

Rapporto Ambientale

Valutazione Ambientale Strategica del
Programma Integrato di Intervento Post Expo.

MIND: Progetto di rigenerazione per uno sviluppo
urbano sostenibile

Allegato 5 REV01 – Strategia Energetica

Autorità procedente: Comune di Milano – Area Pianificazione Tematica e Valorizzazione Aree

Autorità competente: Comune di Milano – Area Ambiente ed Energia

settembre 2019

Integrato a seguito dell'espressione del Parere Motivato VAS

Valorizzare
Trasformare
Innovare

Atexpo S.p.A.

Comune di Milano
A. PIANIFICAZIONE
Arexpo S.p.A.
PG 0036380 / 2020
Del 20/01/2020 13:32:14
Per ricevuta
A: A. PIANIFICAZIONE
TEMATICA E

ALLEGATO

ALLEGATO ALLA PROPOSTA DI DELIBERAZIONE IN ATTI: 77/20
IL CONTENUTO TECNICO E GRAFICO DEL PRESENTE ALLEGATO
E' CONFORME A QUELLO DELL'ALLEGATO UNITO ALLA DELIBERA
DI ADOZIONE N. 1659 DEL 2/10/2019
SI ATTESTA CHE IL PRESENTE DOCUMENTO E' COMPOSTO
DI N. 59 PAGINE
MILANO, 31/01/2020

COMUNE DI MILANO
DIREZIONE URBANISTICA
Area Pianificazione Tematica e
Valorizzazione Aree

X Il Direttore di Area
Arch. Giancarlo Tancredi

IL DIRETTORE
Arch. Simona Collarini

1	Premessa	3
2	Driver Strategici	4
3	Dati di input	4
4	Stato attuale del Sito	5
5	Fabbisogni energetici del Sito	6
6	Strategia Energetica	11
6.1	Approvvigionamento Energetico: Scenario 1	14
6.1.1	Scenario 1A	14
6.1.2	Scenario 1B	21
6.2	Approvvigionamento Energetico: Scenario 2	21
6.2.1	Scenario 2A	22
6.2.2	Scenario 2B	27
6.3	Approvvigionamento Energetico: Scenario 3	27
6.3.1	Scenario 3A	28
6.3.2	Scenario 3B	33
6.4	Approvvigionamento Energetico: Scenario 4	33
6.4.1	Scenario 4A	34
6.4.2	Scenario 4B	40
6.5	Confronto Scenari	40
6.6	Schema impiantistico	44
6.7	Gestione	51
6.8	Stima dei costi	52
7	Carbon Strategy	53
7.1	Target Setting	53
7.2	Piano di azione	54
7.3	Approvvigionamento energetico – 100% green energy	55
7.4	Assessment	55
7.5	Accountability – Indicatori (KPI)	57
7.6	Stakeholder Engagement	57

1 Premessa

Lo scopo del presente documento è fornire una descrizione dell'analisi dei fabbisogni energetici e degli scenari di approvvigionamento identificati per il sito MIND, illustrando i possibili set impiantistici necessari a soddisfare i fabbisogni energetici stimati.

Tale descrizione è redatta allo scopo di evidenziare i Driver Strategici del progetto MIND, che indirizzeranno la progettazione nelle fasi successive e il futuro sviluppo dell'area. La strategia energetica è stata quindi elaborata coerentemente con i brief progettuali indicati da Arexpo S.p.A. per sfruttare al meglio quanto già in essere, massimizzare l'approccio sostenibile del progetto e puntare al superamento delle esigenze imposte dai limiti normativi previsti per le nuove costruzioni. A tal fine, compatibilmente con la peculiarità del sito e la fattibilità tecnica, le soluzioni adottate hanno seguito i principi della massima efficienza tecnologica rispetto alla baseline di mercato, della massimizzazione dell'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (FER) e/o cogenerative e della riduzione dei fabbisogni mediante il miglioramento delle performance dei sistemi edificio/impianto. In particolare, gli involucri edilizi adottati in questa fase progettuale presentano prestazioni particolarmente elevate e il dimensionamento degli impianti fotovoltaici e delle altre tecnologie FER, compatibilmente con la fattibilità tecnica e con le superfici presenti, risulta ampiamente al di sopra dei limiti previsti dal D.Lgs. 28/2011. Per massimizzare l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è stato considerato come driver fondamentale il totale approvvigionamento di energia elettrica di origine rinnovabile tramite la stipula di opportuni contratti di fornitura e/o l'acquisto di energia fotovoltaica da soggetti Terzi autorizzati, ubicati in prossimità del Sito.

La Strategia Energetica è stata impostata per rispondere alle seguenti esigenze:

- Stima fabbisogni energetici delle singole strutture o gruppi di strutture
 - Riscaldamento
 - Raffrescamento
 - Ventilazione
 - Acqua Calda Sanitaria (ACS)
 - Energia
- Analisi dei possibili scenari di approvvigionamento e dei possibili modelli di gestione del sito e/o delle singole strutture
 - Scelte impiantistiche
 - Localizzazione centrali e possibili schemi di distribuzione
 - Adozione di impianti alimentati da fonti rinnovabili
- Stima consumi energetici sulla base dello scenario scelto
 - Potenze di picco
 - Curve di carico
- Peculiarità di progetto
 - Compliance normativa
 - Autorizzazioni
 - Impatto sulle emissioni

Il mix funzionale modellato e descritto nella presente relazione rappresenta il peggiore caso possibile, va quindi precisato che, qualora variesse il mix all'interno dei range di potenza indicati, non andrà considerato uno stravolgimento dello studio, bensì solo un suo adattamento.

2 Driver Strategici

I Driver Strategici di Progetto, in base ai quali sono stati individuati i possibili scenari di approvvigionamento energetico, mirano a due obiettivi principali: **la massima sostenibilità ambientale e la massima flessibilità nella gestione energetica del sito**. Tali scopi sono perseguiti attraverso la definizione dei seguenti driver:

- massimizzare l'utilizzo delle risorse e delle infrastrutture esistenti
- massimizzare l'efficienza energetica dei sistemi di generazione
- minimizzare i fabbisogni energetici
- garantire la diversificazione dei vettori di approvvigionamento
- massimizzare l'apporto da fonti rinnovabili
- contenere la richiesta di disponibilità di potenza da rete elettrica
- consentire l'erogazione di servizi energetici comuni (ESCo)

La sostenibilità del progetto è quindi ricercata tramite la riduzione dei fabbisogni energetici, attraverso la definizione di performance elevate per gli edifici, la massimizzazione dell'efficienza energetica dei sistemi di generazione per il relativo soddisfacimento di tali fabbisogni, nonché tramite l'utilizzo delle risorse presenti sul sito e delle infrastrutture già esistenti.

Infatti, il progetto vedrà la realizzazione di edifici che non soltanto rispetteranno le normative di legge, le quali prevedono la realizzazione di edifici ad energia quasi zero (NZEB – *Nearly Zero Energy Building*), ma anche che oltrepasseranno detti obiettivi posizionandosi ai vertici delle classificazioni energetiche nazionali ed internazionali (Classe A1 – A2 – A3 – A4, LEED Gold e Platinum, certificazione LEED ND), con l'obiettivo di rappresentare uno standard di riferimento per le operazioni di generazione e rigenerazione urbana a livello globale.

Per la climatizzazione dei locali si prevedono moderne tecnologie a bassa temperatura, che integrino, ove possibili, sistemi radianti.

Inoltre, il sito presenta una buona disponibilità di acqua, sia dalla falda sia dal canale perimetrale, già utilizzata durante Expo 2015 per la climatizzazione degli ambienti: è stata valutata quindi la possibilità sia di potenziare l'utilizzo della risorsa idrica e di ottimizzare l'impiego delle infrastrutture esistenti, quali il canale artificiale realizzato lungo il perimetro della struttura e le relative reti di prelievo e scarico esistenti, sia quella di prescindere dallo sfruttamento di tale risorsa. Di conseguenza, nel caso di utilizzo dell'acqua di canale è stato considerato anche lo sfruttamento dei punti di connessione esistenti, ipotizzando un loro ampliamento.

Nell'analisi degli scenari possibili, è stato valutato anche l'eventuale approvvigionamento energetico da reti di teleriscaldamento/teleraffreddamento da soggetti terzi esterni al distretto.

La flessibilità del sistema è perseguita attraverso la diversificazione dei vettori di approvvigionamento e dalla ridondanza della configurazione di sistema, nonché dagli aspetti modulari di alcune delle centrali proposte e dalla possibilità di approvvigionamento da soggetti terzi nelle vicinanze del sito.

Altro aspetto fondamentale per la flessibilità è l'interconnessione: le centrali previste saranno collegate tra loro ed avranno in supporto l'una all'altra a seconda della richiesta.

Le maggior parte delle sottocentrali degli edifici presenterà connessioni multiple: acqua di pozzo, acqua di canale (se presente), reti di riscaldamento e raffreddamento; tutto è finalizzato a dare priorità alle fonti a basso costo (reti di acqua tecnica di pozzo/canale) e successivamente, all'occorrenza, utilizzare le reti di teleriscaldamento/ teleraffreddamento.

3 Dati di input

Nell'elaborazione del MasterPlan del sito MIND sono state definite le consistenze di progetto in base alle diverse destinazioni d'uso, cui sono stati attribuiti i diversi livelli di Classe Energetica desiderati e le tipologie di Certificazioni LEED da perseguire.

In particolare il conteggio puntuale effettuato nell'ambito del Piano Integrato di Intervento prevede una superficie lorda di pavimento (SLP) pari a circa 950.000 mq. Tale superficie riparametrata sul mix funzionale di riferimento conduce ad una riduzione di circa 5.000 mq di SLP sulla funzione produttiva e circa 5.000mq di SLP sulle altre funzioni di interesse pubblico indicate nella Tabella 4 che segue. Tali variazioni, essendo in diminuzione, non comportano alcuna variazione significativa sugli impatti attesi.

Tipologia	Superficie	Superficie Climatizzata	Volume Climatizzato	Classe A4		Classe A3		Classe A2		Classe A1		Classe B		LEED
	[m2]	[m2]	[m3]	%	[m2]	%	[m2]	%	[m2]	%	[m2]	%	[m2]	
Terziario	305.000	253.150	683.505	50%	152.500	50%	152.500		-		-		-	Platinum 50% Gold 50%
Residenziale	90.000	74.700	216.630	100%	90.000		-		-		-		-	Platinum
Commerciale	35.000	29.050	116.200		-		-	100%	35.000		-		-	Gold
Ricettivo	15.000	12.450	34.860		-		-		-	100%	15.000		-	Gold
Produttivo	30.250	25.108	100.430		-		-		-		-	100%	30.250	Gold
Housing Sociale/ Residenze per studenti	30.000	24.900	72.210	100%	30.000		-		-		-		-	Gold
Altri servizi di interesse generale	128.635	106.767	309.624	100%	128.635		-		-		-		-	Gold
Ospedale Galeazzi	94.615	78.530	439.771		-		-		-		-		-	
Human Technopole	35.000	29.050	78.435		-		-		-		-		-	
UniVersità	187.000	155.210	512.193		-		-		-		-		-	Gold
Totale Superfici	950.500	788.915	2.563.858		401.135		152.500		35.000		15.000		30.250	

Tabella 1 – Prestazioni Attese per Destinazione d'Uso

A ciò si aggiungono i dati (riportati in Tabella 2) relativi alla disponibilità di acqua di falda e di canale in parte già presenti in sito, in parte previste da realizzare, con la differenziazione tra regime estivo ed invernale.

