

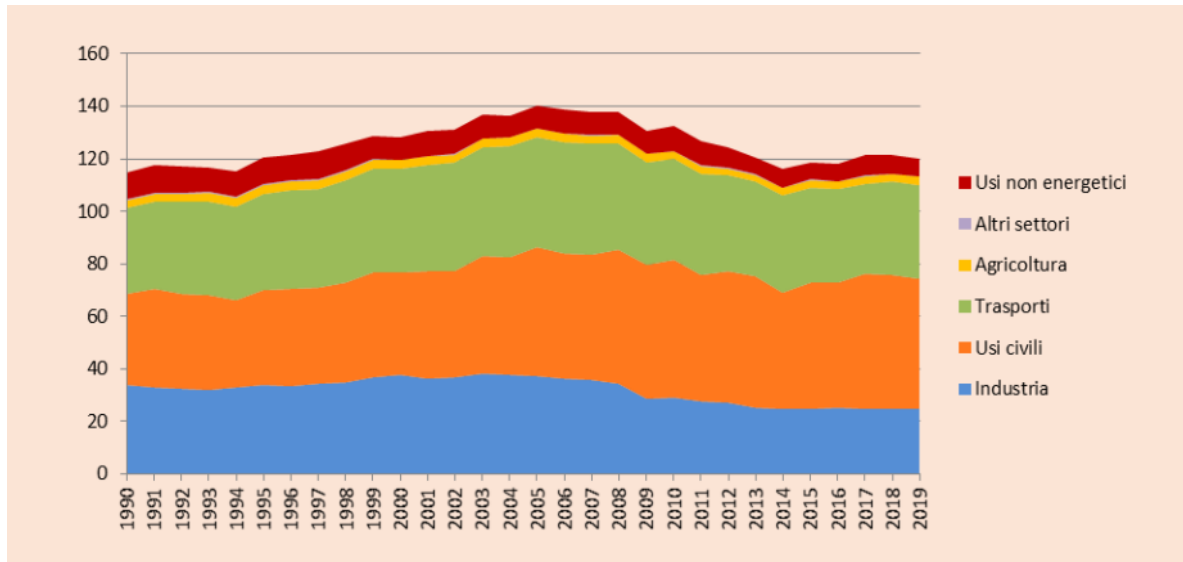
Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'energia

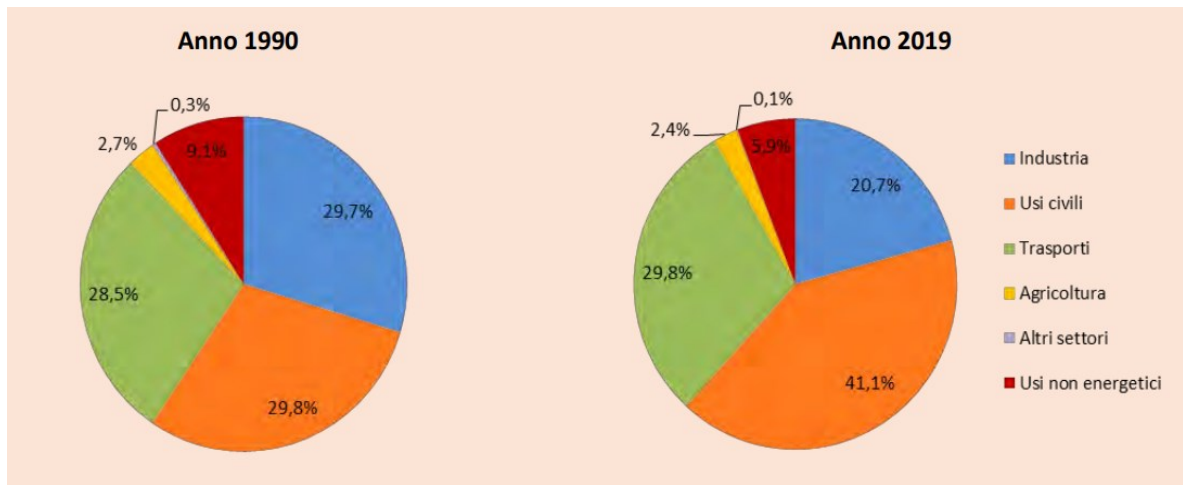
***Relazione per la prova finale  
«Prevedibile curva di domanda  
elettrica per riscaldamento con  
pompe di calore»***

