



CITTÀ STUDI
CAMPUS SOSTENIBILE



POLITECNICO
MILANO 1863

 **POLITECNICO DI MILANO**

24 maggio 2016
Giornate della Sostenibilità



Analisi dell'applicazione di impianti trigenerativi e riduzione delle emissioni di CO₂ per i Campus di Bovisa del Politecnico di Milano

Tesi di laurea di: Alessia Gatto

Relatore: Prof. Stefano Campanari

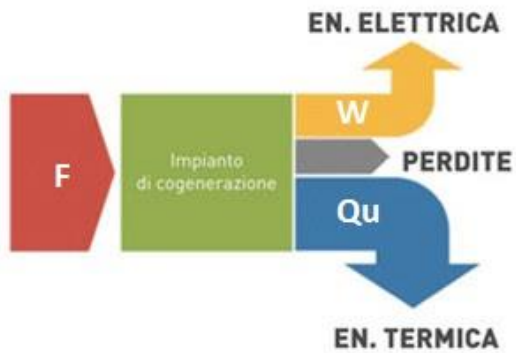


- Lo scopo della tesi è valutare la fattibilità tecnico-economica legata alla realizzazione di un **impianto trigenerativo** per il Campus Bovisa del Politecnico di Milano.
- L'analisi si sviluppa su tre fronti, **tecnico**, **economico** ed **ambientale** ma è soprattutto quest'ultimo a fare da traino all'intero studio: l'obiettivo primario è conseguire, tramite il **risparmio di energia primaria**, la riduzione delle **emissioni**, in particolar modo quelle di **CO₂**
- Data la struttura del Campus si prevede la realizzazione di **tre impianti**, uno per ciascuna delle aree che lo compone: **Bovisa Industriale**, **Durando** e **Cosenz**.



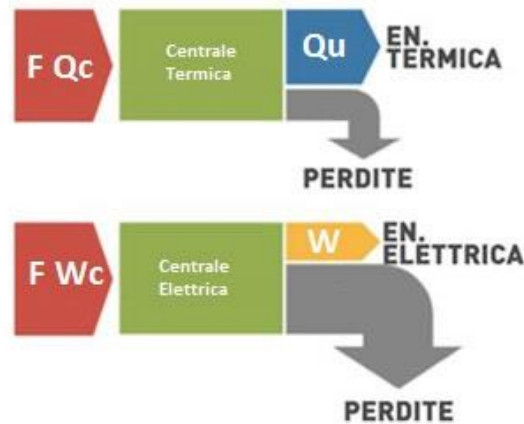
- Cogenerazione:** produzione combinata di calore ed energia elettrica , entrambi intesi come effetti utili

PRODUZIONE IN COGENERAZIONE



ENERGIA PRIMARIA UTILIZZATA
F

PRODUZIONE SEPARATA



ENERGIA PRIMARIA UTILIZZATA
F Wc + F Qc

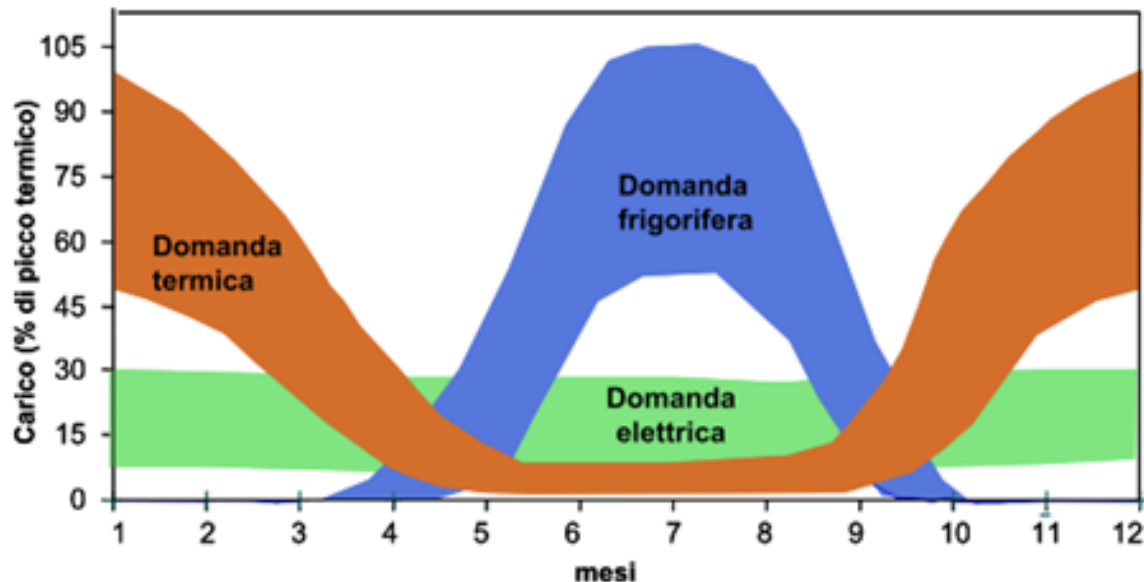
Primary Energy Saving Index

$$PES = 1 - \frac{1}{\frac{\eta_{el\ COG}}{\eta_{el\ rif} \cdot p_{grid}} + \frac{\eta_{th\ COG}}{\eta_{th\ rif}}}$$

- Cogenerazione ad alto rendimento (CAR):** Il Decreto Legislativo 8 febbraio 2007 n°20 ha introdotto il concetto di Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR), in particolare basata sul nuovo parametro **PES (Primary Energy Saving)** → Si considerano CAR i casi di installazioni con **PES > 10%**, con l’eccezione di impianti di piccola taglia (Pel < 1 MWe) dove viene accettato un **PES > 0**.



- TRIGENERAZIONE:** sistema energetico risultante dall'abbinamento di un cogeneratore ad una macchina frigorifera ad assorbimento



La **trigenerazione** produce **energia elettrica** e **calore** per il riscaldamento nel periodo invernale, ed energia elettrica e **freddo** per il condizionamento nel periodo estivo.