In fase di progettazione esecutiva, qualora dovesse emergere l'impossibilità o la difficoltà ad emungere i quantitativi di acqua indicati, si ricorrerà all'utilizzo di sorgenti alternative, quali le Pompe di Calore Aria-Acqua, tipicamente tecnologie flessibili e modulari adatte allo scopo.

Potenzialità Fonti Acqua (Pozzi e Canale)	Inverno	Estate	Note
Acqua di Canale	351 l/s	702 l/s	6 pompe da 117 l/s. Durante l'inverno precauzionalmente considerata 50% portata
Acqua di Pozzo (Pozzi esistenti Area Sud)	94 l/s	94 l/s	94 l/s da pozzi superficiali
Acqua di Pozzo (Nuovi Pozzi Area Nord)	241 l/s	194 l/s	241 l/s (194 l/s in estate) da Pozzi di 44 l/s esistenti e Pozzi di 30 l/s in progetto
Acqua di Pozzo di Terzi	85 l/s	85 l/s	eventuale utilizzo pozzi di Terzi (es. Fiera Milano)

Tabella 2 – Disponibilità Risorsa Idrica nel Sito

Il fatto che il canale perimetrale agisca anche come collettore delle acque meteoriche, può consentire ulteriori ottimizzazioni potendo ipotizzare lo sfruttamento di ulteriori portate, rispetto alle normali portate del canale, durante gli eventi di pioggia, in virtù di una regolazione complessiva del sito. Queste ottimizzazioni, cautelativamente, non sono state considerate in questa fase.

Nelle successive ipotesi degli scenari energetici è stata considerata l'eventualità dell'indisponibilità dell'acqua di canale, in modo da poter valutare le conseguenze delle potenziali criticità di approvvigionamento di tale risorsa e, allo stesso tempo, validare la flessibilità e la robustezza dei diversi scenari proposti.

4 Stato attuale del Sito

Sono al momento presenti sul sito le seguenti reti tecnologiche:

Reti Tecnologiche Sito Arexpo	
Rete fognatura nera	Rete acqua di condensazione
Rete fognatura bianca	Rete antincendio
Rete acqua potabile	Reti polifore elettriche
Rete acqua sanitaria	Rete ICT
Rete acqua di pozzo	Impianto di terra

Tabella 3 – Reti tecnologiche esistenti

Tutte queste reti saranno riutilizzate, implementandole dove necessario anche con nuove linee dedicate ai nuovi servizi energetici, sempre rispettando la distribuzione principale in asse con il Decumano, del quale si cercherà di preservare la conformazione relativa alle opere sia superficiali sia interrato.

Si prevede quindi l'utilizzo delle sottocentrali di pompaggio sia dell'acqua di canale, ove considerata disponibile, con un'integrazione dovuta alla necessità di creare nuovi pozzi per aumentare la portata di acqua utilizzabile.

Per quanto riguarda la distribuzione elettrica, essa rimarrà sostanzialmente invariata: dalla Cabina di consegna in Alta Tensione un anello in MT alimenta le varie cabine principali dalle quali si diramano le linee di alimentazione delle cabine secondarie (in MT). Le cabine secondarie sono poste in diversi punti del sito per la trasformazione finale (MT/BT) per l'alimentazione degli edifici e degli altri servizi.

5 Fabbisogni energetici del Sito

I fabbisogni di potenza per *Riscaldamento*, *Raffrescamento* ed *Elettricità* sono stati calcolati in regime invernale ed estivo a seguito della stima delle potenze termiche, frigorifere ed elettriche necessarie per la climatizzazione estiva e invernale, per la ventilazione degli ambienti, per la generazione dell'acqua calda sanitaria, per i consumi elettrici interni agli edifici e per i servizi comuni del sito.

Come dati di input sono state valutate le consistenze e le destinazioni d'uso ad oggi ipotizzate, in base alle quali sono state stimate in via preliminare le potenze termiche, frigorifere ed elettriche necessarie alla copertura dei fabbisogni del sito MIND, con i risultati sintetizzati in Tabella 4.

	Utenze	SLP	Potenza Heating	KPI	Potenza DHW	KPI	Potenza Frigorifera	KPI	Potenza Elettrica	KPI
		[m ²]	[MWt]	[Wt/m ²]	[MWt]	[Wt/m ²]	[MWf]	[Wf/m ²]	[MWe]	[We/m ²]
1	Terziario	305.000	15,0	49,3	0,7	2,2	27,3	89,6	7,1	23,3
2	Residenziale	90.000	4,9	54,2	0,5	6,0	5,6	62,0	1,7	18,4
3	Commerciale	35.000	2,9	83,0	0,1	1,7	5,0	142,8	1,8	51,5
4	Ricettivo	15.000	1,0	69,7	0,09	5,8	1,3	83,8	0,4	24,4
5	Produttivo	30.250	1,8	58,1	0,1	1,7	3,5	116,2	2,0	67,6
6	Housing Sociale/Residenze Studenti	30.000	1,5	49,3	0,2	6,0	1,9	62,0	0,6	18,4
7	Altre funzioni di interesse pubblico	128.635	6,3	49,3	0,3	2,2	11,5	89,6	3,0	23,3
8	Ospedale Galeazzi	94.615	6,7	70,9	3,9	40,7	15,5	164,0	4,6	49,0
9	Human Technopole	35.000	1,7	49,3	0,1	2,2	3,5	100,8	8,0	227,2
10	Università	156.000	9,4	60,3	0,4	2,7	17,1	109,6	6,6	42,1
11	Espansione Università	31.000	1,9	60,3	0,1	2,7	3,4	109,6	0,8	24,3
	Totale	950.500	53		6		96		36	

Tabella 4 – SLP e Fabbisogni Energetici distinti per Destinazione d'Uso

Le variazioni nella ripartizione degli slp per le singole funzioni, così come illustrato nella tabella 4, non comportano significative modifiche nel calcolo dei fabbisogni energetici complessivamente attesi (tab. 6).

Relativamente agli usi comuni sono di seguito indicate le tipologie di utenza considerate:

Tipologia Servizio	
1	Parcheggi Privati - Illuminazione e FEM
2	Parcheggi Privati - Ricarica Veicoli
3	Parcheggi Comuni - Illuminazione e FEM
4	Parcheggi Comuni - Ricarica Veicoli
5	Illuminazione Esterna
6	Irrigazione
7	Antincendio
8	Servizi Energetici Comuni (es. Sistemi di Pompaggio)
9	Sistemi di Sicurezza
10	TVCC
11	BMS
12	Trasporto collettivo interno
13	Trasporto merci
14	Parco Tematico
15	Teatro Esterno

Tabella 5 – Tipologie Usi Comuni (Servizi Condominiali)

In considerazione dei fattori di carico e dei fattori di contemporaneità degli impianti a servizio delle singole strutture e dell'intero sito, i fabbisogni energetici attesi, intesi come fabbisogni di picco di calore, energia frigorifera ed energia elettrica per altri usi, sono riportati nella seguente tabella.

Stima Potenza Fabbisogno di Picco	Riscaldamento+ACS [MWt]	Raffrescamento [MWf]	Potenza elettrica (Usi comuni e privati) [MWe]
Regime Invernale	49,5	12,7	36,7
Regime Estivo	9,7	84,5	36,7

Tabella 6 - Fabbisogno di picco Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettricità (esclusi consumi per generazione caldo/freddo)

In particolare:

- *Riscaldamento e Acqua Calda Sanitaria* (di seguito, per brevità, *Riscaldamento*) rappresenta il picco di potenza contemporanea necessario per la produzione di energia termica destinata al riscaldamento degli ambienti, alla generazione dell'acqua calda sanitaria e alle esigenze di ventilazione degli ambienti.
- *Raffrescamento* rappresenta il picco di potenza contemporanea necessario per la produzione di energia frigorifera destinata alla climatizzazione estiva e alla ventilazione degli ambienti.
- *Elettricità* include il picco di potenza contemporanea per gli usi comuni (stimato in 7 MWe) e privati (stimato in 29,5 MWe) con l'esclusione dei fabbisogni per la generazione di caldo e freddo (che saranno calcolati man mano che, nel corso del processo di seguito descritto, saranno identificate le tecnologie di produzione dei fluidi primari).

Al fine di validare le assunzioni relative ai coefficienti di contemporaneità degli impianti, sono state elaborate le curve di carico orarie di ogni tipologia di utenza per determinare l'andamento e i picchi di potenza richiesti nell'arco dell'anno. La composizione di tale curve ha consentito di ottenere il profilo di richiesta di potenza termica, frigorifera ed elettrica del sito per tutte le ore dell'anno. Si riportano di seguito tali curve di carico e le relative distribuzioni orarie, al fine di evidenziare la frequenza di richiesta delle diverse potenze durante l'anno.

