raffreddano** fino al punto voluto.
- Si vedrà molto meglio al corso di "impianto tecnici".



## Alcune configurazioni d'impianto

### RECUPERO DI CALORE NELLA VENTILAZIONE

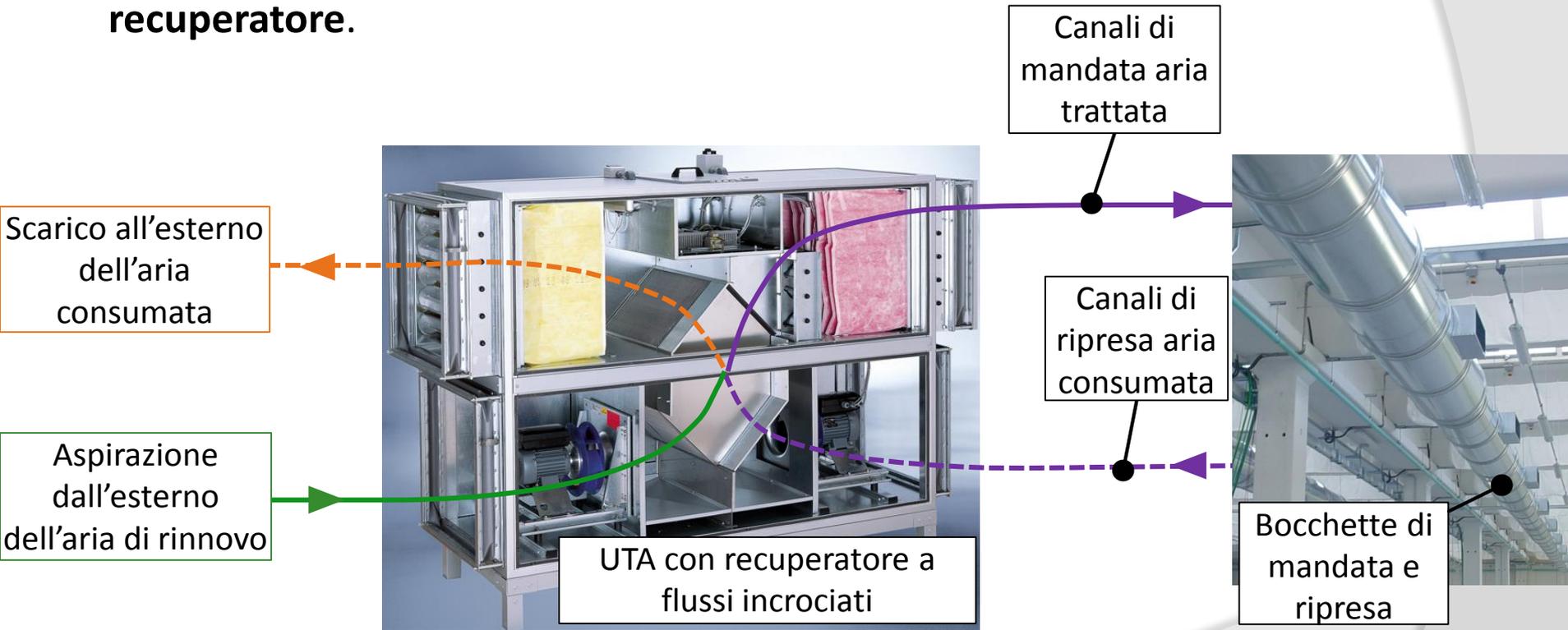
- In presenza di ventilazione meccanica è possibile recuperare il calore dell'aria di scarto cedendola a quella di rinnovo proveniente dall'esterno.
- Il recupero avviene in uno **scambiatore di calore** in cui l'aria esterna e l'aria interna passano molto vicine e si scambiano calore senza però mescolarsi.
- E' possibile recuperare **fino all'80%** del calore che altrimenti andrebbe perso in atmosfera.



## Alcune configurazioni d'impianto

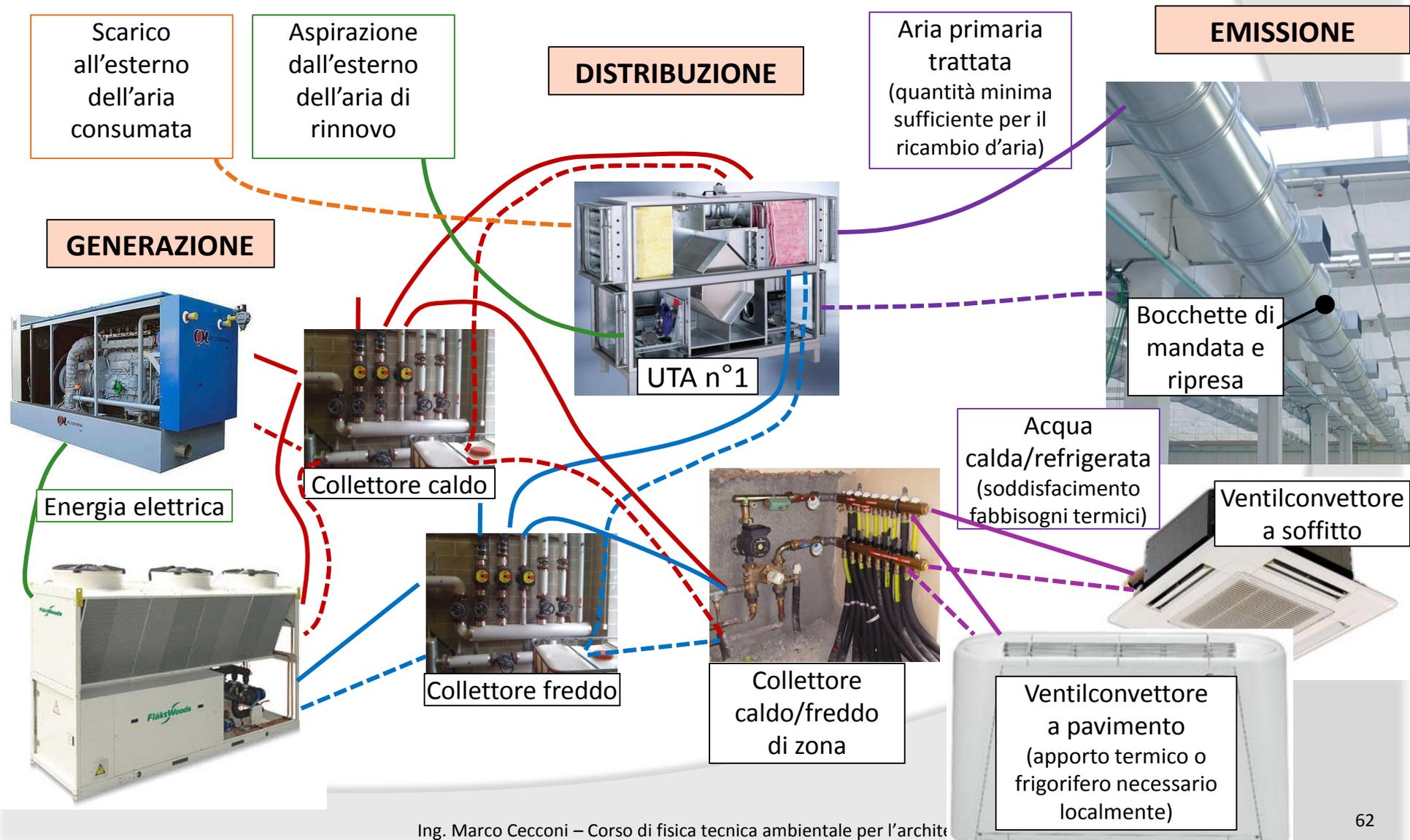
### RECUPERO DI CALORE NELLA VENTILAZIONE