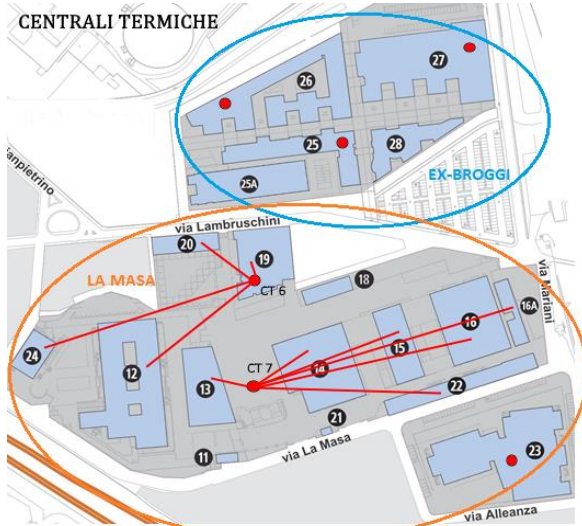
Si avvantaggia del fatto che, in presenza di **diversi andamenti stagionali**, la copertura dei carichi frigoriferi può consentire di sfruttare il sistema anche nella stagione estiva



- *Definizione dell'utenza e dei consumi che la caratterizzano*
- *Condizioni Economiche*
- *Simulazione, dimensionamento ed analisi preliminare degli impianti trigenerativi per le tre zone di Bovisa: Bovisa Industriale, Durando e Cosenz*
- *Integrazione con solare termico*
- *Impianto Bovisa Industriale: localizzazione e rete TLR*
- *Confronti economici ed ambientali*
- *Conclusioni*

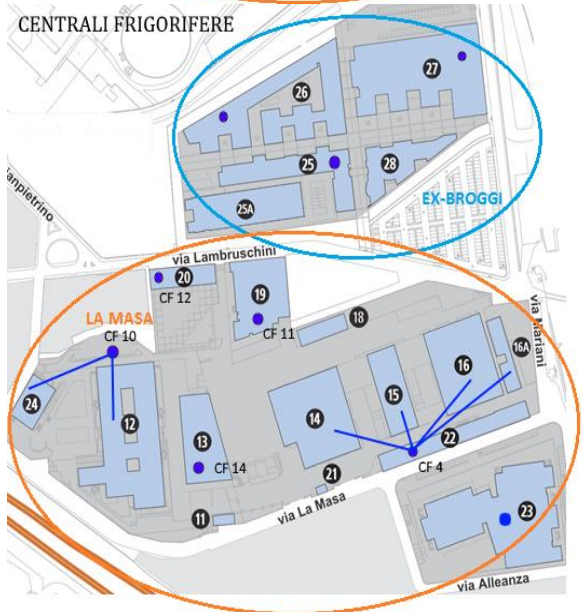


CENTRALI TERMICHE

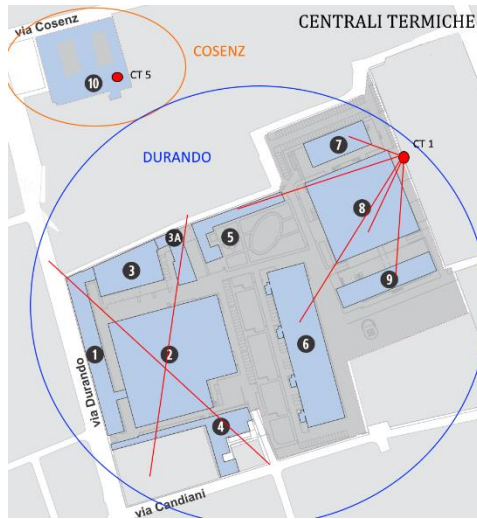


CT 6	Centrale termica installata al piano terra dell'edificio 19, serve gli edifici 12-19-20-24 e parte del 18. Le caldaie installate sono: <ul style="list-style-type: none"> • ECOFLAM ECOMAX 100M 1149,5 kW • ECOFLAM ECOMAX 100M 1149,5 kW • ECOFLAM ECOMAX 100M 1149,5 kW
CT 7	Centrale termica installata al piano terra di un locale tecnico dedicato nelle vicinanze dell'edificio 13. Serve gli edifici 13-14-15-16-16A-22. Le caldaie installate sono: <ul style="list-style-type: none"> • HOVAL SR750 825 kW • HOVAL SR750 825 kW • HOVAL SR750 825 kW
ED 18	Servito in parte dalla CT 6 ed in parte da due pompe di calore autonome
ED 23	Servito da una centrale termica installata sulla copertura dell'edificio stesso. La CT serve unicamente l'edificio 23. Le caldaie installate sono: <ul style="list-style-type: none"> • HOVAL ULTRAGAS AM-C(900D) 425 kW • HOVAL ULTRAGAS AM-C(900D) 425 kW
ED 25 (A+B)	Servito da una centrale termica installata sulla copertura dell'edificio stesso. La CT serve unicamente l'edificio 25. Le caldaie installate sono: <ul style="list-style-type: none"> • HOVAL ULTRAGAS(650) 650 kW • HOVAL ULTRAGAS(650) 650 kW
ED 26	Servito da una centrale termica installata sulla copertura dell'edificio stesso. La CT serve unicamente l'edificio 26. Le caldaie installate sono: <ul style="list-style-type: none"> • HOVAL ULTRAGAS(650) 650 kW • HOVAL ULTRAGAS(650) 650 kW
ED 27	Servito da una centrale termica installata sulla copertura dell'edificio stesso. La CT serve unicamente l'edificio 27. Le caldaie installate sono: <ul style="list-style-type: none"> • HOVAL ULTRAGAS(650) 650 kW • HOVAL ULTRAGAS(650) 650 kW