Tutor universitario: Prof. Giuseppe Zollino

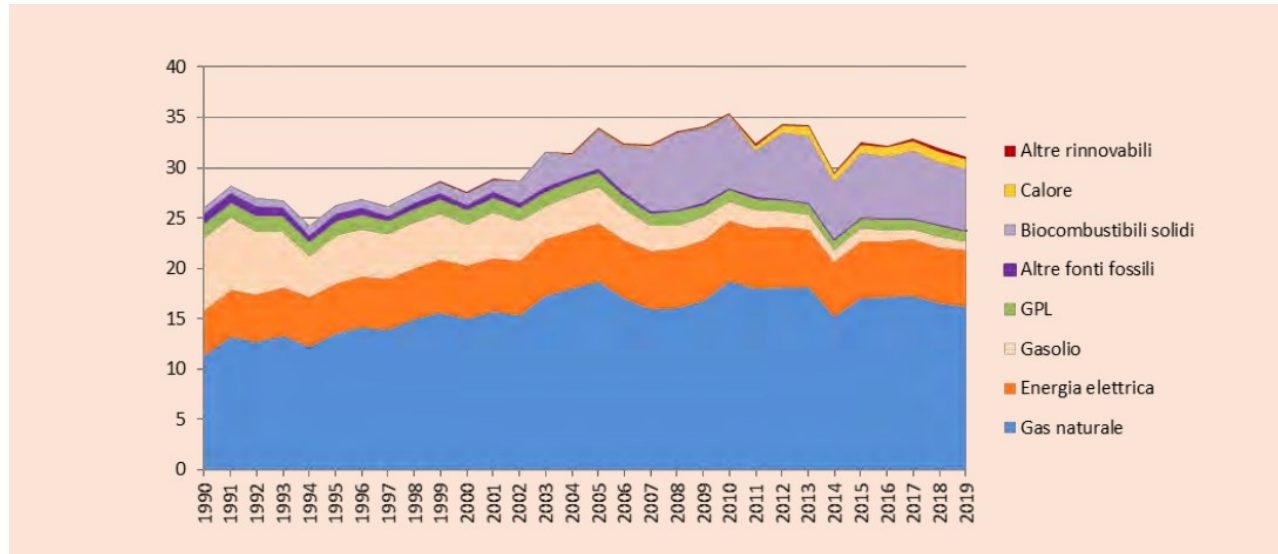
Laureando: *Alessandro Cieno*



- Fabbisogno di energia primaria 155.4 Mtep (2019)
- Consumi finali di energia 120.2 Mtep (2019)
- Usi civili (residenziale e terziario) coprono la quota maggiore con il 41.1 %



- Usi civili, quota sul totale aumentata del 10% dal 1990



- Il settore residenziale occupa il 63 % degli usi civili, con un consumo finale di energia di 31.1 Mtep (2019)
- E' inoltre responsabile del 14% delle emissioni totali di CO<sub>2</sub> in Italia
- Gas naturale combustibile con la quota maggiore (52%), ben più alta rispetto alla media europea (31.7%)

	Solid fossil fuels, peat and peat products	Natural gas	Oil and petroleum products (excluding biofuel portion)	Renewables and biofuels	Electricity	Heat
<b>EU</b>	<b>2.8</b>	<b>31.7</b>	<b>12.3</b>	<b>20.3</b>	<b>24.7</b>	<b>8.2</b>
<b>Italy</b>	0.0	52.0	6.1	20.5	18.6	2.8