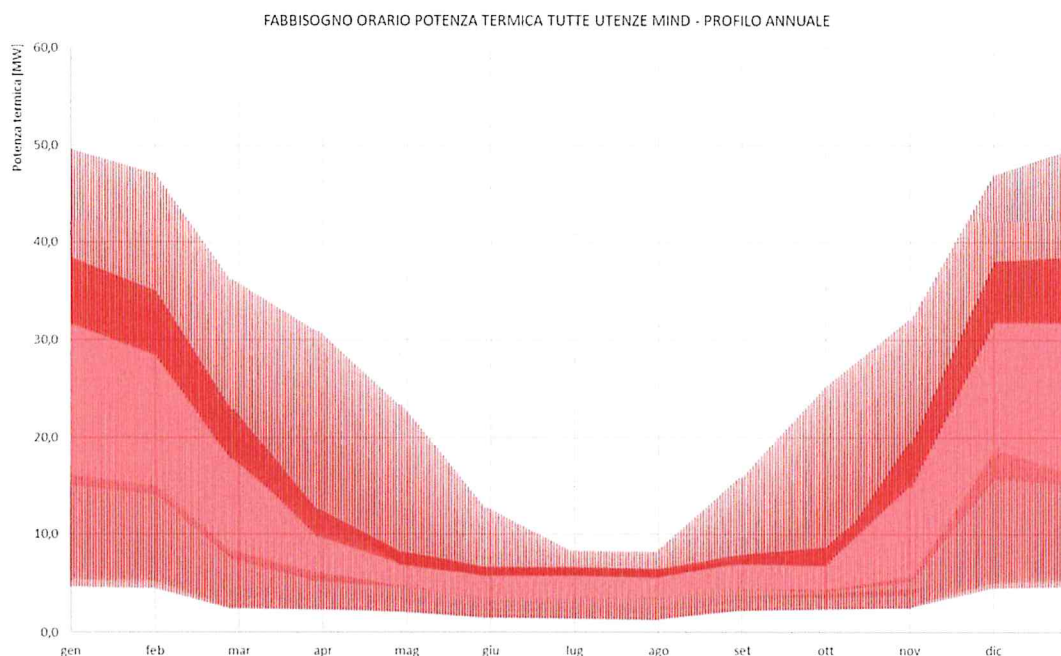


Figura 1 – Curva di carico fabbisogno potenza termica

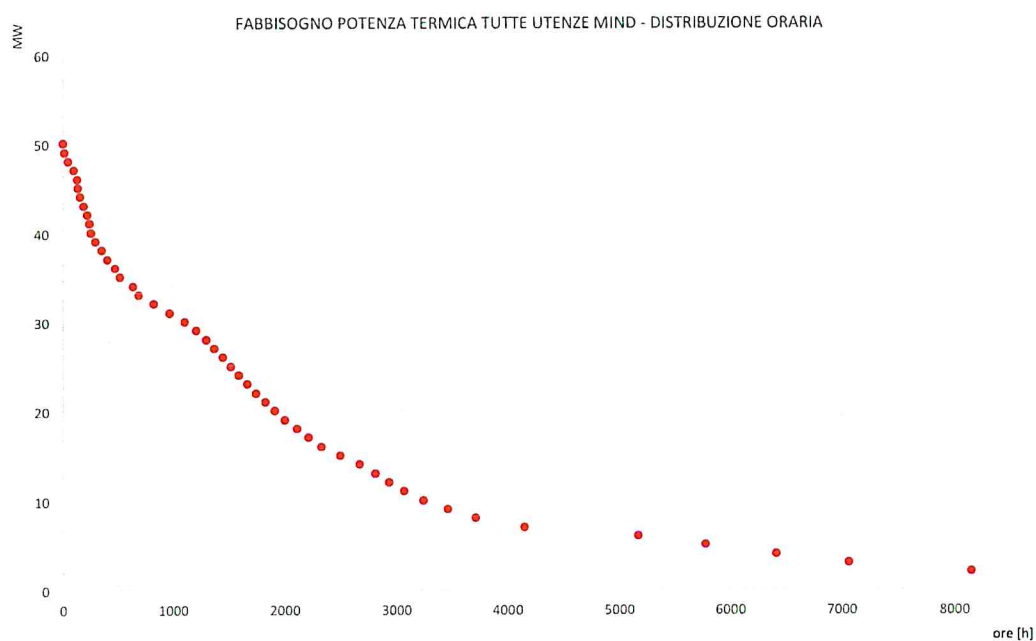


Figura 2 – Distribuzione oraria fabbisogno potenza termica

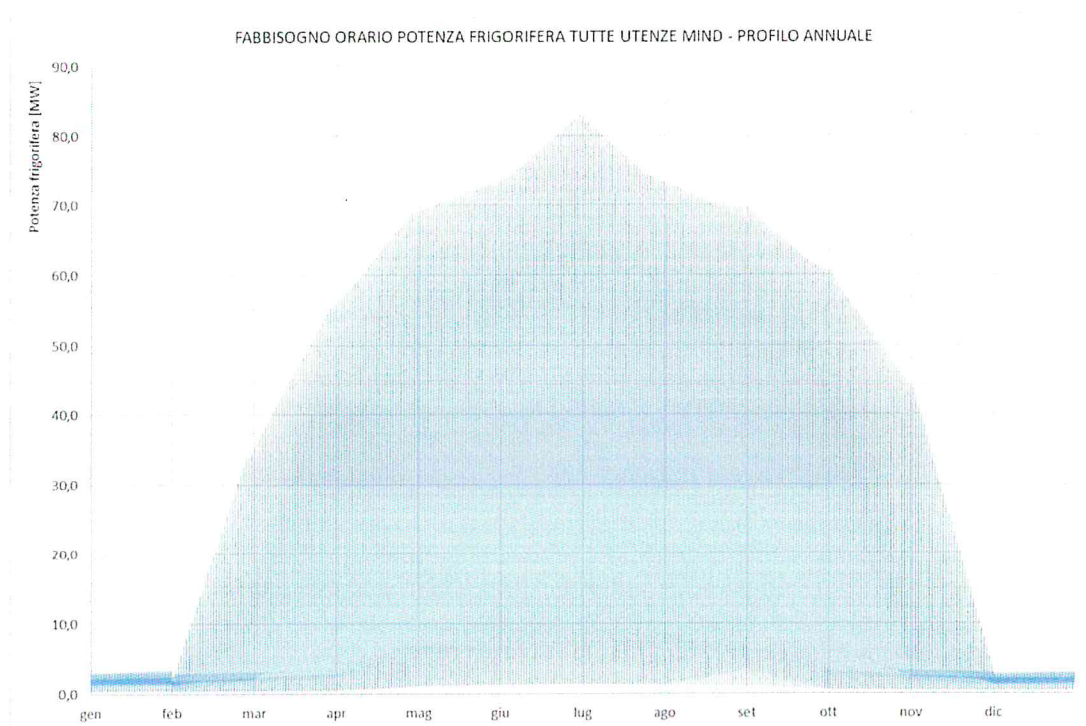


Figura 3 – Curva di carico fabbisogno potenza frigorifera

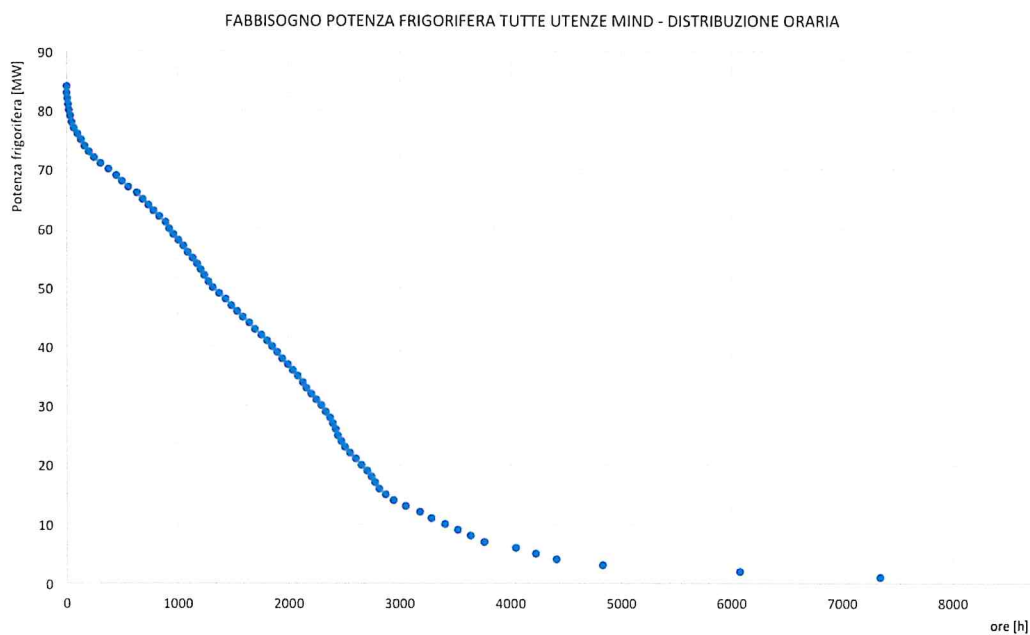


Figura 4 – Distribuzione oraria fabbisogno potenza frigorifera

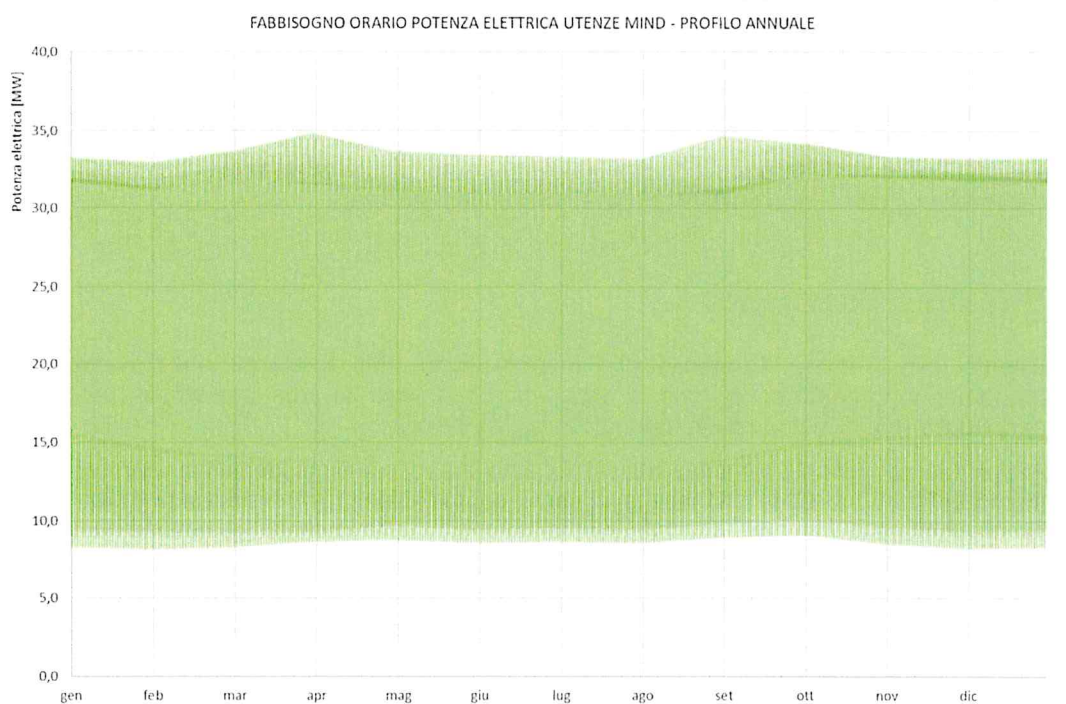


Figura 5 – Curva di carico fabbisogno potenza elettrica

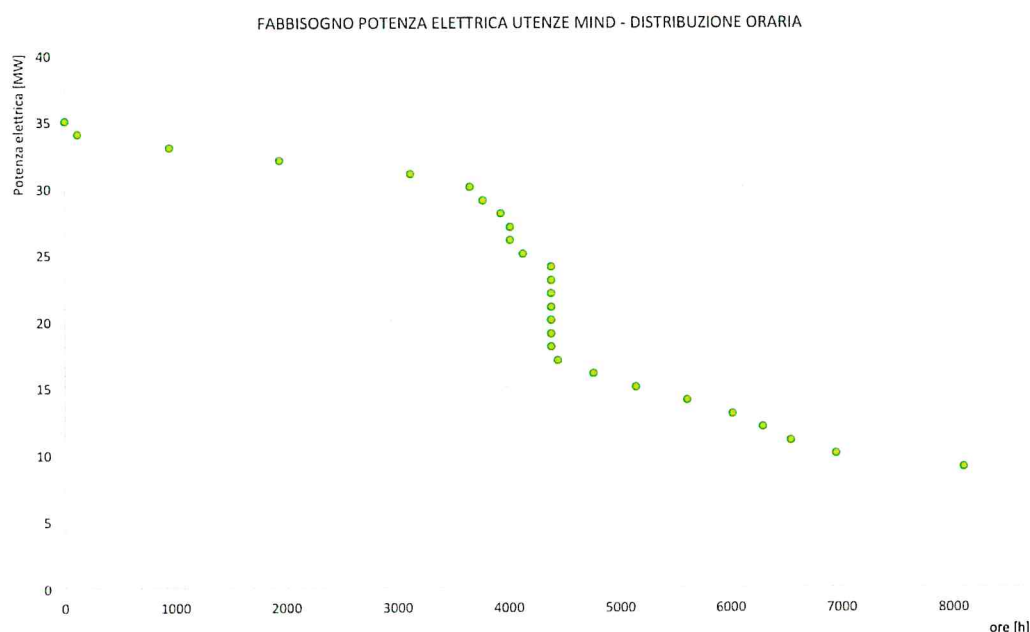


Figura 6 – Distribuzione oraria fabbisogno potenza elettrica

Dalle curve di carico e le rispettive distribuzioni orarie si evince che la richiesta minima di energia termica nel sito è stimata pari a 2 MWt (frequenza 8.760 ore/anno, con impiego di 7 MWt per oltre 4.000 ore/anno); la richiesta minima di energia frigorifera è 1 MWf (frequenza 8.760 ore/anno con un impiego di circa 5 MWf per oltre 4.400 ore/anno); la richiesta minima di energia elettrica è circa 6 MWe (per 8.760 ore/anno con un valore medio di circa 20 MWe per 4.000 ore/anno). La richiesta di energia frigorifera al di fuori della stagione estiva è stata considerata, in questa fase, per i soli impieghi ospedalieri: resterà da approfondire ed eventualmente integrare nelle fasi di progettazione l'eventuale richiesta di energia frigorifera al di fuori dei mesi estivi anche per la refrigerazione di sistemi con particolari esigenze, quali laboratori o ambienti con speciali trattamenti dell'aria, afferenti agli enti di ricerca (Università e Human Technopole).