- Per gli impianti in cui sono presenti **UTA (Unità di Trattamento Aria)**, queste possono essere **integrate con recuperatori** (non sempre su impianti esistenti) oppure possono essere sostituite con **UTA già fornite di recuperatore**.



# Alcune configurazioni d'impianto

## CLIMATIZZAZIONE AD ARIA PRIMARIA E VENTILCONVETTORI CON POMPA DI CALORE E COGENERATORE, con recupero di calore dalla ventilazione



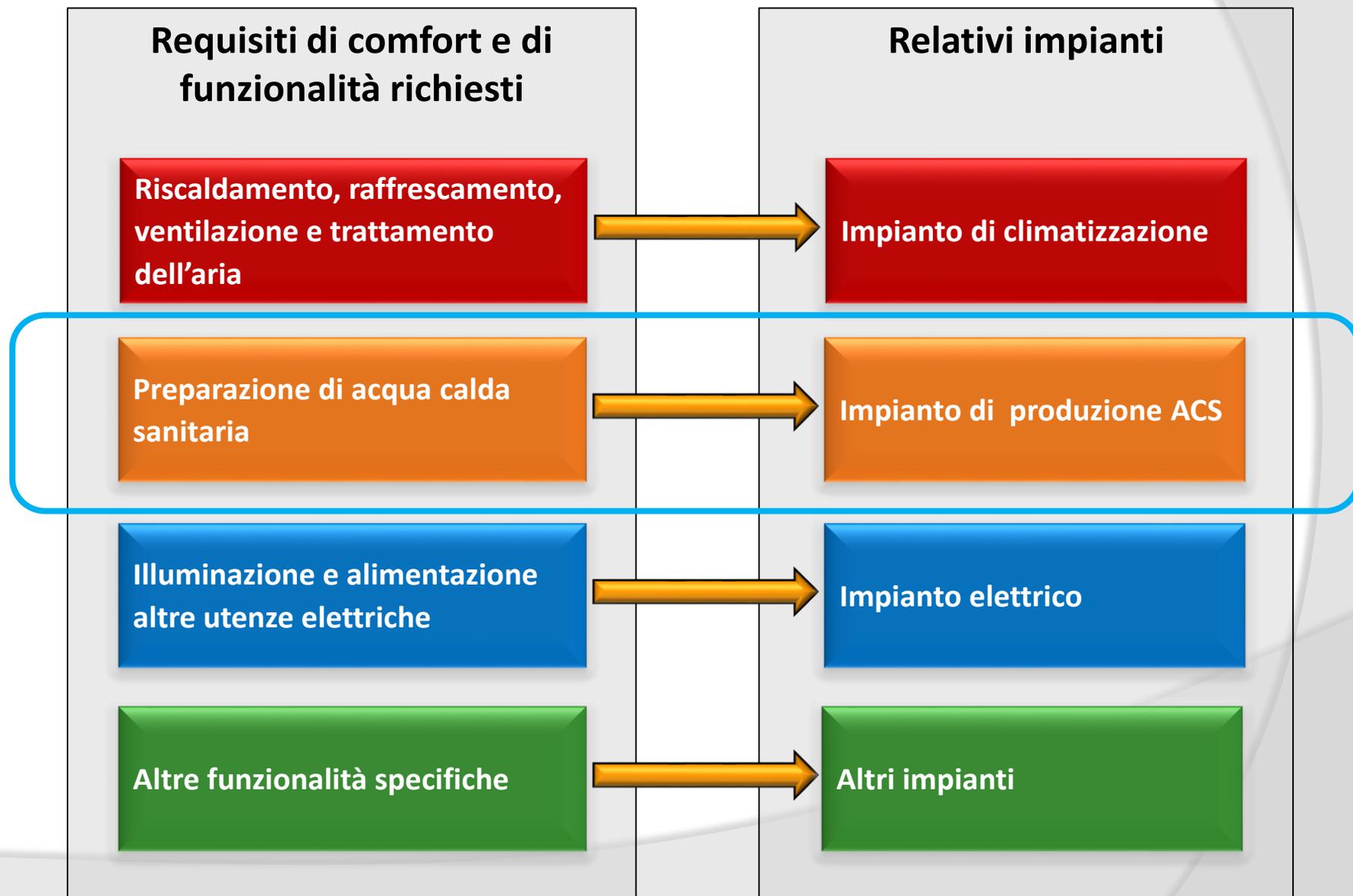
# 12.3

## Impianti di preparazione di acqua calda sanitaria (ACS)

- **Impianti di preparazione ACS** ..... 63
  - Configurazione ..... 65
  - Fabbisogni di acqua calda sanitaria ..... 67
  - Caratteristiche e rendimento ..... 69
  - Sottosistema di erogazione ..... 71
  - Sottosistema di accumulo ..... 72
  - Sottosistema di generazione ..... 73