Percentuale per combustibile sui consumi finali di energia EUROSTAT (2020)

	space heating	space cooling	water heating	cooking	lighting and electrical appliances	other end use
<b>EU</b>	<b>62.8</b>	<b>0.4</b>	<b>15.1</b>	<b>6.1</b>	<b>14.5</b>	<b>1.0</b>
<b>Italy</b>	65.4	0.7	12.2	6.8	13.6	1.3

Percentuale per uso finale sui consumi finali di energia EUROSTAT (2020)

	Solid fossil fuels, peat, peat products, oil shale and oil sands	Natural gas	Oil and petroleum products	Renewables and biofuels	Electricity	Heat
<b>EU</b>	<b>4.2</b>	<b>38.0</b>	<b>15.6</b>	<b>26.8</b>	<b>5.2</b>	<b>10.2</b>
<b>Italy</b>	:	59.9	6.9	28.9	0.4	3.8

Percentuale per combustibile sui consumi finali di energia per il riscaldamento EUROSTAT (2020)

- Riscaldamento e ACS rappresentano il 77.6% dei consumi di energia nel residenziale

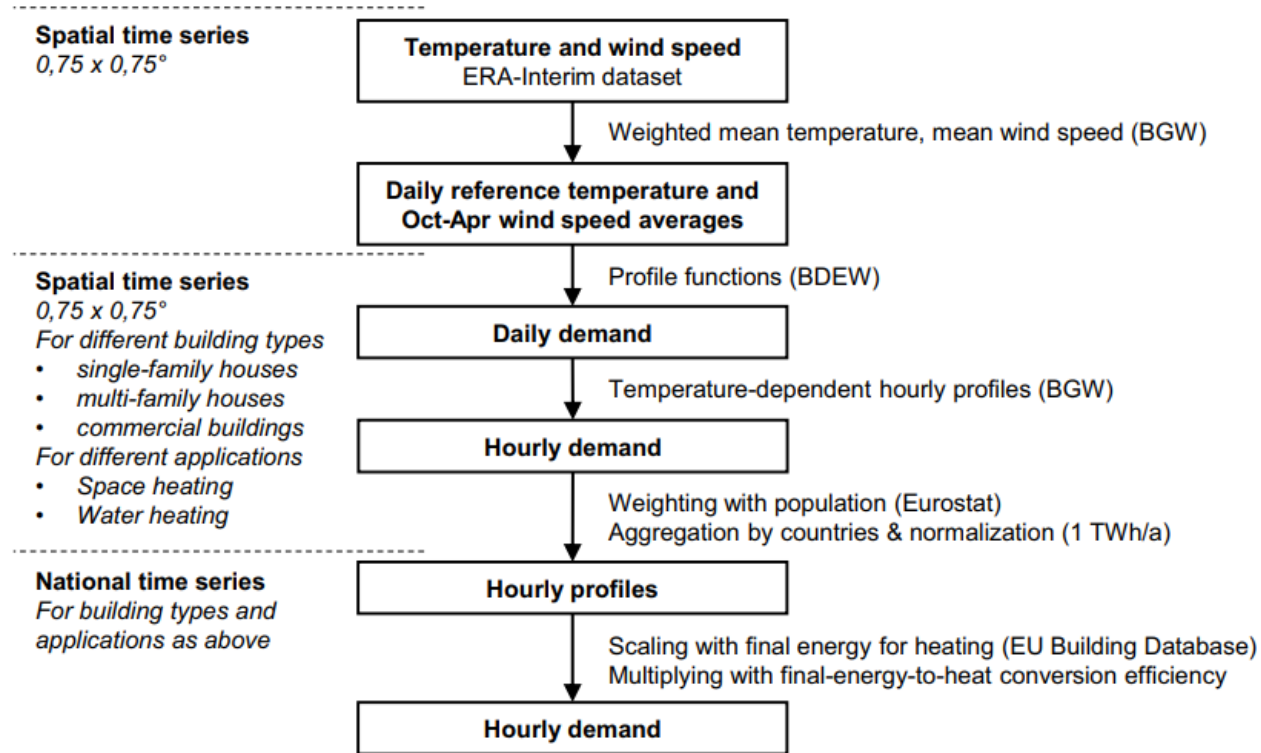
- Utilizzo pompe di calore scarsamente diffuso, come dimostrano i consumi di energia elettrica per il riscaldamento (0.4%)
- Notevole potenziale in ottica futura