6 Strategia Energetica

Coerentemente con i Driver Strategici di Progetto, sono stati ipotizzati quattro diversi scenari di approvvigionamento energetico, ognuno a sua volta suddiviso in due opzioni in base alle possibili configurazioni della rete di distribuzione (centralizzata/distribuita).

La differenziazione tra i diversi scenari è stata sviluppata sulla base della disponibilità delle risorse energetiche in sito, in particolare sono state valutate le possibili combinazioni relative alla possibilità di: a) usufruire dell'acqua di condensazione del Canale perimetrale, b) dell'eventuale collegamento a una rete di teleraffrescamento esterna al distretto. Per ogni scenario sono state poi considerate due diverse opzioni:

- Opzione A - Sistema centralizzato con più centrali collegate ad un'unica rete di distribuzione per il caldo/freddo e sottocentrali di collegamento ed eventuale sfruttamento della rete di condensazione.
- Opzione B - Sistema di centrali e sottocentrali indipendenti per la produzione di acqua calda/fredda e per l'eventuale sfruttamento della rete di condensazione, distribuite sul sito, a servizio dei singoli distretti annessi.

In sintesi, gli scenari ipotizzati sono i seguenti:

- Scenario 1:
 - Opzione 1A: utilizzo dell'acqua di canale, nessun approvvigionamento da soggetti terzi; distribuzione centralizzata
 - Opzione 1B: utilizzo dell'acqua di canale, nessun approvvigionamento da soggetti terzi; distribuzione con centrali indipendenti
- Scenario 2:
 - Opzione 2A: utilizzo dell'acqua di canale, approvvigionamento da soggetti terzi; distribuzione centralizzata
 - Opzione 2B: utilizzo dell'acqua di canale, approvvigionamento da soggetti terzi; distribuzione con centrali indipendenti
- Scenario 3:
 - Opzione 3A: nessun utilizzo dell'acqua di canale, utilizzo dell'acqua di pozzo solo di falda superficiale; nessun approvvigionamento da soggetti terzi; distribuzione centralizzata
 - Opzione 3B: nessun utilizzo dell'acqua di canale, utilizzo dell'acqua di pozzo solo di falda superficiale, nessun approvvigionamento da soggetti terzi; distribuzione con centrali indipendenti
- Scenario 4:
 - Opzione 4A: nessun utilizzo dell'acqua di canale, utilizzo dell'acqua di pozzo solo di falda superficiale, approvvigionamento da soggetti terzi; distribuzione centralizzata
 - Opzione 4B: nessun utilizzo dell'acqua di canale, utilizzo dell'acqua di pozzo solo di falda superficiale, approvvigionamento da soggetti terzi; distribuzione con centrali indipendenti

La tabella seguente riporta in via schematica la combinazione delle variabili progettuali per ogni scenario.

Scenari	Opzioni	Utilizzo acqua canale	Approvvig. TLR terzi	Distribuzione centralizzata
Scenario 1	1A	✓	✗	✓
	1B	✓	✗	✗
Scenario 2	2A	✓	✓	✓
	2B	✓	✓	✗
Scenario 3	3A	✗	✗	✓
	3B	✗	✗	✗
Scenario 4	4A	✗	✓	✓
	4B	✗	✓	✗

Tabella 7 – Variabili progettuali per ogni scenario

Da un punto di vista tecnologico si può affermare che tutti gli scenari ipotizzati non differiscono in maniera sostanziale, perchè, a prescindere dalla disponibilità o meno di alcune risorse energetiche, essi presentano una configurazione impiantistica simile. Di contro, il passaggio dall'opzione A all'opzione B di ogni scenario comporta un notevole variazione della distribuzione dei fluidi termovettori, passando da una configurazione centralizzata ad una caratterizzata da centrali tecnologiche indipendenti, come ben evidenziato dagli schemi seguenti.

Figura 7 – Schema Opzione A

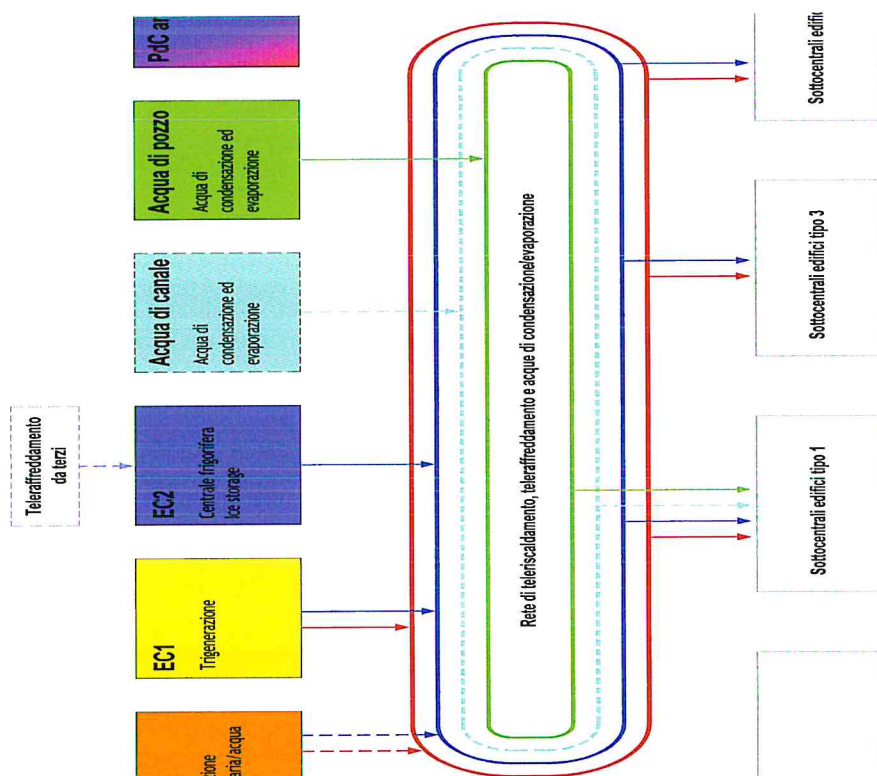
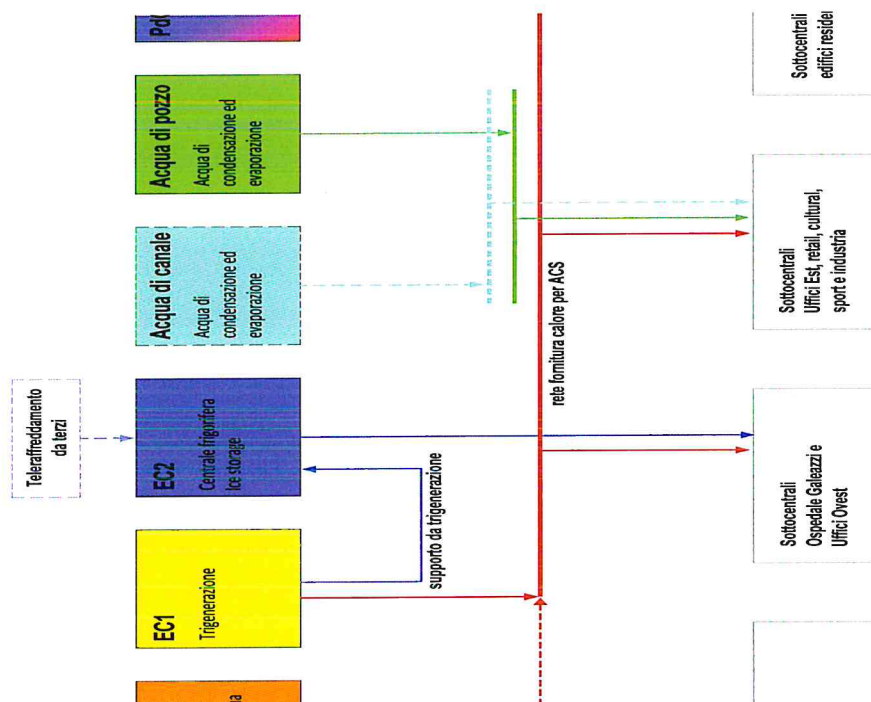


Figura 8 – Schema Opzione B



In tutti gli scenari, come mostrato dai precedenti schemi, si prevede di realizzare più Centrali (Energy Center) che integrino diverse tecnologie di produzione di fluidi termovettori. Mentre per l'opzione A il sistema si configura di fatto come una capillare rete di teleriscaldamento e teleraffreddamento, nell'opzione B l'unico

collegamento tra gli Energy Center è una rete di acqua calda di supporto, da utilizzare in caso di carenza dell'acqua di falda. In generale, per ogni scenario il mix energetico ha la medesima configurazione nelle due opzioni, come di seguito descritto, conservando come elemento comune la presenza di un Energy Center indipendente per l'approvvigionamento dell'Università (Energy Center EC3), a cui è tuttavia lasciata la possibilità di un'integrazione in rete.

6.1 Approvvigionamento Energetico: Scenario 1

Tale scenario contempla nel mix energetico l'utilizzo dell'acqua di canale disponibile in sito, sfruttata per la condensazione/evaporazione degli impianti termici a servizio degli edifici, senza considerare la possibilità di utilizzare energia termica proveniente da soggetti terzi esterni al distretto. Come per tutti gli scenari, la configurazione impiantistica è stata ipotizzata sia con una distribuzione centralizzata (opzione 1A) sia con centrali indipendenti (opzione 1B).

6.1.1 Scenario 1A

La disponibilità della risorsa idrica a fini energetici, insieme al previsto reimpiego della rete di distribuzione dell'acqua di falda e dell'acqua di pozzo, consente l'installazione di **pompe di calore acqua-acqua** per la parziale copertura dei fabbisogni di picco per Riscaldamento e Raffrescamento, a fronte di un aumento del fabbisogno di energia elettrica ai fini della generazione, come di seguito riportato.

FabbisogniGeneratiPotenzeAssorbite Pompe di CaloreAcqua-Acqua	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso dei Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso dei Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	18,4	37%	---	---	4,1
Regime Estivo	---	---	17,3	20%	3,5

Tabella 8 – Pompe di Calore Acqua-Acqua - Potenze Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Per completare i fabbisogni indicati, e al fine di diversificare le fonti di approvvigionamento energetico mantenendo un'efficienza di generazione elevata, si prevede l'installazione di un **sistema di trigenerazione** finalizzato a coprire parte del fabbisogno di energia termica in regime invernale e una rilevante quota di energia frigorifera in regime estivo: per limitare l'immissione di energia elettrica in rete, la potenza elettrica complessiva dei sistemi di trigenerazione non dovrebbe eccedere il fabbisogno ad uso "servizi comuni" incrementato della quota necessaria per la generazione dei fabbisogni di Riscaldamento e Raffrescamento.