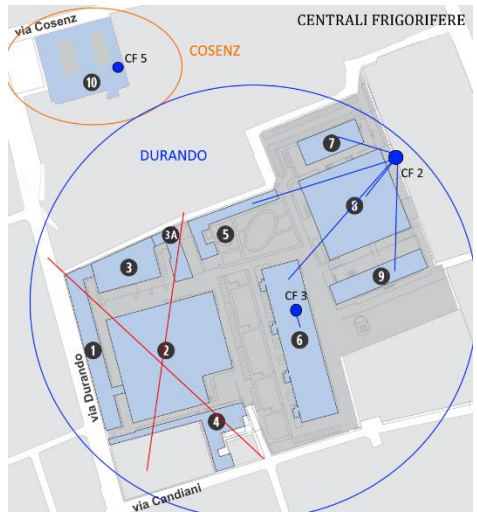
CENTRALI FRIGORIFERE



CF 10	Centrale frigorifera installata nelle vicinanze dell'edificio 12, serve gli edifici 12-24. I chiller installati sono: <ul style="list-style-type: none"> • CLIMAVENETA FE-WRAD42031LN 870 kWf • CLIMAVENETA FE-WRAD42031LN 870 kWf
CF 11	Centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio 19, serve solo l'edificio 19. Il chiller installato è: <ul style="list-style-type: none"> • CLIMAVENETA TC/SRAT/LN 0802 871kWf
CF 12	Centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio 20, serve solo l'edificio 20. I chiller installati sono: <ul style="list-style-type: none"> • CLIVET 24 kWf • CLIVET 24 kWf
CF 14	Centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio 13, serve solo l'edificio 13. I chiller installati sono: <ul style="list-style-type: none"> • ECOFLAM CLIMA RJAX 4E-070 100 kWf • AERMEC RTA090H02 20,5 kWf
CF 4	Centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio 22, serve gli edifici 14-15-16-16A e primario del 22. I chiller sono: <ul style="list-style-type: none"> • CLIMAVENETA 537 kWf • TRANE RTAF 145 SEXLN 522kWf Sono inoltre presenti DUE gruppi frigo che servono unicamente l'edificio 22: <ul style="list-style-type: none"> • SEVESO ELECTRACLIMA 390 kWf (x2)
ED 18	Servito da una centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio stesso. La CF serve unicamente l'edificio 18. I chiller installati sono: <ul style="list-style-type: none"> • CLINT CHA/K/WP 202P 54,9 kWf NB: I modello WP sono pompe di calore reversibili • CLINT CHA/K/WP 202P 54,9 kWf
ED 23	Servito da una centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio stesso. La CF serve unicamente l'edificio 23. I chiller installati sono: <ul style="list-style-type: none"> • UNIFLAIR BRAC 2502A 512 kWf • UNIFLAIR BRAC 2502A 512 kWf
ED 25 (A+B)	Servito da una centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio stesso. La CF serve unicamente l'edificio 25. I chiller installati sono: <ul style="list-style-type: none"> • RC CLIMA GLIDER 640.V2.Y3 637 kWf • RC CLIMA GLIDER 640.V2.Y3 637 kWf
ED 26	Servito da una centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio stesso. La CF serve unicamente l'edificio 26. I chiller installati sono: <ul style="list-style-type: none"> • RC CLIMA GLIDER V2.Y4.840 846 kWf • RC CLIMA GLIDER V2.Y4.840 846 kWf
ED 27	Servito da una centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio stesso. La CF serve unicamente l'edificio 27. I chiller installati sono DUE: <ul style="list-style-type: none"> • RC CLIMA GLIDER V2.YA.750 746 kWf (X2)



CT 1	<p>Centrale termica installata accanto all'edificio 8, serve gli edifici 5-6-7-8-9. Le caldaie installate sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HOVAL ST-plus ALUFER (1500) 1514 kW • HOVAL ST-plus ALUFER (1500) 1514 kW • HOVAL ULTRAGAS (1440D) 2X677 kW
CT 5	<p>Centrale termica installata sulla copertura dell'edificio 10, serve unicamente l'edificio 10. Le caldaie installate sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BIASI IN AIR (700) 854 kW • BIASI IN AIR (700) 854 kW



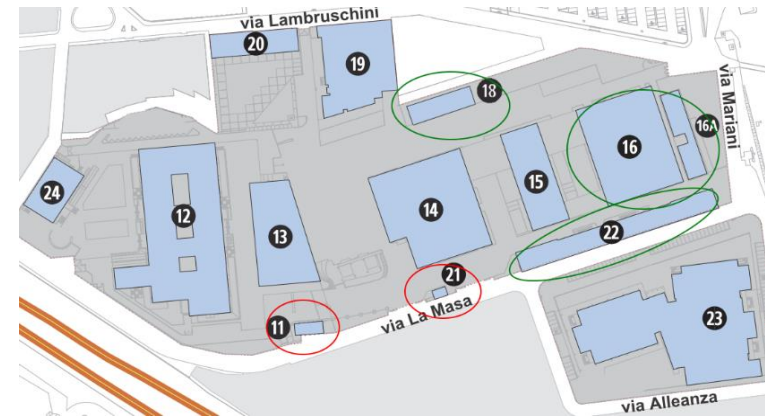
CF 2	<p>Centrale frigorifera installata accanto all'edificio 8, serve gli edifici 5-6-7-8-9. I chiller installati sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> • EMICON RWH 1293KA 1288 kWf • EMICON RWH 1293KA 1288 kWf • EMICON RWH 1293KA 1288 kWf
CF 3	<p>Centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio 6, serve unicamente l'edificio 6. Il chiller installato è:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CLIMAVENETA WRAT1000 211 kWf
CF 5	<p>Centrale frigorifera installata sulla copertura dell'edificio 10, serve unicamente l'edificio 10. I chiller installati sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CLIMAVENETA FE/WRAT-B 775 kWf • CLIMAVENETA FE/WRAT-B 775 kWf



CONSUMI ELETTRICI

I dati di consumo elettrico sono stati reperiti grazie all'utilizzo del sistema di monitoraggio «Energy Sentinel», ove installato e disponibile

- **BOVISA INDUSTRIALE:** non sono presenti dati relativi agli edifici 11-21-16-18-22 → i primi due non vengono considerati nell'analisi in quanto di piccole dimensioni (es. portineria); per gli altri tre si ipotizza che il totale dei consumi elettrici sia pari al consumo dell'edificio 23, stante la volumetria complessiva comparabile



- **DURANDO:** i dati sono presenti per tutti gli edifici dell'area affiancati anche dai consumi dei gruppi frigoriferi; per l'edificio 5 si ha una presenza di errori e valori negativi → tenendo conto che tale edificio è adibito principalmente ad attività di laboratorio e ristoro si è deciso di escluderlo dall'intera analisi.
- **COSENZ:** mancanza di molti dati di consumo elettrici → utilizzo di dati orari di diversi anni per poter ricostruire un anno tipo, approssimando per semplicità a zero il consumo del mese di agosto.