# Sistema edificio-impianto per preparazione ACS

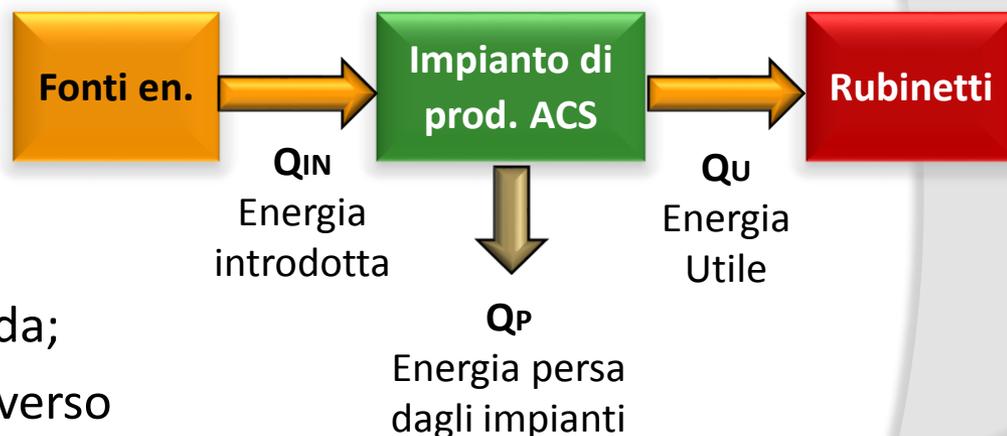
## REQUISITI E TECNOLOGIE



# Sistema edificio-impianto per preparazione ACS

## CONFIGURAZIONE

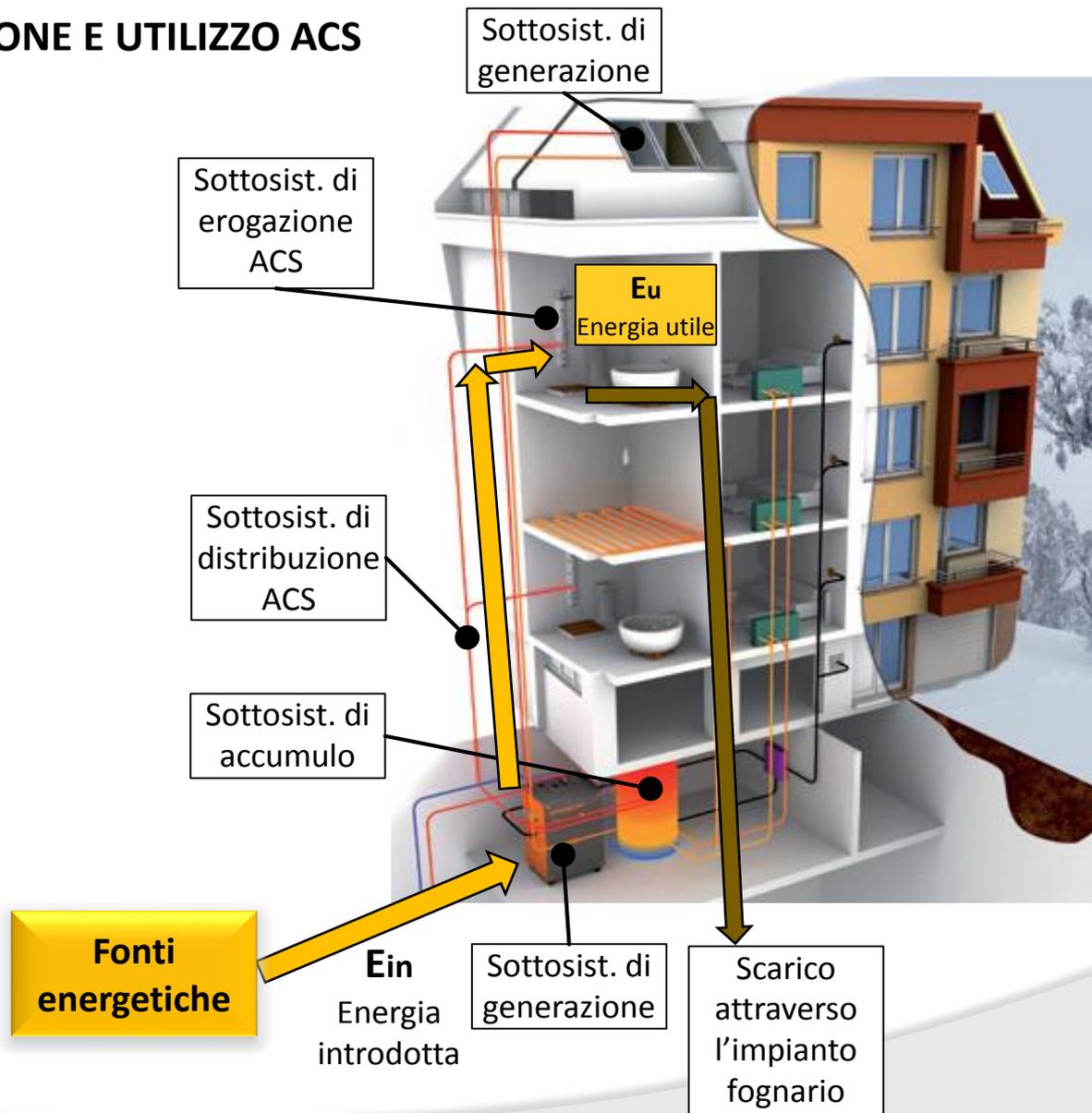
- La configurazione generale di un sistema energetico può essere adattata al caso specifico della **preparazione di acqua calda sanitaria (ACS)**.
- Anche in questo caso, trattandosi di **energia termica**, la indichiamo con '**Q**' anziché 'E'.
- L'energia viene sempre:
  - **assorbita** dalla fonte;
  - **elaborata** dall'impianto di produzione ACS con una perdita di conversione;
  - **erogata** sotto forma di acqua calda;
  - **dissipata** gradualmente in parte verso l'ambiente in parte verso la fognatura.
- L'energia in ingresso all'impianto è maggiore di quella utile poiché occorre **compensare le perdite** degli impianti.