La presenza di teleriscaldamento/teleraffreddamento, oltre a consentire una diversificazione dei vettori di approvvigionamento, ridurre il prelievo da rete e garantire un'elevata efficienza di generazione (regime "CAR – Cogenerazione ad Alto Rendimento"), concorre ad assolvere per le utenze da esso servite agli obblighi di copertura dei fabbisogni termici da fonti rinnovabili, come da D.Lgs. 28/2011.

FabbisogniGenerati Sistemi di Trigenerazione	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso dei Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso dei Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	20,2	41%	---	---	-10,1
Regime Estivo	9,5	98%	7,0	8%	-10,1

Tabella 9 – Sistemi di Trigenerazione – Potenze Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

I sistemi di generazione, data la necessità di dotare l'Università di una centrale dedicata saranno suddivisi in due diversi Energy Center, EC1 ed EC3, con quest'ultimo a servizio della sola Università.

Lo sfruttamento dell'intera potenza termica generata dai sistemi di trigenerazione in abbinamento con le pompe di calore acqua-acqua permette di coprire una buona percentuale dell'intero fabbisogno per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria, la cui restante parte sarà soddisfatta tramite le pompe di calore aria-acqua, come meglio descritto di seguito.

Potendo garantire una copertura solo parziale del fabbisogno di energia frigorifera, la strategia energetica prevede l'introduzione di sistemi dedicati di generazione del freddo, sia in regime estivo, sia invernale: in particolare, sono necessari impianti che consentano di generare 60,5 MWf in regime estivo e 10,9 MWf in regime invernale.

Il sistema scelto per la produzione di ulteriore energia frigorifera è l'abbinamento di **chiller ad alta efficienza e sistemi di Ice Storage**, come di seguito riportato.

Fabbisogni Generati e Potenze Assorbite Chiller e Ice Storage	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso sul Fabbisogno	Raffrescamento [MWt]	Peso sul Fabbisogno	Potenza Elettrica (Consumo e Produzione) [MWe]
Regime Invernale	---	---	12,7	100%	1,8
Regime Estivo	---	---	36,0	43%	9,9

Tabella 10 – Chiller e Ice Storage – Potenze per Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Tale sistema sarà suddiviso in due diversi Energy Center, l'EC2 e l'EC3, quest'ultimo per il raffrescamento dell'Università, considerata ancora una volta come sistema autonomo. Si precisa che, in questa fase, per l'EC3 non è stato previsto accumulo di ghiaccio al fine di contenere gli ingombri della centrale.

Si riportano di seguito le curve orarie annuali relative alla generazione di potenza frigorifera degli Energy Center EC2 e EC3, considerati come un'unica Centrale.

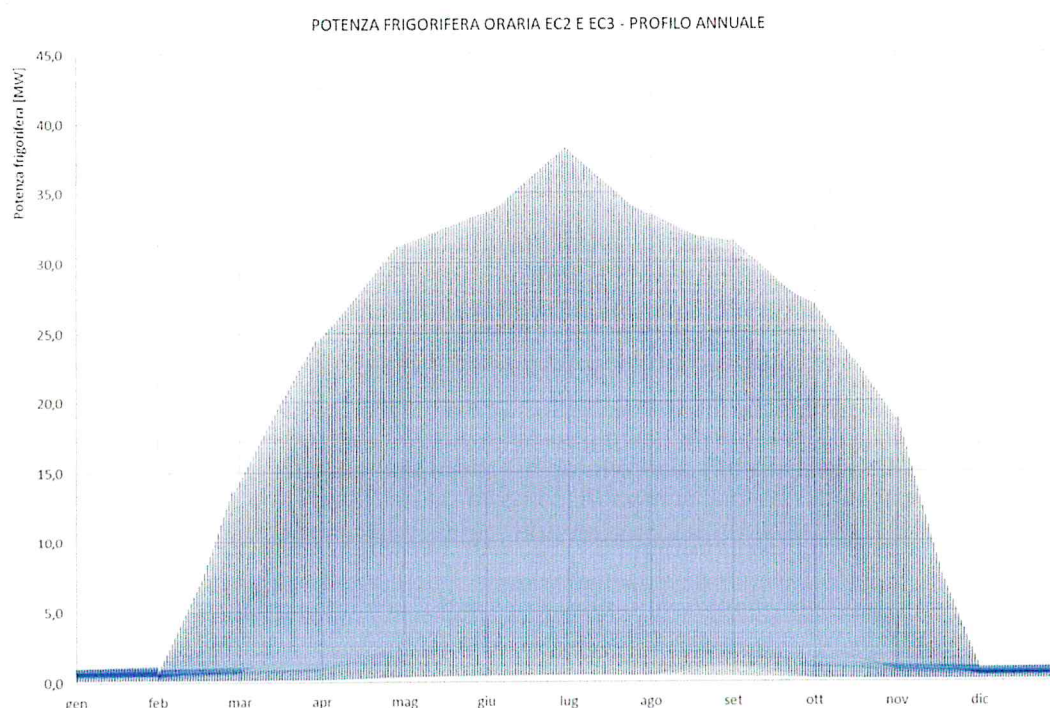


Figura 9 – Curve di carico potenza frigorifera EC2 e EC3

La quota rimanente di energia frigorifera necessaria (24,5 MWf in regime estivo) potrà essere prodotta mediante pompe di calore aria-acqua o sistemi ad espansione diretta negli edifici, che presentino profili di

utilizzo autonomi rispetto all'intero distretto (ad esempio edifici a carattere residenziale). Si è ritenuto, infatti, di mantenere un margine di flessibilità sull'autonomia dei sistemi di generazione a livello di edificio.

Ipotizzando di utilizzare impianti a **pompa di calore aria-acqua**, di seguito sono riportate le potenze generate ed assorbite.

Fabbisogno Generativo Pompe di Calore Aria-Acqua	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso sul Fabbisogno	Raffrescamento [MWf]	Peso sul Fabbisogno	Potenza Elettrica (Consumi + Uso Produzione) [MWe]
Regime Invernale	11,0	22%	---	---	---
Regime Estivo	---	---	24,5	14%	7,0

Tabella 11 – Pompe di Calore Aria-Acqua – Potenza per Raffrescamento e Potenza Elettrica

Al fine di sfruttare al meglio la flessibilità concessa da questa tipologia di sistemi, sarà possibile usare le pompe di calore aria-acqua per la produzione di calore in regime invernale a copertura della restante parte di fabbisogno termico (circa 11 MWt), in modo da avere anche un importante elemento di riserva rispetto al trigeneratore e alle pompe di calore acqua-acqua introdotte nel sito.

La scelta di utilizzare sistemi autonomi per l'approvvigionamento della maggior parte delle utenze di tipo residenziale, retail, industria e *cultural* è stata dettata dalle esigenze legate alle curve di prelievo di potenza, caratteristiche di questa tipologia di utenze: la frammentaria richiesta durante il giorno e durante l'anno, infatti, in questo modo potrà essere soddisfatta con potenze installate minori. Dotare di un sistema centralizzato anche queste utenze comporterebbe, infatti, il dimensionamento di una centrale su potenze molto più elevate e un complicato sistema di gestione della domanda da parte degli utenti finali. Tale scelta non preclude, tuttavia, il collegamento delle sottocentrali di edificio al sistema di teleriscaldamento/teleraffreddamento al fine di prediligere, quando possibile, il prelievo dei fluidi dalla rete centralizzata e, allo stesso tempo, garantire il giusto livello di ridondanza del sistema di generazione per gli edifici.

Considerando che tali sistemi saranno installati direttamente presso le utenze finali sopra descritte, si prevede che la taglia media di tali macchine sarà dell'ordine dei 500-700kWf e, comunque, generalmente inferiore a 1MWf. Tale scelta è dettata, oltre che dall'ovvia necessità di poter servire utenze di piccola taglia in maniera autonoma, anche dalla volontà di sfruttare la modularità e la semplicità di gestione di questo tipo di tecnologie, con l'obiettivo di ottimizzarne il rendimento nei vari regimi di funzionamento.

Giova sottolineare, infatti, che pompe di calore aria/acqua di taglia inferiore al 1MWf rappresentano oggi il segmento di mercato caratterizzato dal più alto rapporto efficienza/costo con prodotti altamente automatizzati in termini di programmazione dei profili di funzionamento, di velocità di entrata in esercizio e di gestione dei protocolli di manutenzione. Naturalmente, solo in fase progettuale sarà possibile definire con maggior dettaglio le diverse taglie e il numero di macchine per ogni edificio.

Sulla base di quanto definito in merito ai sistemi di generazione, il fabbisogno di potenza elettrica per gli usi comuni, inclusi delle potenze necessarie per il funzionamento dei sistemi di generazione, aumenta di circa 5,9 MWe d'inverno e 20,4 MWe d'estate, che si aggiungono ai già citati fabbisogni (7 MWe per le utenze comuni e 29,7 MWe per le utenze private).

Di seguito si riportano, quindi, i fabbisogni di potenza elettrica complessivi del sito, senza considerare il contributo della cogenerazione.

Copertura Fabbisogno Energia Elettrica	Potenza Elettrica (Usi Comuni) [MWe]	Potenza Elettrica (Usi Generazione) [MWe]	Potenza Elettrica (Usi Privati) [MWe]	Totale [MWe]
Regime Invernale	7,0	5,9	29,7	42,6
Regime Estivo	7,0	20,4	29,7	57,1

Tabella 12 – Fabbisogni Elettrici Complessivi di Sito, inclusi i Fabbisogni Uso Generazione Riscaldamento e Raffrescamento

Si riporta nella figura sottostante la curva della richiesta di potenza elettrica da rete e la relativa distribuzione per l'intero sito, alla luce della domanda aggiuntiva dovuta alla generazione, comprensiva dell'autoproduzione da trigenerazione di 10 MWe e da impianti fotovoltaici di 3,6 MWe, di seguito descritti.