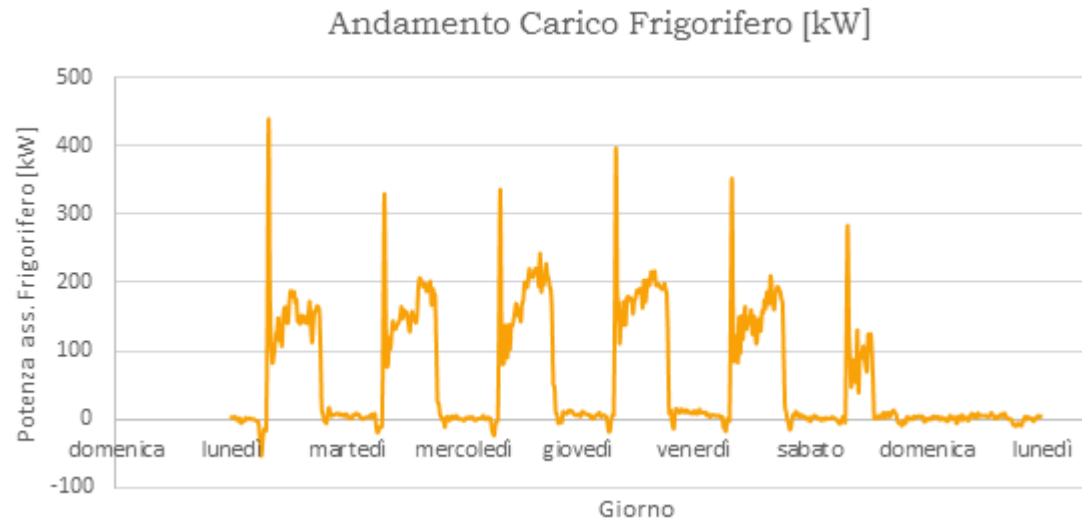


- **STIMA CARICO FRIGORIFERO**

Per **Bovisa Industriale** e Cosenz è necessario effettuare una **stima del carico frigorifero** → i dati forniti dall' Energy Sentinel sono comprensivi anche della quota di assorbimento elettrico dei gruppi frigoriferi durante la stagione estiva

PROCEDIMENTO

1. Si considerano nel **periodo primaverile** i mesi di marzo e aprile e tra i due si identifica il profilo settimanale con richiesta elettrica più elevata
2. Si identificano i **mesi estivi** peggiori e anche per questi si identifica la settimana con richiesta più elevata peggiore
3. Si decurta la potenza della settimana primaverile da quella estiva per avere il profilo di potenza elettrica presumibilmente assorbito dai gruppi frigoriferi; si converte in carico frigorifero con un COP standard (assunto pari a 3); **si assume valido il profilo settimanale così ottenuto per tutto il periodo estivo**

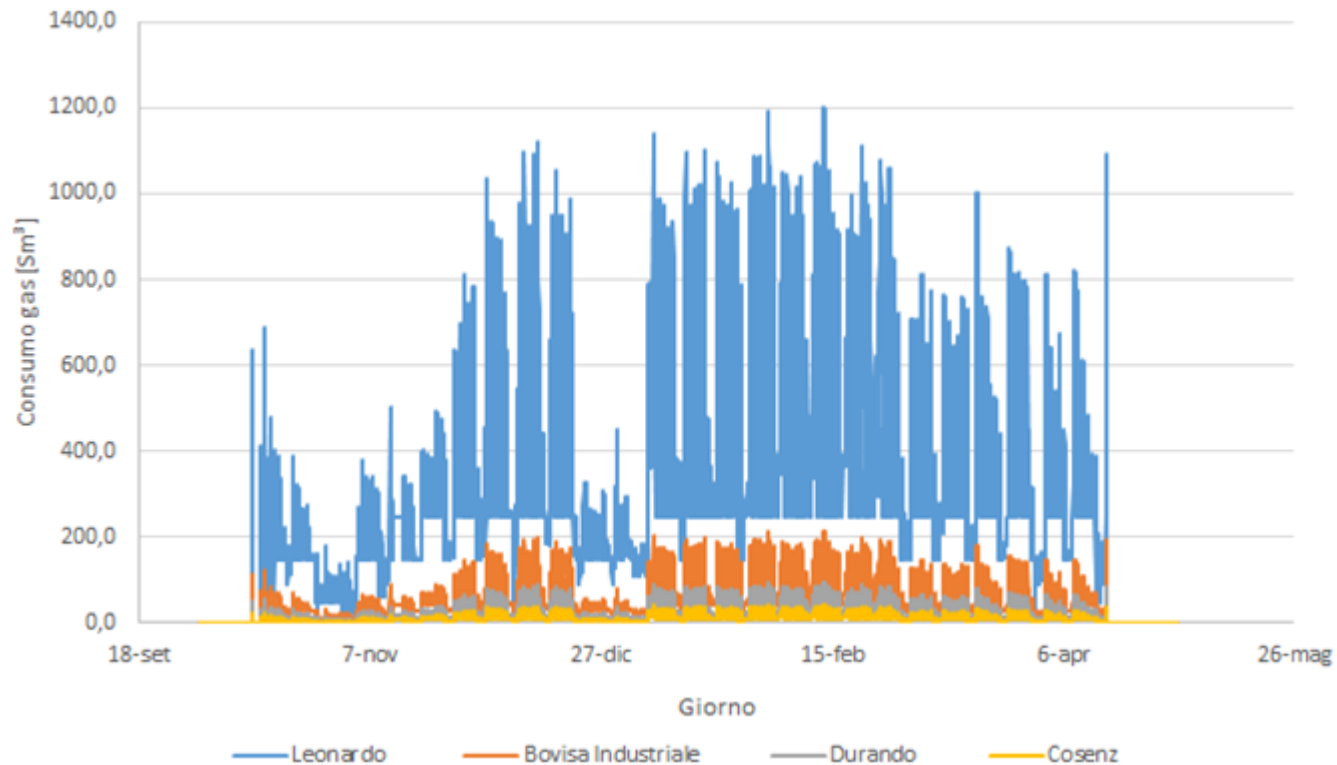




• CONSUMI TERMICI

- **Consumi di gas per la stagione 2014** forniti da **PrimaVera**
- Si hanno a disposizione i consumi di gas del **Campus Leonardo** per l'anno 2013 → si ipotizza che il consumo orario delle tre aree di Bovisa segua il medesimo andamento, ridimensionato in funzione dei consumi complessivi annuali delle aree in esame