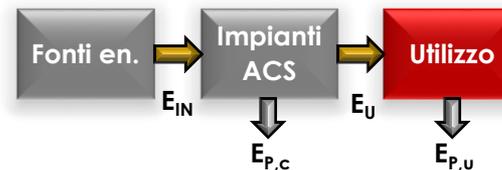
$$Q_{IN} = Q_U + Q_P$$

# Sistema edificio-impianto per preparazione ACS

## PRODUZIONE E UTILIZZO ACS



# Utilizzo di acqua calda sanitaria



## FABBISOGNI

- Per ACS si intende acqua con temperatura di almeno 40°C utilizzabile ai fini igienico/sanitari.
- Il fabbisogno dipende dagli utilizzi.
- La norma **UNI TS 11300-2:2014** indica come **valutare il fabbisogno di ACS** espresso in [litri/giorno].
- Per **edifici residenziali** il calcolo è il seguente:

$$V_w = a \cdot S_u + b$$

dove:

$a$  è un parametro in litri/(m<sup>2</sup> giorno) ricavabile dal prospetto 30;

$b$  è un parametro in litri/(giorno) ricavabile dal prospetto 30;

$S_u$  è la superficie utile dell'abitazione espressa in metri quadri.

prospetto 30

Valori dei parametri  $a$  e  $b$

Superficie utile $S_u$ [m <sup>2</sup> ]	$S_u \leq 35$	$35 < S_u \leq 50$	$50 < S_u \leq 200$	$S_u > 200$
Parametro $a$ [litri/(m <sup>2</sup> x giorno)]	0	2,667	1,067	0
Parametro $b$ [litri/giorno]	50	-43,33	36,67	250

# Utilizzo di acqua calda sanitaria

## FABBISOGNI

Per **edifici NON residenziali** il calcolo è il seguente:

$$V_w = a \cdot N_u$$

prospetto 31

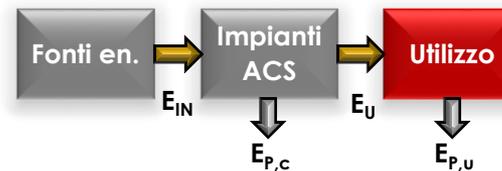
dove:

$a$  è il fabbisogno specifico giornaliero in litri/(giorno  $\times N_u$ ) ricavabile dal prospetto 31;

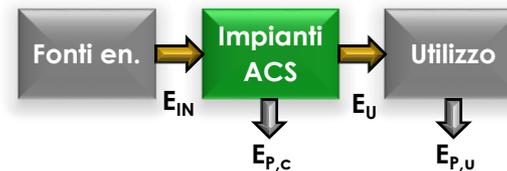
$N_u$  è un parametro variabile in funzione del tipo di edificio ricavabile dal prospetto 31.

### Valori dei parametri $a$ ed $N_u$ per gli edifici non residenziali

Tipo di Attività	$a$	$N_u$	Categoria DPR 412/93
Dormitori, Residence e B&B	40	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel fino a tre stelle	60	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel quattro stelle e oltre	80	Numero di letti	E.1 (3)
Attività ospedaliera con pernottato	80	Numero di letti	E.3
Attività ospedaliera day hospital (senza pernottato)	15	Numero di letti	E.3
Scuole e istruzione	0,2	Numero di allievi	E.7
Scuole materne e asili nido	8	Numero di bambini	E.7
Attività sportive/palestre	50	Per doccia installata	E.6 (2)
Spogliatoi di stabilimenti	10	Per doccia installata	E.6 (3)
Uffici	0,2	Sup.netta climatizzata	E.2
Esercizio Commerciale senza obbligo di servizi igienici per il pubblico	0	-	E.5
Esercizio Commerciale con obbligo di servizi igienici per il pubblico	0,2	Sup.netta climatizzata	E.5
Ristoranti – Caffetterie	65	Numero di coperti <sup>1)</sup>	E.4 (3)
Catering, self service, Bar	25	Numero di coperti <sup>1)</sup>	E.4 (3)
Servizio lavanderia	50	Numero di letti	n.d.
Centri benessere	200	Numero di ospiti	n.d.
Altro	0	-	n.d.



# Impianti di produzione ACS



## CARATTERISTICHE, FUNZIONI, PRESTAZIONI

- Gli impianti devono essere in grado di **fornire energia** nella quantità e modalità opportune **per soddisfare i fabbisogni richiesti**.
- Gli impianti vengono studiati suddividendoli in **sotto-sistemi**:
  - **Sottosistema di erogazione:**  
Comprende i sistemi terminali che erogano fisicamente l'acqua calda in ambiente (rubinetti, doccini, ecc).
  - **Sottosistema di distribuzione:**  
Comprende tutti collegamenti tra i vari sottosistemi (tubazioni dell'acqua calda, pompe ecc).
  - **Sottosistema di accumulo:**  
Comprende gli eventuali serbatoi di accumulo del fluido termovettore.
  - **Sottosistema di generazione:**  
Comprende le macchine che generano effettivamente la potenza termica mediante combustione o altri sistemi (caldaie, pompe di calore, impianti solari, cogeneratori, ecc)

# Impianti di produzione ACS

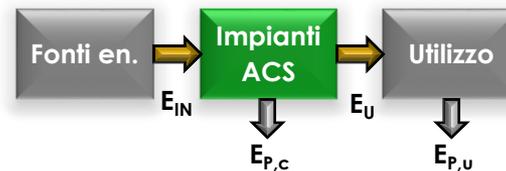
## RENDIMENTO

- Il rendimento dell'impianto di produzione ACS è funzione del rendimento dei singoli sottosistemi.