- Fabbisogno termico RISC+ACS dell'anno 2019 paria a 252.6 TWht (21.7 Mtep), considerando un fattore di conversione dell'energia in calore utile di 0.9
- Incremento notevole del consumo di energia elettrica annua rispetto al 2019 (319,6 TWhe)

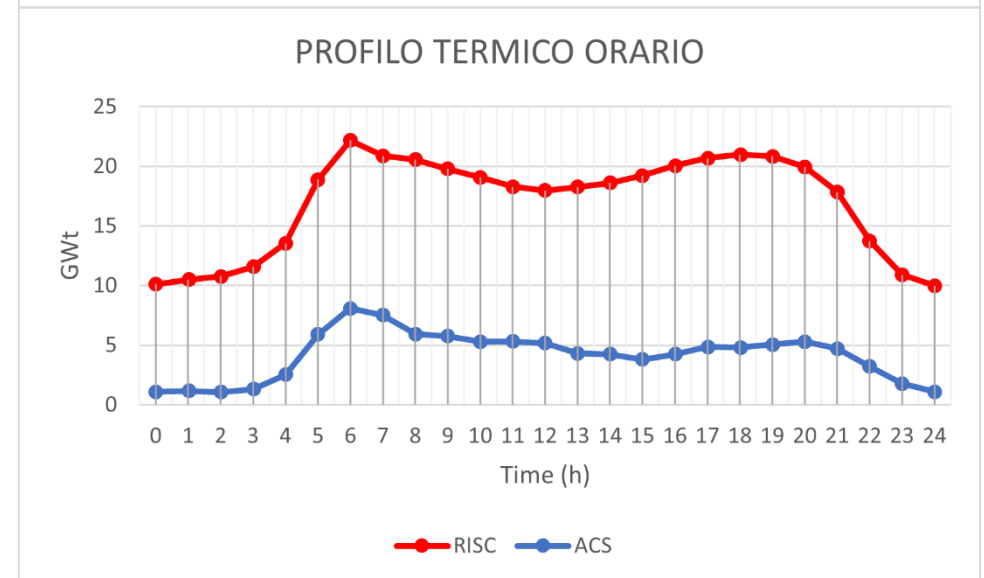
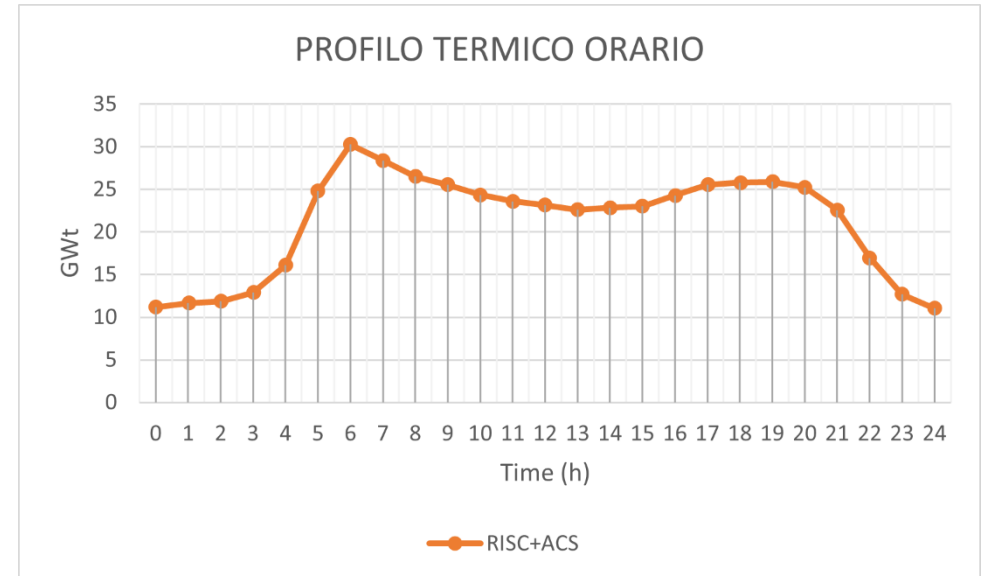
[TWht]	252.6						
COP	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
[TWhe]	126.3	101.0	84.2	72.2	63.2	56.1	50.5