Consumi Orari Gas Stagione termica 2014





- **COSTO ENERGIA ELETTRICA ACQUISTATA**

Riferimento bollette del fornitore unico Gala SpA per le varie aree (POD)

- **COSTO ENERGIA ELETTRICA VENDUTA**

Gli impianti di potenza apparente nominale inferiore a 10 MVA alimentati da fonti **non rinnovabili** possono richiedere l'accesso al regime di «Ritiro Dedicato» (RID), secondo «prezzo medio zonale orario» GSE

- **COSTO ENERGIA ELETTRICA AUTOCONSUMATA**

Gli impianti con qualifica **SEU** («Sistemi Efficienti di Utente») **riconosciuti come CAR** pagano gli **oneri generali di sistema** sul **5%** dell'energia autoconsumata anziché sull'intera quota

- **COSTO GAS ACQUISTATO**

- » Prezzo d'acquisto del gas secondo dati **Commissione Energia del Politecnico** relativi al mese di **Ottobre 2015**, assunto pari a $0,26 \text{ €/Sm}^3$
- » Distinzione tra le **imposte sul consumo** che si applicano al prezzo del gas nel caso di **produzione termica tradizionale** e quello nel caso di **CHP con rete di teleriscaldamento**.
- » Conteggio della **DEFISCALIZZAZIONE DEL COMBUSTIBILE** per **autoproduzione elettrica**



E' stato costruito un **modello Excel** di simulazione su ciascuna delle **8760 h** di un anno tipo

- **Logica di funzionamento «Termico segue»:** il motore viene regolato in modo che il recupero termico segua il carico termico dell'utenza, e di conseguenza l'energia elettrica generata dal motore è in generale differente dalla richiesta dell'utenza
- **Nel periodo estivo è presente il carico frigorifero** → viene convertito in carico termico aggiuntivo per i frigoriferi ad assorbimento con un COP standard (assunto pari a 0.7)



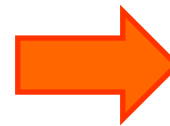
Il modello determina i **flussi di energia I/O per tutti i componenti** (combustibile per CHP e caldaie, calore utile, energia elettrica verso l'utenza e da/per la rete, energia frigorifera) da cui:

- Cash flow prima e dopo l'entrata in esercizio degli impianti
- Risparmio annuo ottenuto con trigeneratore

- **Individuazione della taglia di impianto che massimizza un parametro economico:**

Risparmio ottenuto con Trig

Costo annuale caso non CHP



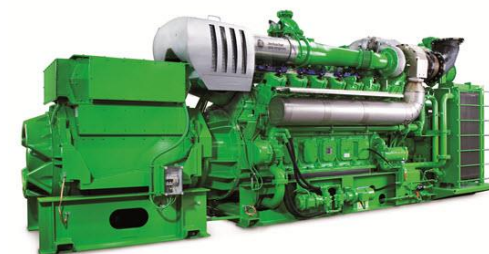
Bovisa Industriale: 1200 kW
Durando: 220 kW
Cosenz: 150 kW

- **Valutazione emissioni di CO₂:** - fattore emissione da **produzione elettrica (parco medio):** 373 g/kWhel
(Dati ISPRA 2014) - fattore emissione da **produzione termoelettrica:** 576 g/kWhel
- fattore emissione CO₂ **gas naturale:** 198 g/kWh



- Confronto configurazioni che prevedono l'utilizzo di diverse tecnologie di «motore primo»

	Jenbacher Type 4	2G Patruus		Capstone C200	Capstone C65	Fuel Cell DFC 1500	Fuel Cell DFC 400
Potenza [kW]	1189	400	100	200	65	1400	400
η elettrico	0,416	0,39	0,37	0,33	0,29	0,47	0,47
η th inv	0,46	0,49	0,48	0,47	0,51	0,25	0,25
η th est	0,46	0,49	0,48	0,47	0,51	0,21	0,31
% min tecnico	25%	25%	25%	30%	35%	100%	100%
Emissioni NO _x [mg/kWh _{el}]	4,65	3,61	2,84	3,9	3,9	4,54	4,54
Costo inv. [€]	1.189.000	600.000	150.000	800.000	150.000	5.180.000	1.628.000
Costo O&M [€/kWh el]	0,005	0,005	0,005	0,014	0,023	0,037	0,037



DFC400 EU



DFC1500 EU



C65



C200



• **Confronto configurazioni che prevedono l'utilizzo di diverse tecnologie di «motore primo»**

➤ **Bovisa Industriale** : si confrontano quattro diverse configurazioni

1. MCI Jenbacher Type 4
2. 1 x Fuel Cell DCF 1500
3. 1 x Fuel Cell DFC 400
4. 2 x Fuel Cell DFC 400

	Jenbacher type 4	Fuel Cell DFC 1500	Fuel Cell 1xDFC400	Fuel Cell 2xDFC400
Risultati Tecnici				
Ore di funzionamento CHP	5.758	2.477	6560	6560
Ore equivalenti	3.325	1.780	6.441	5.340
PES	26,84%	17,21%	18,57%	18,48%
Risultati Economici				
RISPAMIO annuale OTTENUTO CON TRIG [€]	472.997	322.452	333.2623	488.974
Tot Investimento [€]	2.143.916	5.532.020	1.738.636	3.477.272
PBT semplice [anni]	4,57	18,86	5,44	7,46
Valutazione emissioni				
RIDUZIONE CO ₂ [tonn/anno]	193,87	453,87	385,08	628,61
RIDUZIONE PERCENTUALE CO ₂	5,40%	12,65%	10,73%	17,52%
RIDUZIONE NO _x [kg/anno]	1531,19	915,88	913,36	1495,77
RIDUZIONE PERCENTUALE NO _x	54,10%	32,36%	32,27%	52,85%