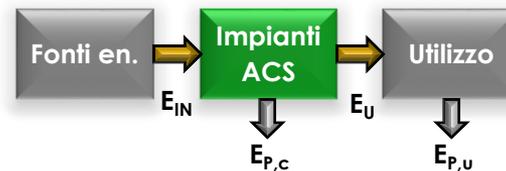


$$\eta = \frac{E_U}{E_{IN}} = \eta_g \cdot \eta_a \cdot \eta_d \cdot \eta_e$$

- Il rendimento può essere di tipo **"istantaneo"** in un dato momento oppure **medio** di un periodo (es. stagionale).
- Per avere una buona efficienza finale tutti i sottosistemi devono essere efficienti.**



# Sottosistemi degli impianti ACS



## SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE

- Comprende i **terminali** che erogano effettivamente l'ACS negli ambienti.
- Il **rendimento di emissione** è fissato dalla norma UNI TS 11300-2:2014 **sempre =1**.
- La differenza tra i terminali è soprattutto sulla quantità di acqua erogabile e non sul rendimento.



## SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE

- Comprende i **collegamenti idraulici tra i vari componenti dell'impianto**, compresi i componenti ausiliari necessari a permettere il movimento dei fluidi (pompe).
- Per impianti di dimensioni medio/grandi una parte del sistema di distribuzione potrebbe essere in comune con l'impianto di riscaldamento.
- Il **rendimento di distribuzione** si calcola in modo analogo a quanto detto per gli impianti di climatizzazione.



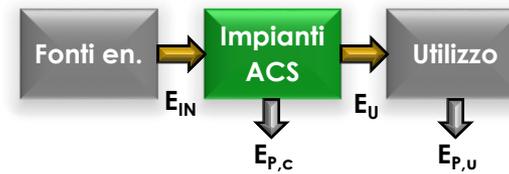
# Sottosistemi degli impianti ACS

## SOTTOSISTEMA DI **ACCUMULO**

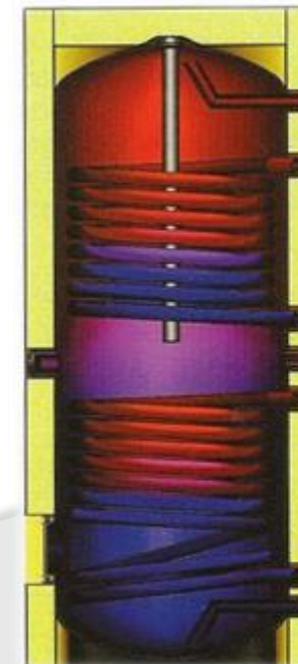
- Comprende i serbatoi nei quali viene **accumulata ACS pronta per l'utilizzo** (presenti solo su impianti di produzione non istantanea).
- Utili per differire i periodi di consumo di ACS da quelli di produzione coi seguenti **vantaggi**:
  - **Disponibilità** immediata di ACS;
  - Necessità di **generatori meno potenti**;
  - Possibilità di utilizzo di **fonti non programmabili** (es. solare termico).

Lo svantaggio è una **perdita aggiuntiva** dovuta alle dispersioni termiche degli accumuli.

- L'ACS deve essere accumulata ad una **temperatura non inferiore a 60°C per evitare la formazione di batteri**. Ciò esclude alcune tecnologie dalla produzione di ACS (es. pompe di calore standard).
- Il **rendimento di accumulo** si può calcolare con la norma **UNI TS 11300-2**.



## Impianti ACS



acqua calda  
→  
fluido dal risc. ausiliario  
←  
fluido al risc. ausiliario  
→  
fluido dal collettore solare  
←  
fluido al collettore solare  
→  
acqua fredda dalla rete  
←

# Sottosistemi degli impianti ACS

## SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE

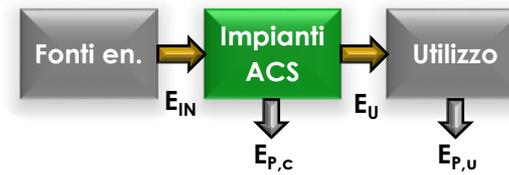
- Comprende le apparecchiature che effettivamente forniscono all'acqua l'energia termica necessaria attingendola dalle fonti.

## SPECIFICHE DEI GENERATORI ACS

- Sono validi i generatori utilizzati per la climatizzazione a patto di essere in grado di produrre acqua ad almeno 60°C.

Quindi ↓

- **Tutte le caldaie** vanno bene. Quelle a condensazione funzionano ma a rendimento simile alle caldaie tradizionali.
- Le **pompe di calore** devono essere **specifiche per ACS** (erogano a temperatura più alta e hanno rendimento inferiore a quelle standard).
- Ok anche **cogenerazione** e **solare termico**.