COP	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
AUMENTO [%]	40%	32%	26%	23%	20%	18%	16%

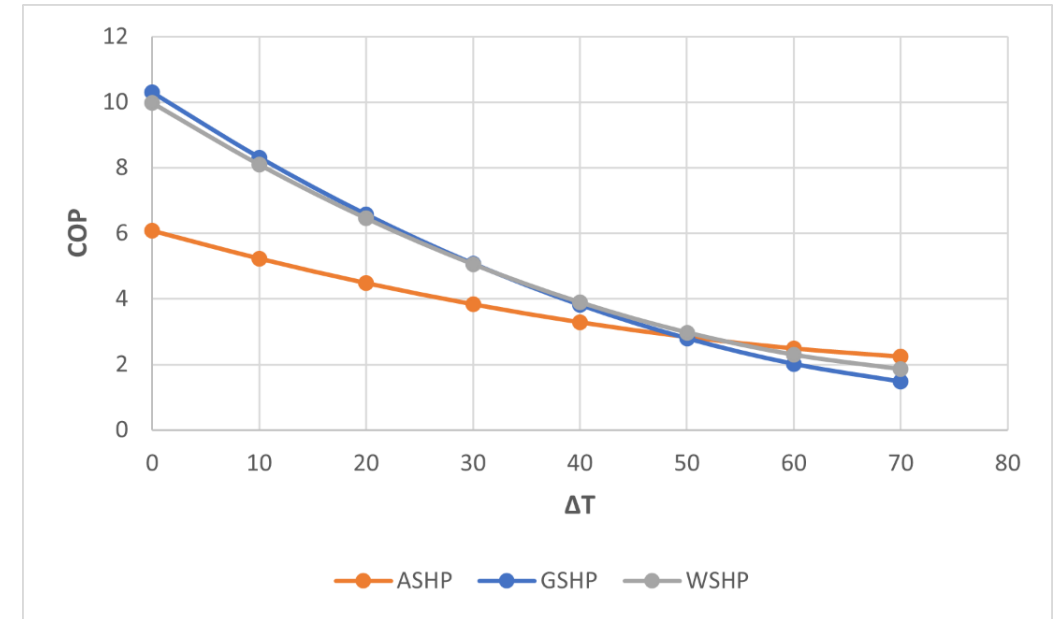
Metodologia «When2heat» per ricavare i profili termici orari



Profili ricavati dai dati del «When2Heat» dataset, per il giorno 27 gennaio 2015



- Regressione quadratica applicata ai dati dei COP di un costruttore di pompe di calore e convalidata dal confronto con dati reali. Regressione eseguita per ASHP (air-source heat pump), GSHP (ground-source heat pump) e WSHP (water-source heat pump)
- COP dipende principalmente da :
  - $T_{SOURCE}$ : temperatura della sorgente termica;
  - $T_{FLOW}$ : temperatura di mandata;
  - Fattore di carico.
- Dati di input:  $\Delta T = T_{FLOW} - T_{SOURCE}$



$$COP = \begin{cases} 6.08 - 0.09 \cdot \Delta T + 0.0005 \cdot \Delta T^2, & ASHP \\ 10.29 - 0.21 \cdot \Delta T + 0.0012 \cdot \Delta T^2, & GSHP \\ 9.97 - 0.20 \cdot \Delta T + 0.0012 \cdot \Delta T^2, & WSHP \end{cases}$$