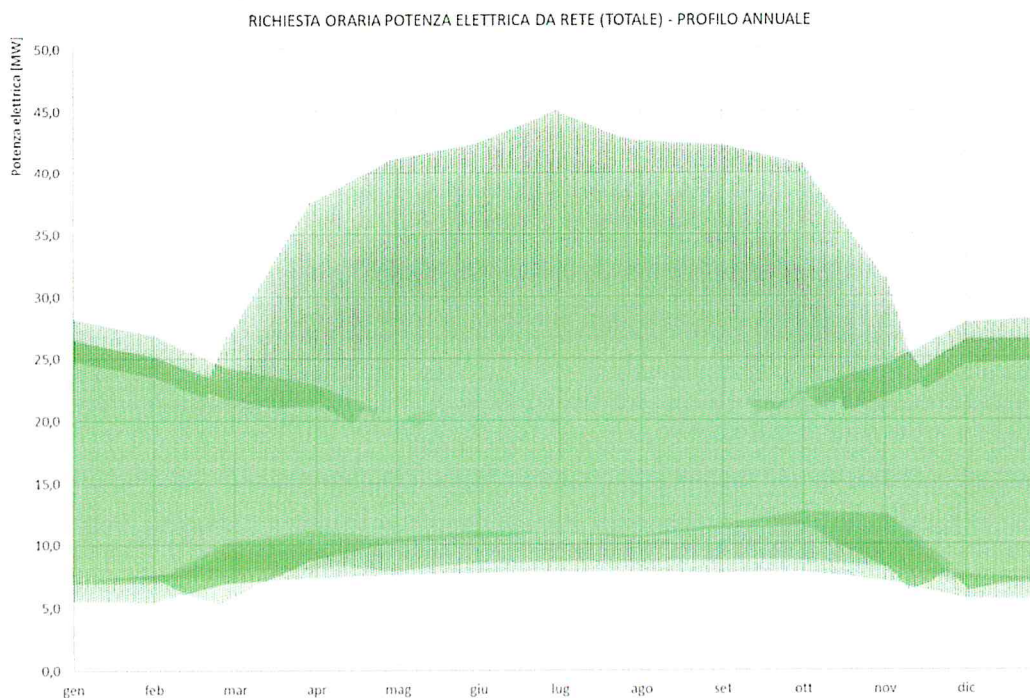


Figura 10 – Curva di carico richiesta di potenza elettrica

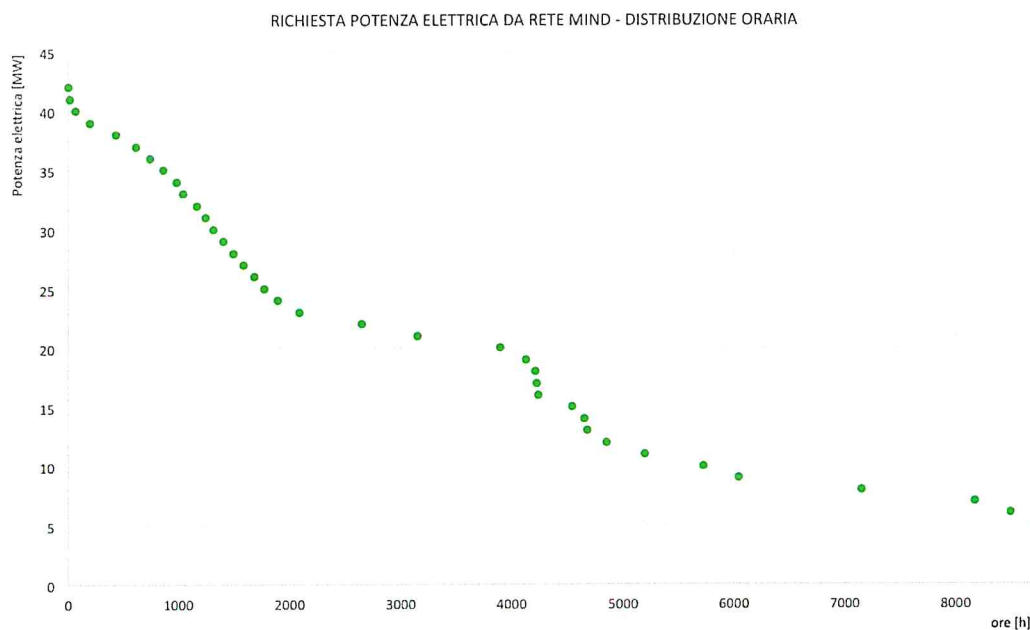


Figura 11 – Distribuzione oraria richiesta potenza elettrica

Le superfici disponibili nel sito saranno utilizzate, per quanto possibile, per la produzione di energia elettrica da **fonte fotovoltaica**: l'energia elettrica prodotta da impianti su superfici "comuni" andrà ad integrare la

copertura dei fabbisogni elettrici per usi comuni, mentre l'energia prodotta tramite l'utilizzo delle superfici degli edifici sarà utilizzata a parziale copertura dei fabbisogni di energia elettrica delle utenze sottese.

Ipotizzando di installare impianti fotovoltaici sulle sole "utenze condominiali" per un totale di 3,6 MWp, è possibile conseguire una riduzione del fabbisogno di potenza elettrica, come di seguito riportato.

Fabbisogni Generati Impianti Fotovoltaici	Potenza Elettrica (Riduzione del Fabbisogno al sito) [MWe]	Peso sul Fabbisogno
Regime Invernale	-0,7	6%
Regime Estivo	-2,7	10%

Tabella 13 – Produzione Elettricità Impianti Fotovoltaici Condominiali

L'ipotesi di posizionamento degli impianti fotovoltaici è riportata nella "Tavola2_Layout Impianti Fotovoltaici" allegata, in cui si è ipotizzato di sfruttare anche le superfici in copertura dell'Università. Si riportano di seguito le curve orarie annuali relative alla produzione di energia elettrica da impianto Fotovoltaico.

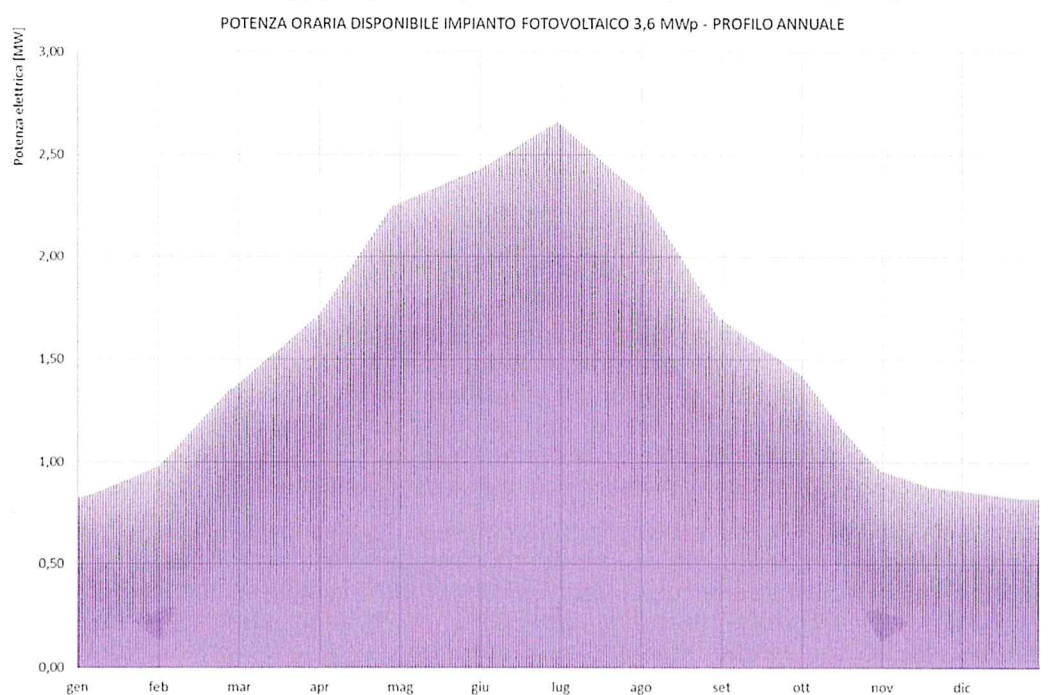


Figura 12 – Curve di produzione energia da fotovoltaico

Di seguito si riportano gli assetti per l'approvvigionamento di energia elettrica proposti per il sito (ivi inclusi i fabbisogni per usi privati, usi comuni e per la generazione termo-frigorifera) sia in regime estivo, sia in regime invernale e, infine, il riassunto degli assetti di generazione di Riscaldamento (regime invernale) e Raffrescamento (regime estivo).

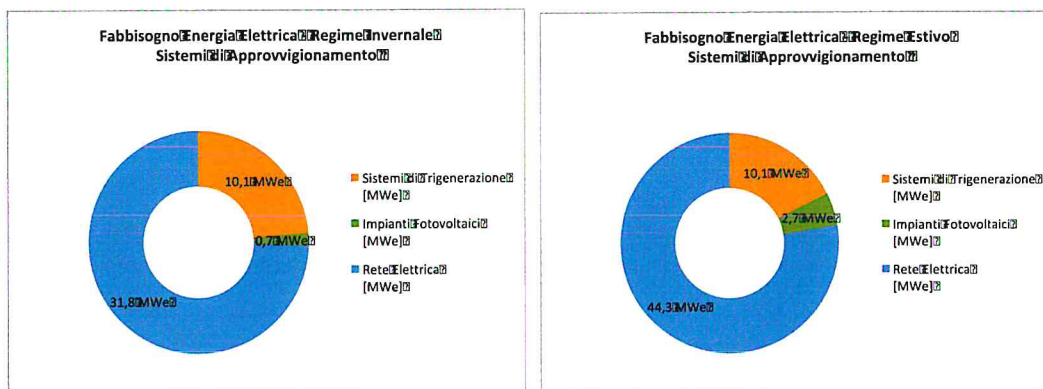


Figura 13 – Set di Approvvigionamento Energia Elettrica Scenario 1A

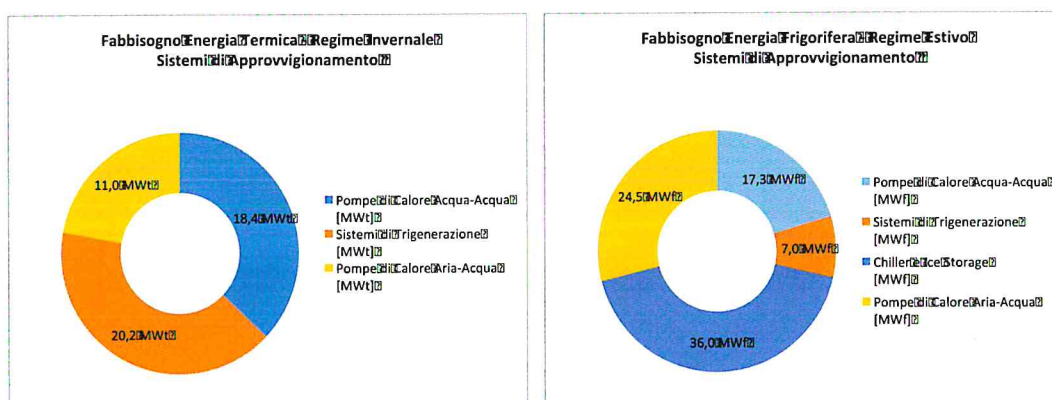


Figura 14 – Set di Approvvigionamento Riscaldamento e Raffrescamento Scenario 1A

Il ricorso alla rete di teleriscaldamento e l'utilizzo di impianti fotovoltaici sulle aree a uso comune consente di approvvigionare il sito mediante un *mix* energetico con una forte componente da fonti rinnovabili e un *set* tecnologico efficiente e flessibile, oltre a mantenere un elevato livello di diversificazione rispetto al prelievo dalla rete elettrica; si evidenzia che i numeri di seguito riportati rappresentano una stima preliminare e assolutamente cautelativa, non tenendo in conto la quota di autoproduzione (di cui al D.Lgs. 28/2011) dovuta agli impianti fotovoltaici posizionati sugli edifici, ma solo quella degli impianti situati sulle aree "comuni".

Nello specifico, nella strategia proposta la percentuale di copertura dei fabbisogni da energia rinnovabile risulta pari al 51,1% dei fabbisogni totali di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento, ottemperando le richieste del D. Lgs 28/2011. Considerando gli obiettivi sfidanti prefissati dall'Osservatorio VAS EXPO, riportati nella "Relazione di monitoraggio delle prescrizioni VAS EXPO", per la fase post evento la strategia energetica punta ad incrementare tale percentuale, includendo nella valutazione anche i consumi totali di energia elettrica. Nella relazione, infatti, si definisce come *target* di riferimento una copertura con fonti rinnovabili non inferiore al 70% dei consumi elettrici, termici e per acqua calda sanitaria, comprendendo nel calcolo di tale obiettivo anche l'eventuale approvvigionamento di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Assumendo come driver fondamentale l'approvvigionamento da fonti energetiche rinnovabili, attraverso opportuni contratti di fornitura e/o l'acquisto di energia fotovoltaica da soggetti Terzi autorizzati ubicati in prossimità del Sito, la copertura da rinnovabili richiesta dal documento dell'Osservatorio VAS, quindi per i consumi elettrici, il riscaldamento ed l'acqua calda sanitaria, è pari al 99%; qualora si volesse comprendere nella quota dei consumi anche quanto afferente al raffrescamento estivo, si avrebbe una copertura da rinnovabili del 81,3%.