Impianti ACS



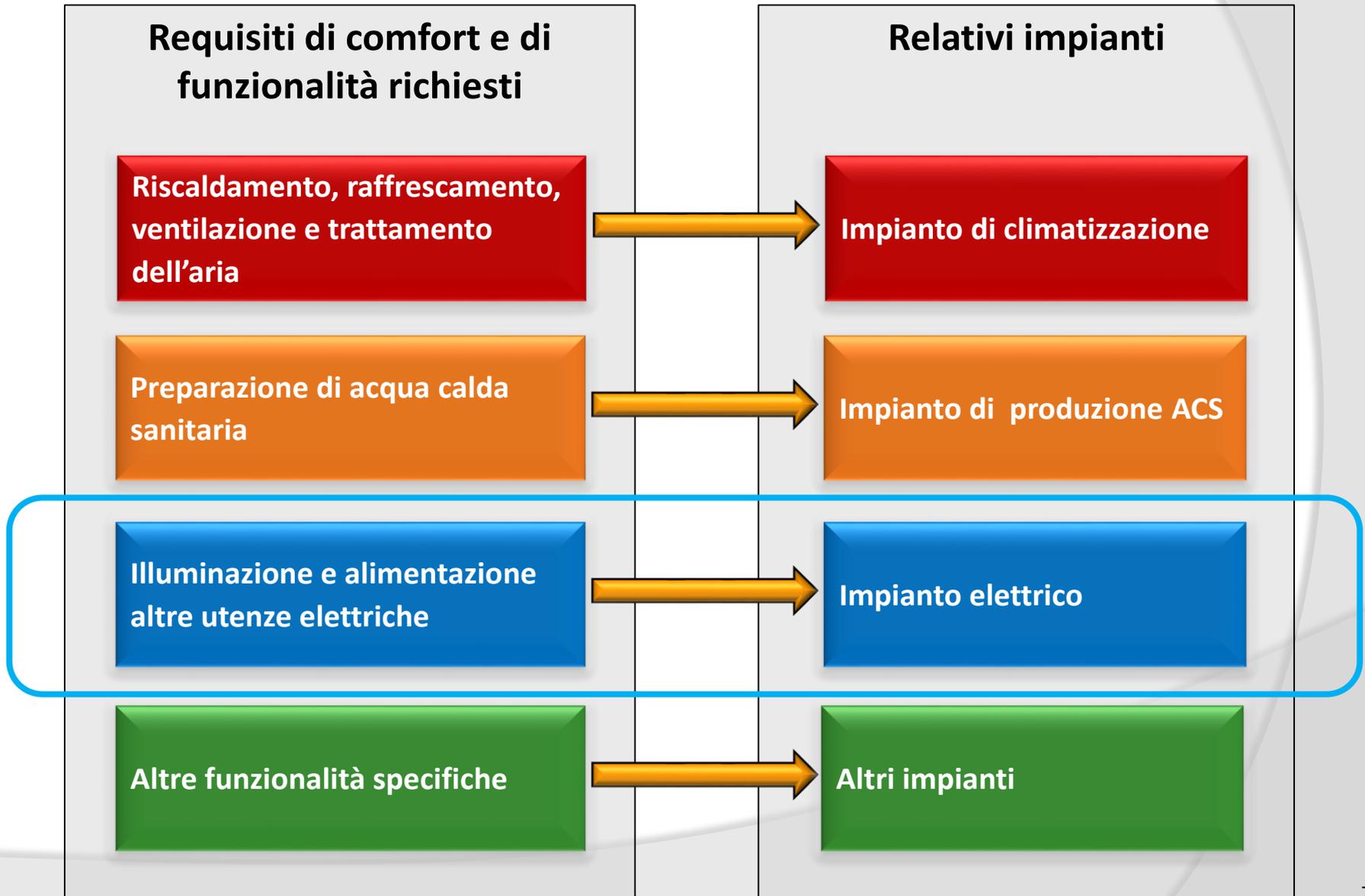
# 12.4

## Impianto elettrico

- **Impianto elettrico** ..... 74
  - Configurazione ..... 76
  - Topologia ..... 78
  - Criteri di efficienza su trasformatori, cavi e rifasamento ..... 79

# Sistema edificio-impianto elettrico

## REQUISITI E TECNOLOGIE



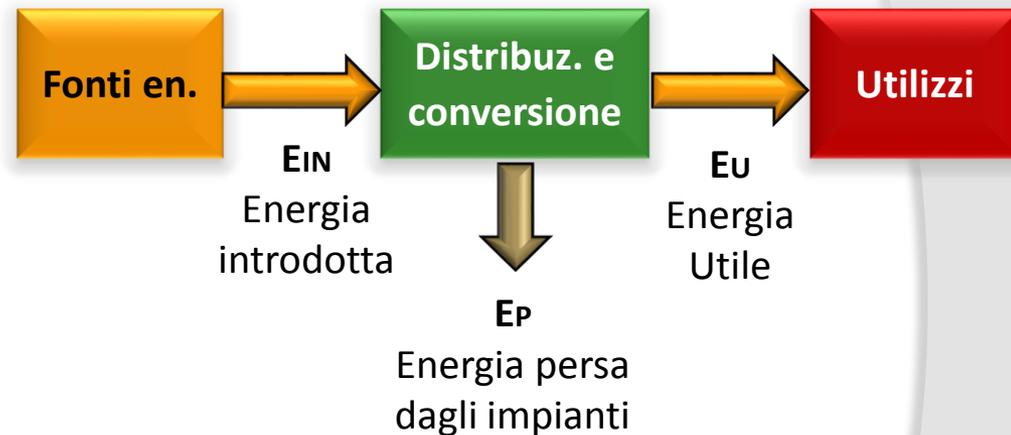
# Sistema edificio-impianto elettrico

## CONFIGURAZIONE

- La configurazione generale di un sistema energetico può essere adattata al caso specifico dell'**impianto elettrico**.

L'energia viene:

- **assorbita** dalla fonte (rete elettrica o generatori locali);
  - **distribuita** agli apparecchi utilizzatori;
  - **convertita** all'interno degli apparecchi;
  - **utilizzata** per lo scopo;
  - **dissipata** in ambiente.
- L'energia in ingresso all'impianto è maggiore di quella utile poiché occorre **compensare le perdite** degli impianti.