## Analisi $T_{FLOW}$

- Pannelli radianti:  $T_{FLOW} = 35\text{ °C}$
- Radiatori:  $T_{FLOW} = 60\text{ °C}$
- ACS:  $T_{FLOW} = 50\text{ °C}$

## Analisi $T_{SOURCE}$

- ASHP: temperatura dell'aria oraria;
- GSHP: temperatura media del terreno assunta costante per il periodo di riscaldamento, pari a  $T_{SOURCE} = 7\text{ °C}$
- WSHP: temperatura dell'acqua fissata a  $T_{SOURCE} = 10\text{ °C}$

		Time (h)																								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ASHP	radiatori	2.54	2.53	2.53	2.52	2.52	2.51	2.51	2.51	2.55	2.62	2.67	2.70	2.72	2.73	2.72	2.69	2.64	2.60	2.58	2.57	2.55	2.54	2.52	2.52	2.51
	p.radianti	3.65	3.64	3.63	3.62	3.61	3.60	3.60	3.60	3.68	3.78	3.87	3.93	3.96	3.97	3.96	3.91	3.82	3.76	3.73	3.70	3.67	3.64	3.62	3.61	3.59
	ACS	2.91	2.90	2.89	2.89	2.88	2.87	2.87	2.87	2.93	3.01	3.08	3.12	3.14	3.15	3.14	3.10	3.04	2.99	2.97	2.94	2.92	2.90	2.89	2.88	2.87
GSHP	radiatori	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
	p.radianti	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35	5.35
	ACS	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48
WSHP	radiatori	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97
	p.radianti	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72
	ACS	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89	3.89

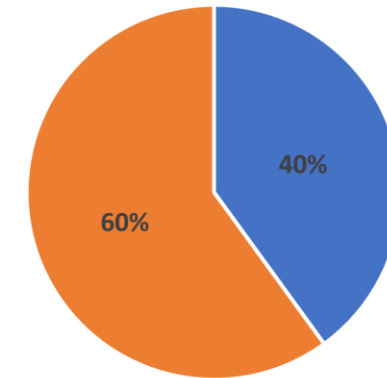
COP orari risultanti per il giorno 27 gennaio 2015

- % sull'energia/potenza termica fornita sul totale per tipo di impianto di riscaldamento e PDC, ritenute costanti per ogni ora del giorno considerato
- Le ipotesi possono essere cambiate per valutare l'incidenza delle varie tecnologie

	P. RADIANTI	RADIATORI		ACS
ASHP	0.45	0.3	ASHP	0.75
GHSP	0.12	0.08	GSHP	0.2
WSHP	0.03	0.02	WSHP	0.05

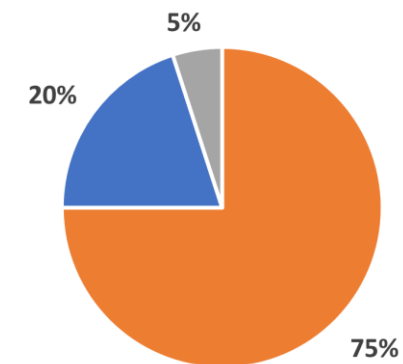
Quote risultanti sul totale di energia/potenza termica fornita secondo le ipotesi fatte