Le seguenti tabelle riassumono i fabbisogni energetici totali annui del sito suddivisi per categoria (riscaldamento, raffrescamento e energia elettrica), i relativi consumi dei vettori energetici (gas ed energia elettrica da rete), esplicitando la quota parte di autoproduzione da impianti fotovoltaici, e la quota di emissioni di CO₂ in atmosfera.

STRATEGIA ENERGETICA



	Fabbisogni energetici
Riscaldamento ACS	106,2 GWh
Raffrescamento	157,5 GWh
Energia elettrica	189,3 GWh

Tabella 14 – Sintesi Fabbisogni totali annui Scenario 1A

	Consumi vettori energetici
Gas naturale	14.556.817 m ³
Energia elettrica	168,0 GWh
FV	-4,6 GWh
Emissioni CO ₂ totali	84.118 tonnellate CO ₂

Tabella 15 – Sintesi consumi vettori energetici annui e relative emissioni – Scenario 1

Al fine di fornire un maggior dettaglio del “bilancio energetico annuale”, si riportano di seguito le tabelle riassuntive delle produzioni di energia (termica, frigorifera ed elettrica) e dei consumi suddivisi per ogni tecnologia, sia per la stagione invernale, sia per quella estiva.

TECNOLOGIA	STAGIONE INVERNALE				
	Produzione energia termica	Produzione energia frigorifera	Produzione energia elettrica	Consumo energia elettrica	Consumo gas
TRIGENERAZIONE	57.200 MWh	6.928 MWh	33.548 MWh	-	9.879.035 m ³
PD ACQUA/ACQUA	21.540 MWh	-	-	4.787 MWh	-
CHILLER ICE-STORAGE	-	16.705 MWh	-	3.712 MWh	-
PD ACQUA/ACQUA	-	7.670 MWh	-	2.557 MWh	-
FOTOVOLTAICO	-	-	1.402 MWh	-	-
TOTALI	78.739 MWh	31.303 MWh	34.950 MWh	11.055 MWh	9.879.035 m ³

Tabella 16 – Sintesi produzione e consumi per ogni tecnologia – Stagione invernale – Scenario 1

TECNOLOGIA	STAGIONE ESTIVA				
	Produzione di energia termica	Produzione di energia frigorifera	Produzione di energia elettrica	Consumo di energia elettrica	Consumo di gas
TRIGENERAZIONE	27.084 MWh _t	18.633 MWh _f	26.852 MWh _e	-	4.677.782 m ³
PdC ACQUA/ACQUA	-	25.705 MWh _f	-	5.141 MWh _e	-
CHILLER ICE-STORAGE	-	53.629 MWh _f	-	10.726 MWh _e	-
PdC ACQUA/ACQUA	380 MWh _t	28.231 MWh _f	-	8.175 MWh _e	-
FOTOVOLTAICO	-	-	3.170 MWh _e	-	-
TOTALI	27.465 MWh _t	126.198 MWh _f	30.022 MWh _e	24.041 MWh _e	4.677.782 m ³

Tabella 17 – Sintesi produzione e consumi per ogni tecnologia – Stagione estiva – Scenario 1

6.1.2 Scenario 1B

Questo scenario si differenzia dal precedente per la configurazione a centrali indipendenti rispetto alla rete di teleriscaldamento/teleraffreddamento, ma il mix tecnologico e la potenza totale del sistema rimangono invariati rispetto allo scenario 1A.

Si possono quindi considerare valide le stesse elaborazioni, gli stessi grafici e le tabelle riportate nel paragrafo precedente.

Tuttavia, va considerato che, essendo le centrali indipendenti, viene meno la logica di funzionamento alla base del sistema di dare priorità alle fonti gratuite (reti di acqua tecnica di pozzo/canale) e successivamente, all'occorrenza, utilizzare le reti di teleriscaldamento/ teleraffreddamento. In questa configurazione, infatti, ogni Energy Center sarà a servizio delle singole zone/utenze del distretto, come meglio descritto nei capitoli relativi agli schemi impiantistici.

Si precisa che i consumi per questo scenario possono essere considerati equivalenti a quelli precedenti, perché in questa fase dello studio si è ritenuto più cautelativo non considerare in alcun caso la possibile sinergia tra i vari energy center, da cui potrebbe scaturire una riduzione dei consumi energetici.

6.2 Approvvigionamento Energetico: Scenario 2

Tale scenario contempla nel mix energetico, oltre all'utilizzo dell'acqua di canale disponibile in sito, sfruttata per la condensazione/evaporazione degli impianti termici a servizio degli edifici, anche l'approvvigionamento di energia termica proveniente da soggetti terzi esterni al distretto. In particolare, è stato ipotizzato di utilizzare sia energia frigorifera proveniente da una rete di teleraffreddamento limitrofa sia acqua tecnica per una portata di 85 l/s da pozzi limitrofi. Come per tutti gli scenari, la configurazione impiantistica è stata ipotizzata sia con una distribuzione centralizzata (opzione 2A) sia con centrali indipendenti (opzione 2B).

Il mix tecnologico in questo scenario rimane sostanzialmente invariato rispetto al precedente, fatta eccezione per l'Energy Center 2.

Da quanto rappresentato per lo scenario 1 appare evidente che la produzione di energia frigorifera generata per il sito presenta delle richieste di picco in determinati periodi dell'anno, che quindi potrebbe essere facilmente compensata (o ridotta) attraverso il parziale approvvigionamento di energia da reti di teleraffreddamento esterne, stipulando accordi dedicati con soggetti terzi limitrofi.

Tale soluzione consentirebbe di ridurre il consumo di energia elettrica per l'esercizio dei gruppi frigoriferi costituenti l'Energy Center 2 (EC2). Inoltre, sfruttare l'approvvigionamento da terzi permetterebbe di ridurre le taglie di potenze installate nell'EC2 con conseguente riduzione dei costi di investimento.

Nell'analizzare i due scenari di seguito descritti (2A e 2B), sulla base delle informazioni disponibili, è stata ipotizzata una fornitura da terze parti limitrofe di acqua refrigerata per una portata di 300 l/s e temperatura di circa 7°C (equivalente a circa 6 MW_f) per un periodo di sei mesi all'anno, ovvero da metà aprile a metà ottobre.

6.2.1 Scenario 2A

La simulazione dello scenario contempla come ipotesi base l'installazione di **pompe di calore acqua-acqua** per lo sfruttamento dell'acqua di pozzo e di canale a fini energetici, di fatto come da scenario 1A.

Fabbisogni/Generati Pompe di Calore Acqua-Acqua	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso del Fabbisogno	Raffrescamento [MWf]	Peso del Fabbisogno	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	20,7	42%	---	---	4,6
Regime Estivo	---	---	18,7	22%	3,7

Tabella 18 – Pompe di Calore Acqua-Acqua – Potenze Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Rimane valida anche l'installazione di un **sistema di trigenerazione** con le stesse potenze rispetto ai casi precedenti.

Fabbisogni/Generati Sistemi di Trigenerazione	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso del Fabbisogno	Raffrescamento [MWf]	Peso del Fabbisogno	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	20,2	41%	---	---	-10,1
Regime Estivo	9,5	98%	7,0	8%	-10,1

Tabella 19 – Sistemi di Trigenerazione – Potenze Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

I sistemi di trigenerazione saranno sempre suddivisi in due diversi Energy Center, EC1 ed EC3, con quest'ultimo, con potenza modesta, a servizio della sola Università.

Il sistema scelto per la produzione dell'energia frigorifera necessaria alla copertura del fabbisogno è ancora una volta l'abbinamento di **chiller ad alta efficienza e sistemi di Ice Storage**, ma con una riduzione delle potenze rispetto ai casi precedenti, dovuta all'approvvigionamento di energia frigorifera da soggetti terzi. Naturalmente, anche in questa ipotesi tale sistema sarà suddiviso in due diversi Energy Center, l'EC2 e l'EC3, quest'ultimo per il raffrescamento dell'Università.

La centrale tecnologica EC2 sarà quindi in parte alimentata da un circuito di acqua refrigerata proveniente da una rete di teleraffreddamento esterna al distretto, mantenendo inalterati i sistemi di pompaggio e la rete di distribuzione interna a MIND.

Nello specifico, come si nota dalla tabella seguente, pur rimanendo inalterata la potenza frigorifera erogata dall'EC2, risulta minore la potenza elettrica assorbita, in virtù della minore taglia dei chiller.

Fabbisogni/Generati Chiller e Ice Storage	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso del Fabbisogno	Raffrescamento [MWf]	Peso del Fabbisogno	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	---	---	12,7	100%	1,8
Regime Estivo	---	---	36,0	43%	7,5

Tabella 20 – Chiller e Ice Storage – Potenze per Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Le curve orarie annuali relative alla generazione di potenza frigorifera degli Energy Center EC2 e EC3 per questo scenario sono da considerarsi invariate rispetto agli scenari precedenti, dove però, ovviamente, una potenza di 6 MWf non è da considerarsi effettivamente generata, ma proveniente da una rete esterna.

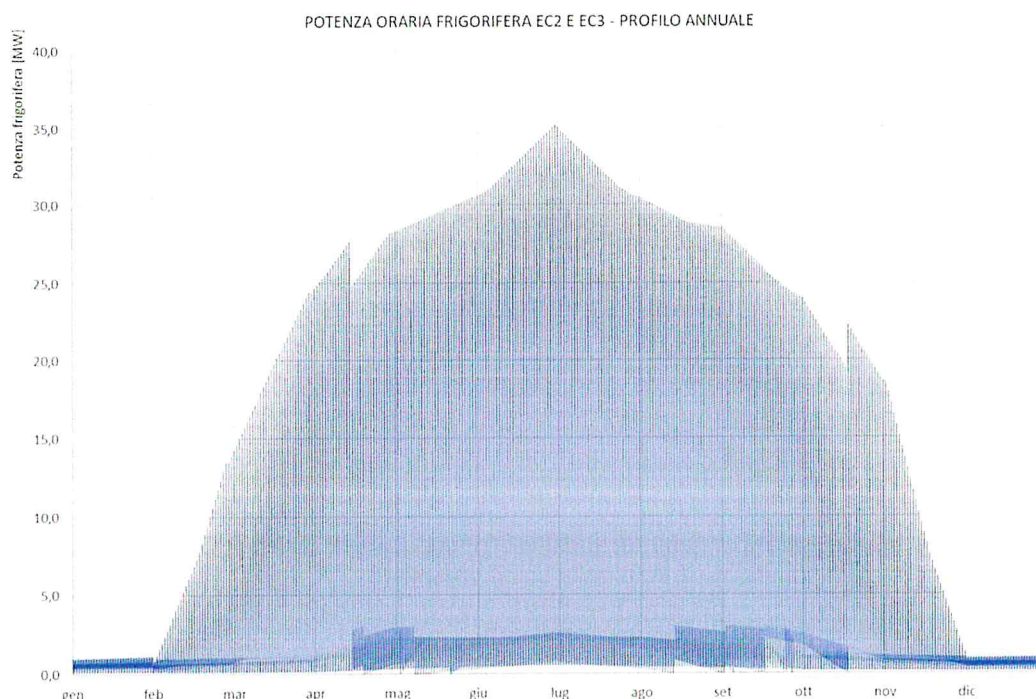


Figura 15 – Curve di carico potenza frigorifera EC2 e EC3

Le quote rimanenti di energia frigorifera e termica necessarie, prodotte anche in questo scenario mediante pompe di calore aria-acqua o sistemi ad espansione diretta negli edifici, è pari a 23 MWf in regime estivo e 9 MWt in regime invernale.