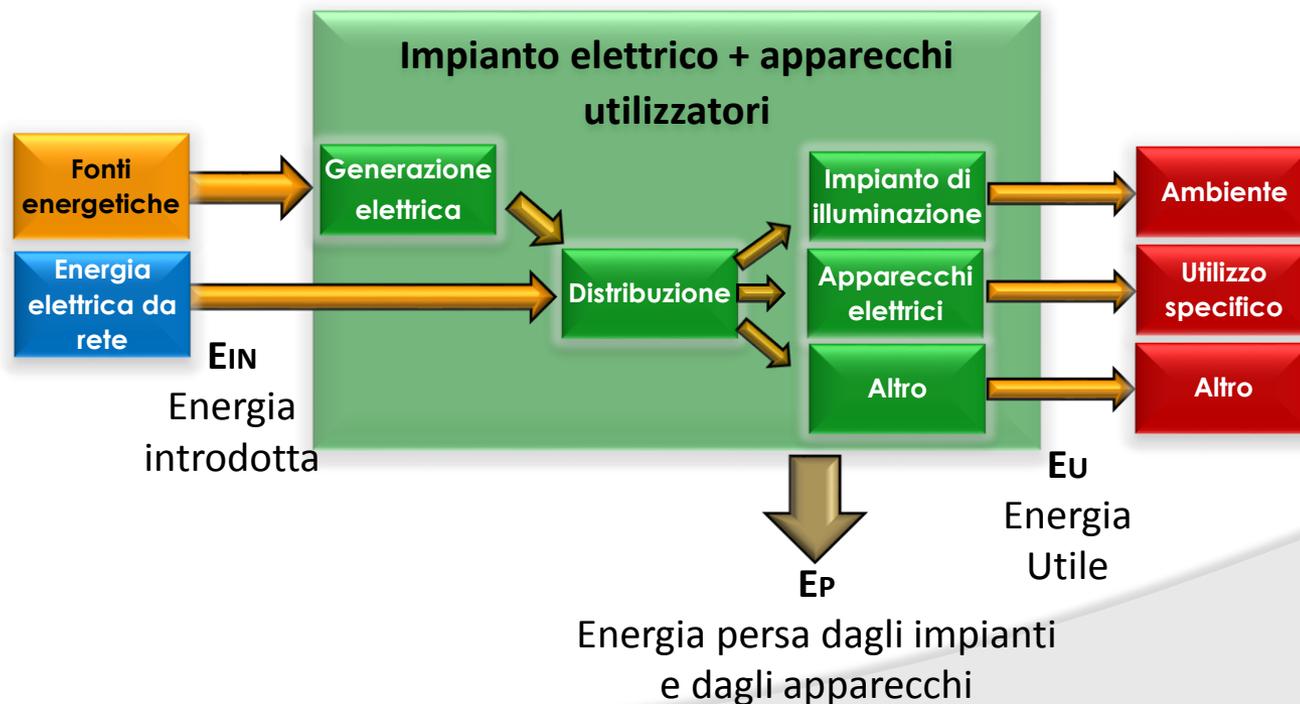


$$E_{IN} = E_U + E_P$$

# Sistema edificio-impianto elettrico

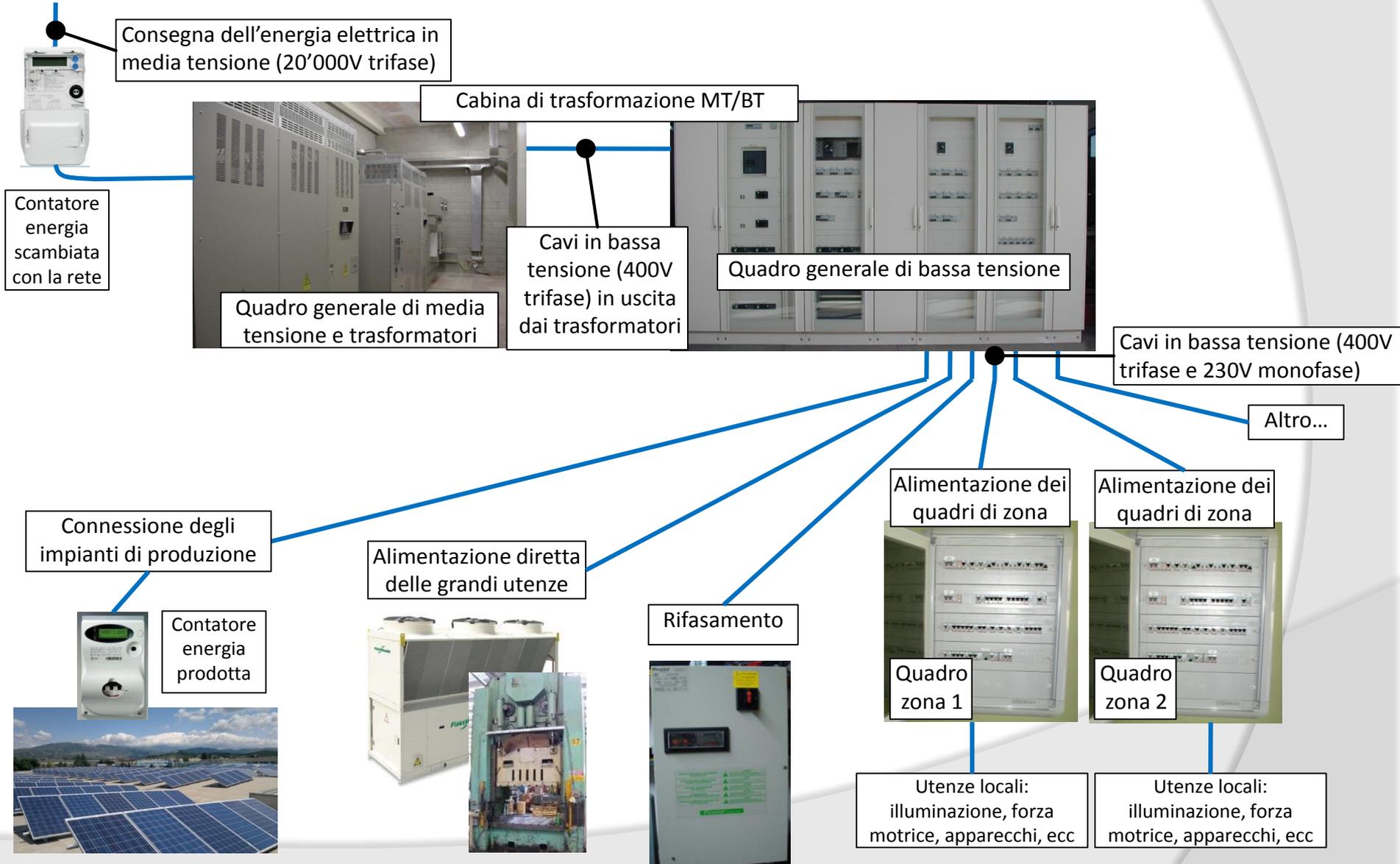
## CONFIGURAZIONE

- L'**impianto elettrico** da un punto di vista energetico è un sistema complesso che può comprendere:
  - la **generazione** di energia elettrica;
  - la **distribuzione** di energia elettrica;
  - **sotto-impianti di utilizzazione** (es. impianto di illuminazione);
  - **apparecchi elettrici** utilizzatori.