% ENERGIA FORNITA PER TIPO DI IMPIANTO



■ RADIATORI ■ PANNELLI RADIANTI

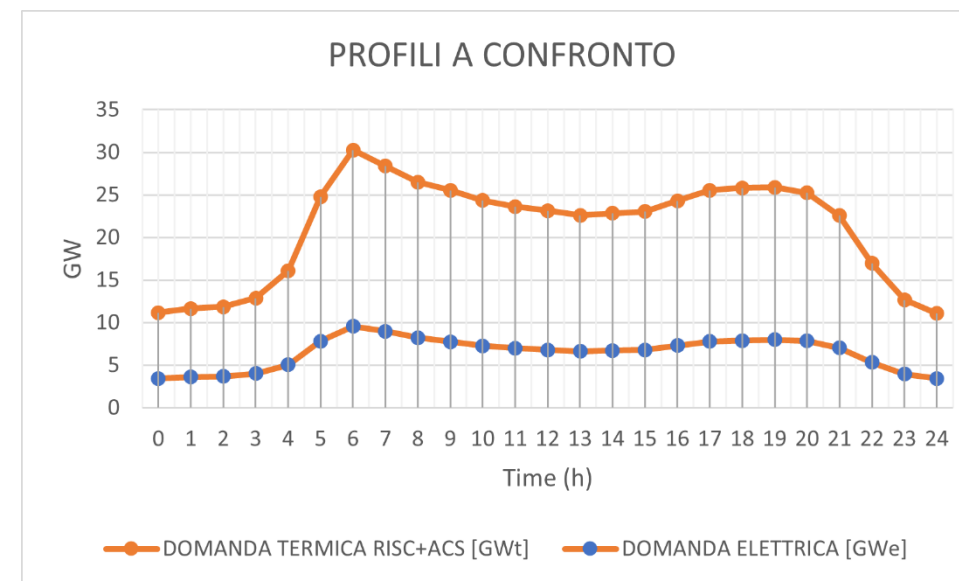
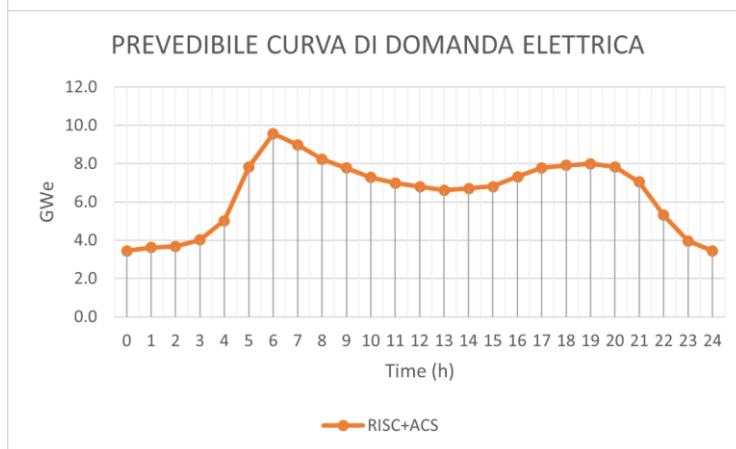
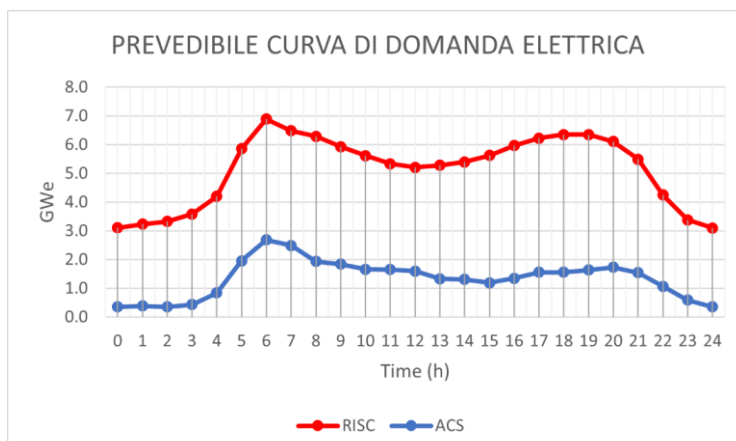
% ENERGIA FORNITA PER TIPO DI PDC