• **Confronto configurazioni che prevedono l'utilizzo di diverse tecnologie di «motore primo»**

➤ **Durando:** si confrontano diverse configurazioni, tra cui:

1. MCI 2G Agentor da 220 kW
2. MTG 1 x Capstone C200

	2G Agentor 206	Capstone C200
Potenza [kW]	220	200
η elettrico	0,396	0,33
η th	0,455	0,47
% min tecnico	25%	30%
Emissioni NO _x [mg/kWh _{el}]	2,84	3,9
Costo specifico [€/kW]	1.500	4000
Costo inv. [€]	330.000	800.000
Costo O&M [€/kWh el]	0,005	0,014



	2G Agentor	1XCapstone C200
Risultati tecnici		
Ore di funzionamento CHP	5.194	5.264
Ore equivalenti	3.291	3.337
PES	24,30%	16,79%
Risultati Economici		
RISPAMIO annuale OTTENUTO CON TRIG [€]	108.228	97.310
Tot investimento [€]	544.014	529.606
PBT semplice [anni]	5,06	5,51
Valutazione emissioni		
RIDUZIONE CO ₂ [tonn/anno]	53,78	35,14
RIDUZIONE PERCENTUALE CO ₂	6,62%	4,11%
Riduzione NO _x [kg/anno]	305,73	301,36
RIDUZIONE PERCENTUALE NO _x	50,30%	52,58%



- **Confronto configurazioni che prevedono l'utilizzo di diverse tecnologie di «motore primo»**

- **Cosenz:** si confrontano tre diverse configurazioni

1. **MCI 2G Patruus da 100 kW**
2. **MTG 1 x Capstone C65**
3. **MTG 2 x Capstone C65**

	2G Patruus	1XCapstone C65	2XCapstone C65
	Risultati tecnici		
Ore di funzionamento CHP	6.531	6.444	6.444
Ore equivalenti	4.840	5.374	3.827
PES	11,64%	14,04%	13,94%
	Risultati Economici		
RISPAMIO annuale OTTENUTO CON TRIG [€]	59.489	44.172	53.282
Tot Investimento [€]	254.064	202.011	404.022
PBT semplice [anni]	4,31	4,76	7,8
	Valutazione emissioni		
RIDUZIONE CO ₂ [tonn/anno]	21,91	3,89	1,66
RIDUZIONE PERCENTUALE CO ₂	4,81%	0,81%	1,33%
Riduzione NO _x [kg/anno]	201,61	165,90	213,10
RIDUZIONE PERCENTUALE NO _x	57,86%	47,61%	61,16%



- **LOGICA DI FUNZIONAMENTO** → priorità dei collettori i quali producono tutte le ore in cui la fonte solare è disponibile
- Per svincolarsi dalle **problematiche di contemporaneità di produzione e carico**, si assume che l'intera produzione termica giornaliera da solare venga accumulata in un **serbatoio** e prelevata dall'utenza; la restante quota del fabbisogno termico viene fornita da **trigeneratore e caldaie integrative**

- **VINCOLI SUPERFICI DISPONIBILI** →

Superfici massime disponibili [m ²]	
Bovisa Ind	500
Durando	200
Cosenz	100

- **DIMENSIONAMENTO ACCUMULO TERMICO**

Si ipotizza che l'**accumulo** possa assorbire l'intera produzione termica prodotta nel giorno dell'anno caratterizzato da **irraggiamento massimo**



INDIVIDUAZIONE TAGLIA ACCUMULO



Volume serbatoio [m ³]	
Bovisa Ind	165,83
Durando	66,33
Cosenz	33,17



Bovisa Industriale



L'integrazione solare consente una **riduzione della taglia** del CHP, una **riduzione del costo d'investimento**, grazie agli incentivi previsti dal «Conto termico», e, come auspicato, una **maggiore riduzione delle emissioni di CO2** rispetto al caso solo trigenerativo.

Situazione analoga per Durando e Cosenz.

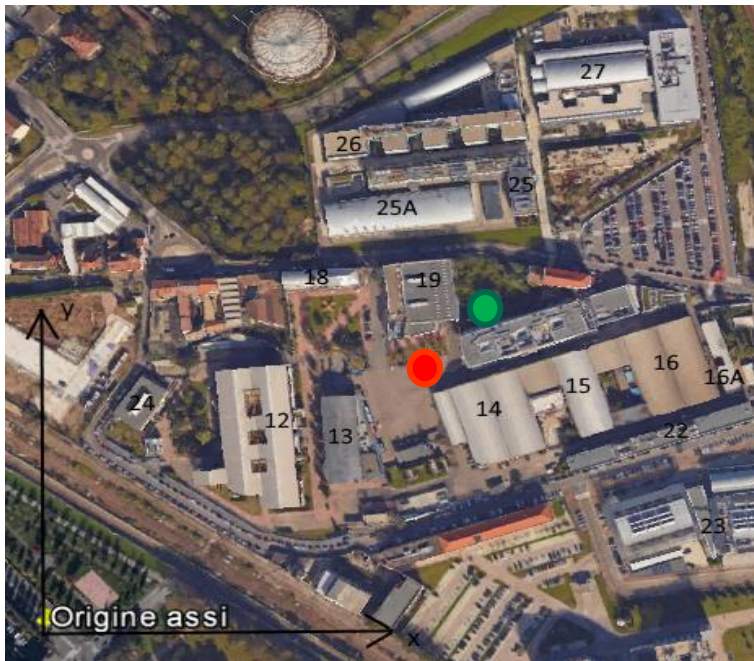


Nel caso di **Bovisa Industriale** si immagina la realizzazione di una **rete di teleriscaldamento / raffrescamento** (TLR) che connetta i diversi edifici. Tenendo conto del fatto che:

1. La portata circolante nei tubi è **direttamente proporzionale** alla richiesta termica della singola centrale termica;
2. Le **perdite** aumentano al crescere della distanza tra CHP e punto di consegna del calore