# Sistema edificio-impianto elettrico

## TOPOLOGIA DI UN IMPIANTO ELETTRICO con consegna in MEDIA TENSIONE (MT)



# Trasformazione MT/BT

## TRASFORMATORI ED EFFICIENZA

- I **trasformatori MT/BT** sono macchine in grado di abbassare la **tensione** dal valore utilizzato per il trasporto dell'energia a lunga distanza (10-20'000V trifase), ad un valore compatibile con la sicurezza (400 V trifase, 230 V monofase).
- **Efficienza dei trasformatori:**
  - Una parte dell'energia che transita nel trasformatore viene persa sotto forma termica;
  - Il **rendimento** dei trasformatori è molto alto: da 0.98 a oltre 0.99;
  - Non vi è apparentemente molta differenza tra modelli meno efficienti a modelli più efficienti (e costosi), ma l'energia che transita può essere molta e il risparmio notevole nella scelta di uno a perdite ridotte;
  - Il vantaggio aumenta se il trasformatore è **sottodimensionato**: scaldandosi di più porta ad un aumento delle perdite (+15% da 75°C a 120°C).



# Cavi di distribuzione dell'energia elettrica

## CAVI ED EFFICIENZA

- I **cavi** hanno il compito di trasportare l'energia elettrica ai vari componenti dell'impianto.
- **Efficienza dei cavi**
  - Una parte dell'energia che transita nei cavi viene persa sotto forma termica;
  - L'energia persa è inversamente proporzionale alla sezione del conduttore (cavi grandi perdono meno energia);
  - **Se l'impianto è ben progettato il rendimento dei cavi è alto: da 0.97 a 0.99**; però può succedere che i cavi siano sovraccaricati e quindi abbiano un rendimento inferiore a 0.95.
  - **Solitamente non vale la pena intervenire nella sostituzione di un cavo per cause energetiche, a meno che non sia molto sovraccaricato.**



# Rifasamento

## RIFASATORI ED ENERGIA REATTIVA

- I **rifasatori** sono apparecchi in grado di compensare la potenza reattiva assorbita dagli altri utilizzatori elettrici presenti nell'impianto.
- La **potenza reattiva**:
  - deriva dal funzionamento di alcuni apparecchi (**trasformatori, alimentatori elettronici, motori elettrici, lampade fluorescenti, ecc**);
  - è una potenza che non è in grado di produrre lavoro, si tratta di un **“palleggio” di corrente tra gli apparecchi e la rete**;
  - **normalmente è gratuita** (si paga solo l'energia attiva) però:
    - in bolletta **viene applicata una penale se è superiore** ad un certo valore;
    - comporta una extra-corrente che **aumenta le perdite sui cavi**;
  - la quota di energia reattiva **si misura mediante il fattore di potenza ( $\cos\varphi$ )**.
  - il  **$\cos\varphi$  deve essere il più possibile vicino a 1**, le penali scattano per valori inferiori a **0.95**.



# Sistema edificio-impianto di illuminazione

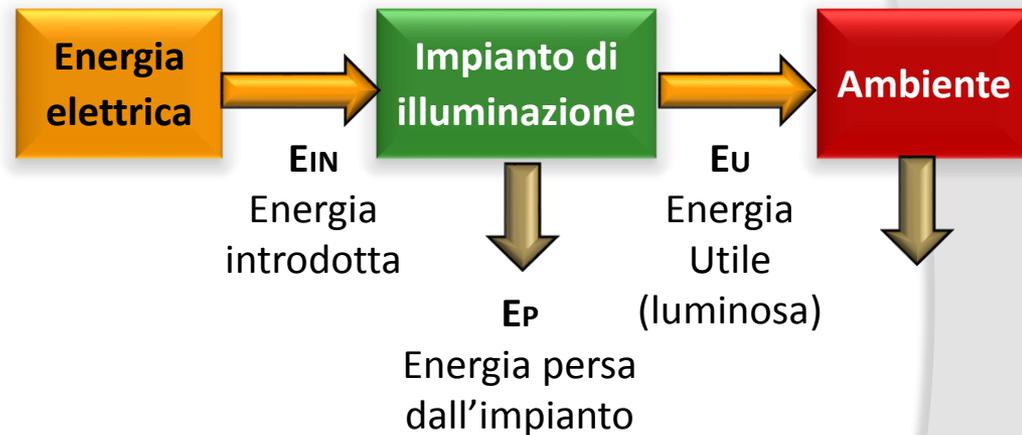
## CONFIGURAZIONE

- L'**impianto di illuminazione** è un sotto-impianto di quello elettrico e può essere schematizzato come un sistema energetico.

L'energia viene:

- **assorbita** dalla rete elettrica;
- **convertita** dai corpi illuminanti;
- **irraggiata** nella giusta direzione dagli apparecchi illuminanti;
- **dissipata** in ambiente sotto forma di calore.

L'energia in ingresso all'impianto è maggiore di quella utile poiché occorre **compensare le perdite** degli impianti.



$$E_{IN} = E_U + E_P$$

**L'impianto di illuminazione verrà trattato al corso di impianti.**

## Conclusioni e sviluppi

- Sono state **poste le basi** per comprendere il comportamento energetico degli edifici e degli impianti in esso contenuti.
- E' possibile entrare nel mondo della **certificazione energetica, dell'audit energetico** e dell'**efficientamento energetico** degli edifici con cognizione di causa.



**GRAZIE DELL' ATTEZIONE**

Ing. Marco Cecconi

[marco.cecconi@ingenergia.it](mailto:marco.cecconi@ingenergia.it)



**IngEnergia**

Condivisione della ricerca  
sull'efficienza energetica