■ ASHP ■ GSHP ■ WSHP

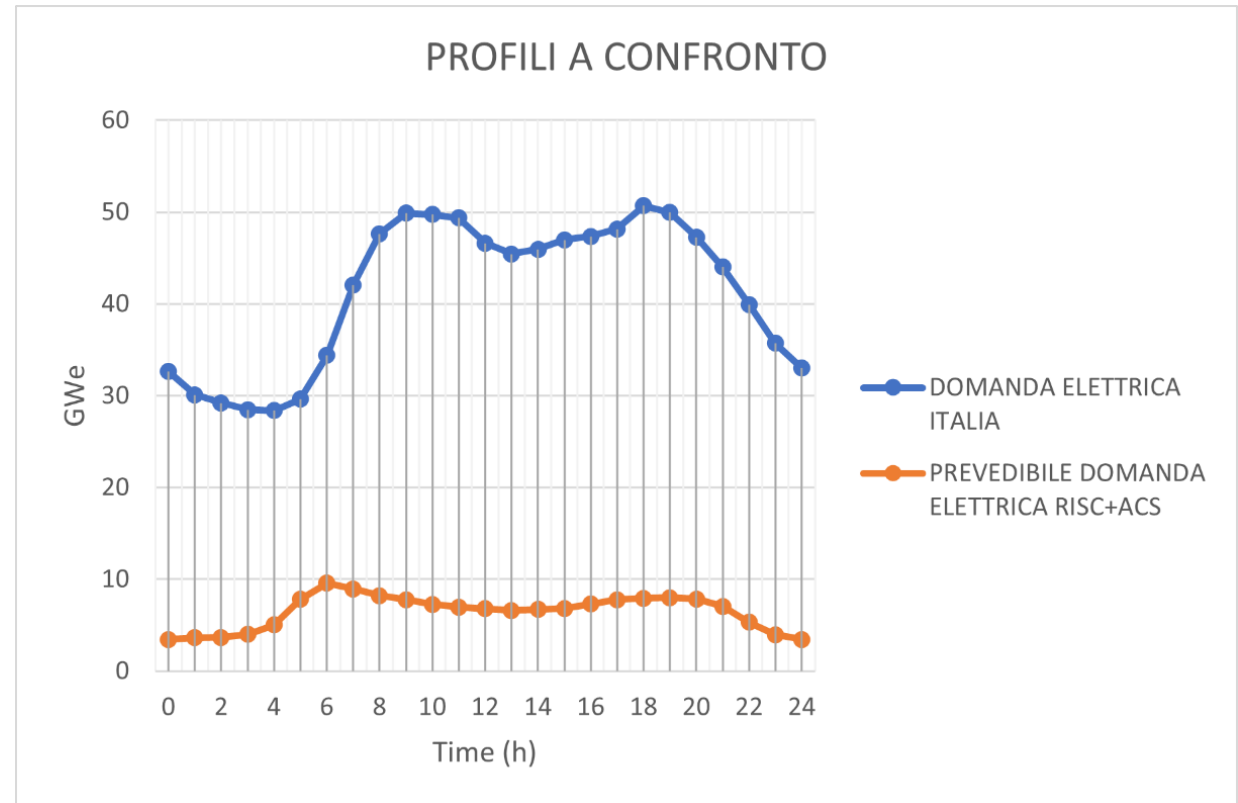


- La potenza elettrica oraria  $P_h$  ( $P_h = Q_h / COP_h$ ) è ottenuta dividendo la rispettiva potenza termica per il COP corrispondente (tipo di impianto di riscaldamento, tipo di PDC, ora, ACS). I singoli contributi vengono infine sommati su base oraria.



Profili di domanda elettrica e termica a confronto per il giorno 27 gennaio 2015. Si nota l'effetto di scala dei COP

- Picchi di domanda della mattina sfasati rispetto a quelli serali che coincidono
- Picco prevedibile domanda elettrica RISC+ACS ore 6:00 (10 GW) e ore 19 (8 GW)
- Ore 6:00, + 28% rispetto alla domanda elettrica italiana
- Ore 9:00, +16%
- Ore 18:00, +16%
- A fronte di un consumo di 1002 GWhe ( $\approx 1$  TWhe) nel giorno 27 gennaio 2017 l'aumento di energia elettrica necessaria sarebbe stato di 160 GWhe (+ 16 %)



Profili di domanda elettrica del giorno 27 gennaio 2017 (TERNA) a confronto con la prevedibile domanda elettrica per RISC+ACS del 27 gennaio 2015