Il punto ottimo in cui localizzare l'impianto viene determinato come fosse un «**baricentro di massa**» pesato sull'**energia termica** richiesta dalle singole centrali termiche



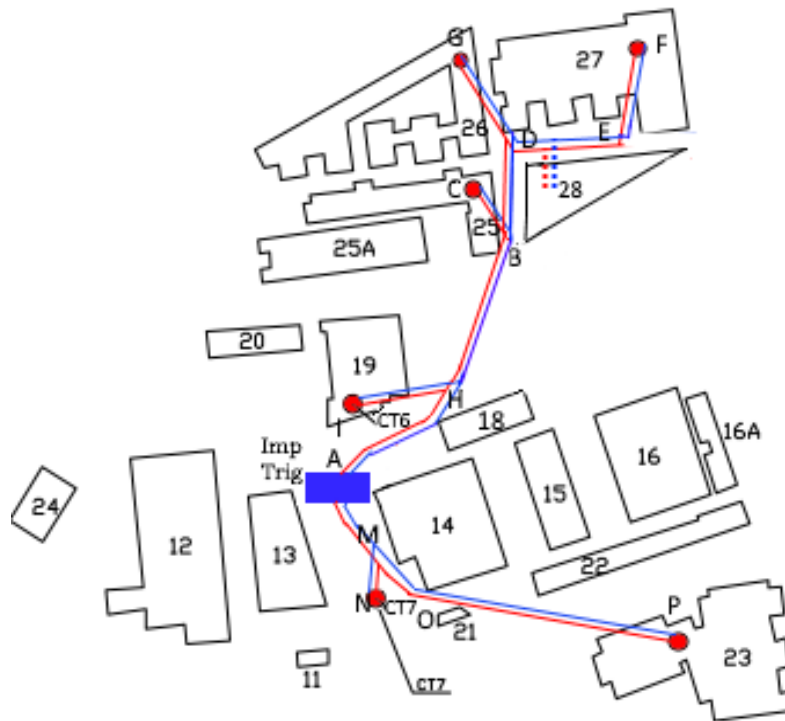
$$x_{CM} = \sum \frac{x_i \cdot \text{consumo gas}_i}{\text{consumo gas}_i}$$

$$y_{CM} = \sum \frac{y_i \cdot \text{consumo gas}_i}{\text{consumo gas}_i}$$

$$\begin{aligned} x &= 247,286 \text{ [m]} \\ y &= 242,387 \text{ [m]} \end{aligned}$$



- Per determinare il **diametro** delle tubazioni della rete TLR è necessario tenere conto del **picco di potenza annuale** prodotto dall'impianto trigenerativo e delle **perdite termiche**
- Per ogni CT è necessario individuare la **distanza** dall'impianto così da determinare le **perdite**



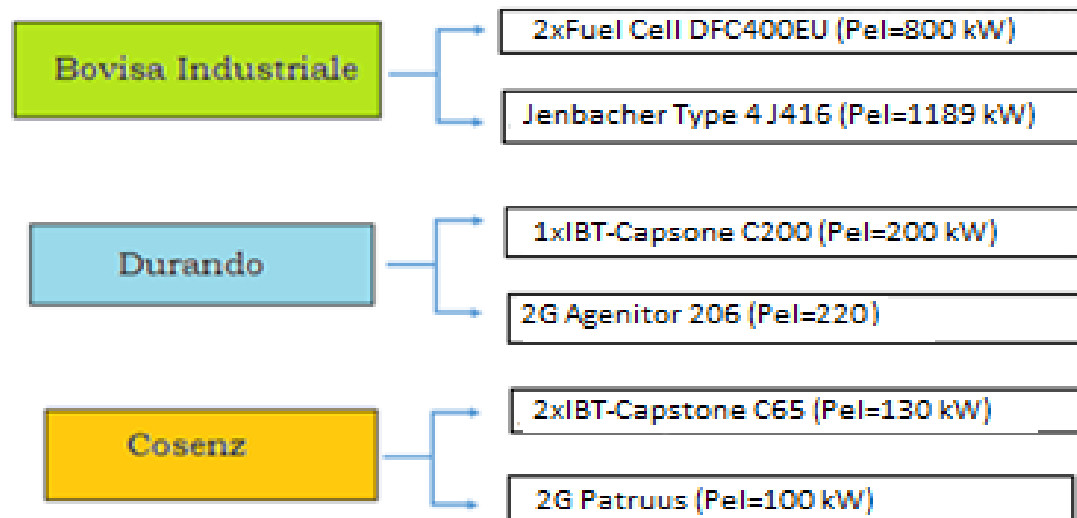
Rete TLR: Lunghezza rami

Ramo	Lunghezza [m]	Edifici/centrali serviti
AH	85	ED:19-25-26-27
HI	25	ED19
HB	70	ED:25-26-27
BC	30	ED:25-26-27
BD	70	ED:26-27
DG	40	ED26
DE	70	ED27
EF	50	ED27
AM	35	CT7-ED23
MN	20	CT7
MP	150	ED23

- Si determina inoltre la capacità di **accumulo termico della rete**, cui si aggiunge un **accumulo addizionale** ($35 \text{ m}^3 - 407 \text{ kWh}$) in modo che complessivamente si possa assorbire **un'ora di potenza termica totale del CHP**



- Valutazione del **grado di profittabilità** delle **due diverse configurazioni** proposte per ciascuno dei tre impianti trigenerativi



- Gli indici considerati fanno parte della «**metodologia dei flussi di cassa scontati**» e sono: il **VAN** (valore attuale netto), il **TIR** (tasso di rendimento interno) e il **PBT** (Pay back time, tempo di ritorno dell'investimento), secondo flussi di cassa attualizzati



	BOVISA IND		DURANDO		COSENZ	
	Jenbacher Type 4 J416 (1189 kW)	2xFuel Cell DFC 400 EU (2x400 kW)	2G Agenitor (220 kW)	1 x IBT-Capstone C200 (1x200 kW)	2G Patruus (100 kW)	2 x IBT-Capstone C65 (2x65 kW)
Costo tot inv. [€]	2.507.868	3.741.224	604.011	569.603	294.064	404.022
Risp. annuale [€/anno]	466.868	488.974	107.004	97.310	58.636	53.282
Costi O&M [€/anno]	19.764	158.068	3.620	9.386	2.420	11.481



Analisi economica

$i=6\%; n=30 \text{ anni}$

	Bovisa Ind		Durando		Cosenz	
	Jenbacher Type 4 J416	2xFuel Cell DFC 400 EU	2G Agenitor (220 kW)	1 x IBT-Capstone C200 (1x200 kW)	2G Patruus (100 kW)	2 x IBT-Capstone C65
PBT [anni]	8	20	8	9	7	15
VAN [€]	3.646.438	813.631	819.055	640.653	479.745,89	171.357
TIR [%]	17,69%	7,95%	17,56%	16,43%	19,01%	9,70%



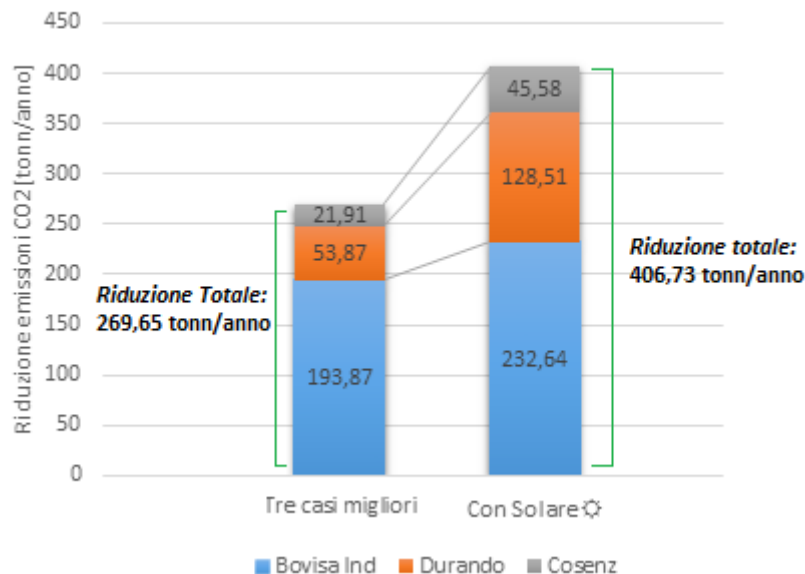
Tre casi migliori precedentemente individuati

	Bovisa Ind Jenbacher Type 4	Durando 2G Agenitor	Cosenz 2G Patruus
Parco elettrico medio			
RIDUZIONE CO ₂ [tonn/anno]	193,87	53,78	21,91
RIDUZIONE PERCENTUALE CO ₂	5,40%	6,62%	4,81%
Parco termoelettrico			
RIDUZIONE CO ₂ [tonn/anno]	1027,37	199,81	128,70
RIDUZIONE PERCENTUALE CO ₂	20,03%	18,11%	20,37%

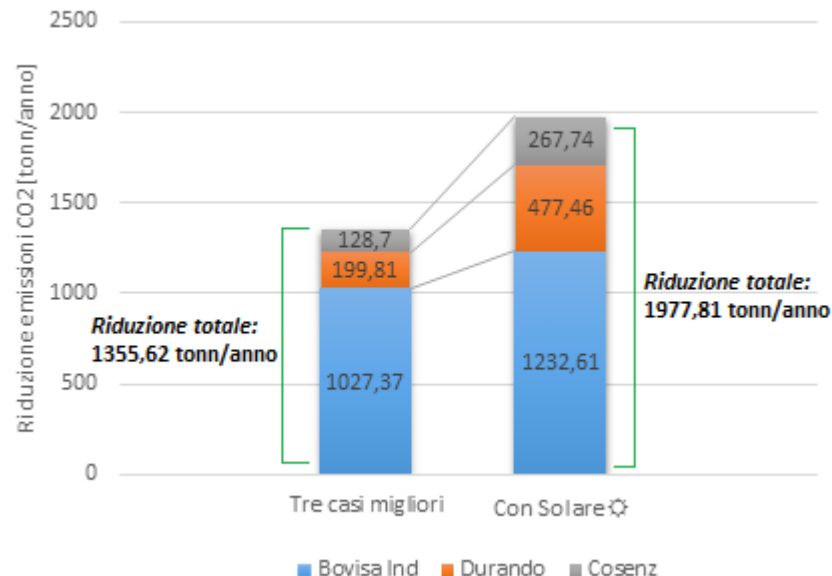
Tre casi con solare

	Bovisa Ind	Durando	Cosenz
Parco elettrico medio			
RIDUZIONE CO ₂ [tonn/anno]	232,64	128,51	45,58
RIDUZIONE PERCENTUALE CO ₂	6,48%	15,81%	10,01%
Parco termoelettrico			
RIDUZIONE CO ₂ [tonn/anno]	1232,61	477,46	267,74
RIDUZIONE PERCENTUALE CO ₂	24,03%	58,78%	58,79%

Parco elettrico medio



Parco termoelettrico





La realizzazione dei tre **impianti trigenerativi** risulta vantaggiosa sotto gli aspetti **tecnico-economici ed ambientali**

- La configurazione impiantistica migliore prevede, in tutti e tre i casi, l'utilizzo di un **motore a combustione interna** come motore primo (rispettivamente da 1189, 220, 100 kWel), con tempi di ritorno di **7-8 anni** e **risparmi economici annuali** totali (sommando i tre interventi) di circa **630.000 €/anno**.
- Il risparmio totale di emissioni di **CO₂** è pari a **270 t/ anno**. Se per la produzione elettrica si assumesse il riferimento **ISPRA** delle emissioni del solo **parco termoelettrico** il risparmio salirebbe a **1300 t/anno**.
- L'integrazione con il **solare termico** è **auspicabile** per tutti e tre gli impianti, per via delle **minori emissioni di CO₂**, con una riduzione totale pari a **400 t/anno**. Con riferimento al solo **parco termoelettrico** si arriva ad una riduzione di circa **2000 t/anno**.



Grazie per l'attenzione!