Di seguito sono riportate le potenze generate e assorbita dagli impianti a **pompa di calore aria-acqua**.

Fabbisogni Generali e Potenze Assorbite Pompe di Calore Aria-Acqua	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso sui Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso sui Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	9,0	18%	---	---	---
Regime Estivo	---	---	23,0	14%	6,6

Tabella 21 – Pompe di Calore Aria-Acqua – Potenza per Raffrescamento e Potenza Elettrica

Il fabbisogno di potenza elettrica per gli usi comuni risulta di circa 6,4 MWe d'inverno e circa 17,8 MWe d'estate, che si aggiungono ai già citati fabbisogni (7 MWe per le utenze comuni e 29,5 MWe per le utenze private): si nota, quindi, una riduzione rispetto allo scenario 1, in virtù della riduzione di potenza per i chiller dell'EC2.

Di seguito si riportano, quindi, i fabbisogni di potenza elettrica complessivi del sito, senza considerare il contributo della cogenerazione.

Copertura Fabbisogni Energia Elettrica	Potenza Elettrica (Usi Comuni) [MWe]	Potenza Elettrica (Uso % Generazione) [MWe]	Potenza Elettrica (Usi Privati) [MWe]	Totale [MWe]
Regime Invernale	7,0	6,4	29,5	43,0
Regime Estivo	7,0	17,8	29,5	54,4

Tabella 22 – Fabbisogni Elettrici Complessivi di Sito, inclusi i Fabbisogni Uso Generazione Riscaldamento e Raffrescamento

Si riporta nella figura sottostante la curva della richiesta di potenza elettrica da rete e la relativa distribuzione per l'intero sito, alla luce della domanda aggiuntiva dovuta alla generazione, comprensiva dell'autoproduzione da trigenerazione di circa 7 MWe e di 3,6 MWe da fotovoltaico: il picco atteso risulta quindi circa 43 MWe.

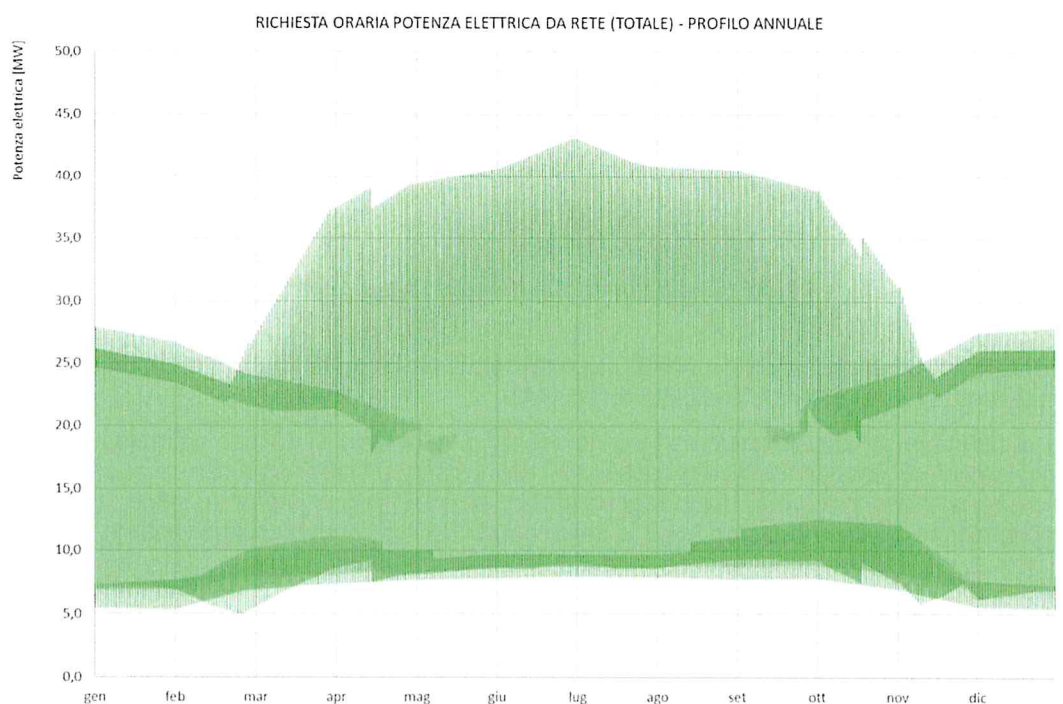


Figura 16 – Curva di carico richiesta di potenza elettrica

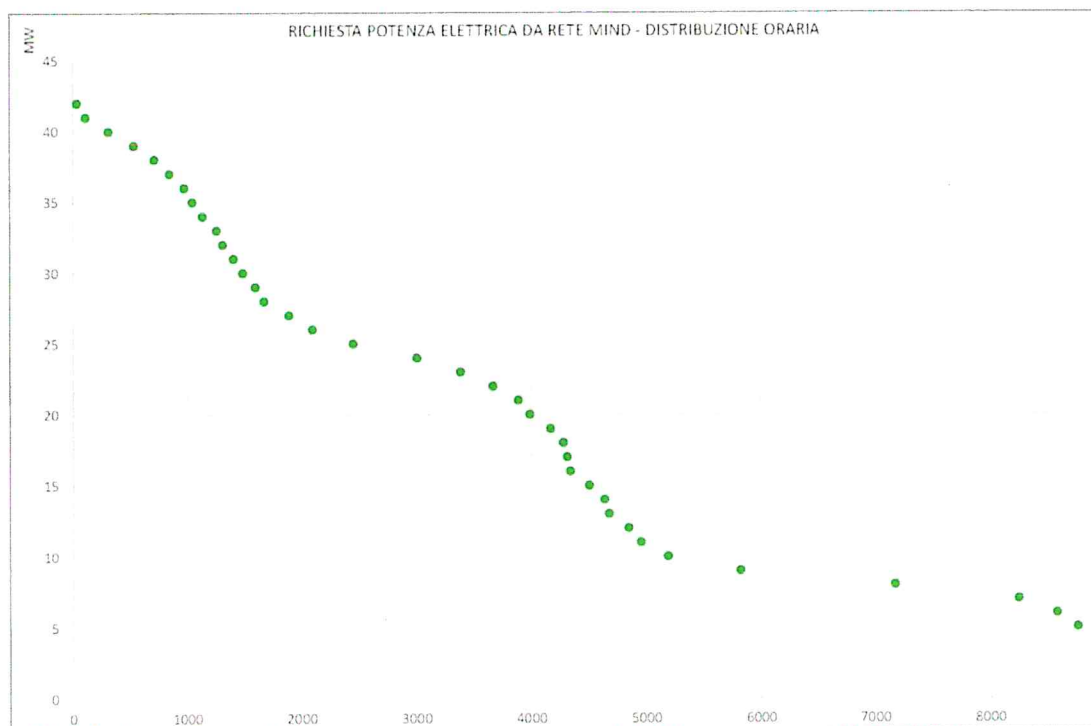


Figura 17 – Distribuzione oraria richiesta potenza elettrica

Come già accennato, l'installazione di impianti fotovoltaici sarà ovviamente analoga a quanto ipotizzato negli scenari precedenti con una potenza ipotizzata di 3,6 MWp.

Di seguito si riportano gli assetti aggiornati per lo scenario 2, di fatto validi per entrambe le opzioni, per l'approvvigionamento di energia elettrica proposti per il sito (ivi inclusi i fabbisogni per usi privati, usi comuni e per la generazione termo-frigorifera) sia in regime estivo, sia in regime invernale e, infine, il riassunto degli assetti di generazione di Riscaldamento (regime invernale) e Raffrescamento (regime estivo).

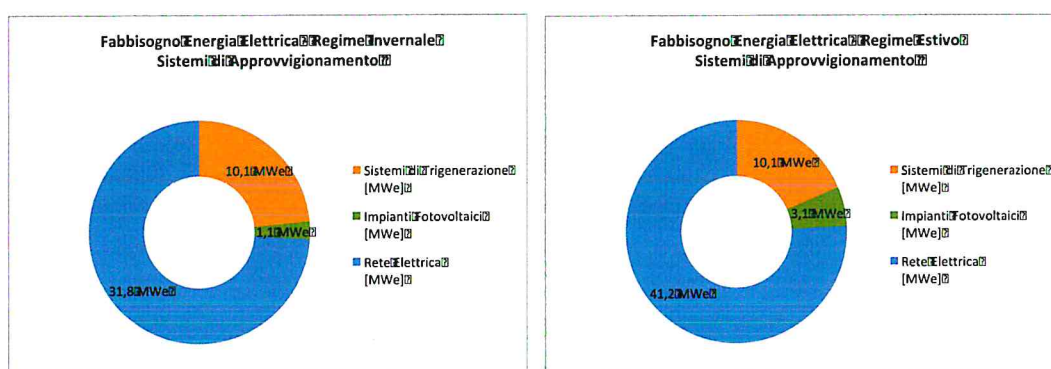


Figura 18 – Set di Approvvigionamento Energia Elettrica

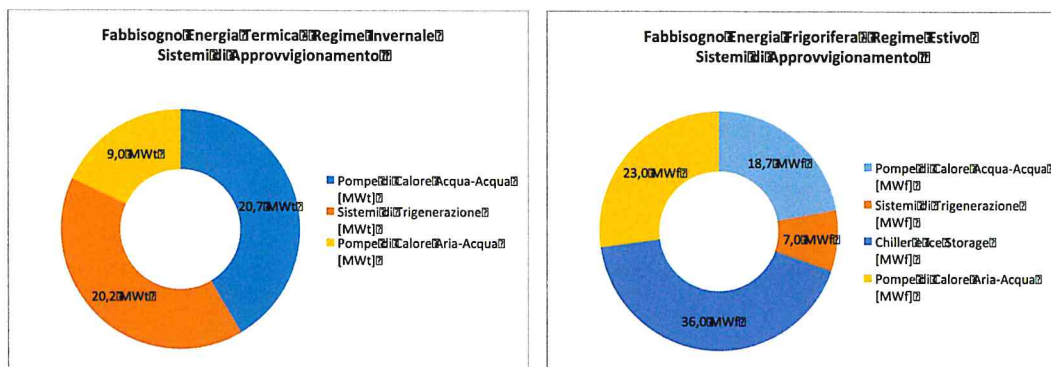


Figura 19 – Set di Approvvigionamento Riscaldamento e Raffrescamento

Lo sfruttamento della rete di teleraffreddamento esterna non concorre ad aumentare la componente da fonti rinnovabili rispetto al caso precedente, inoltre in questo scenario la percentuale di copertura dei fabbisogni da energia rinnovabile scende in minima parte rispetto al caso precedente, attestandosi al 51% dei fabbisogni totali di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento, ottemperando comunque le richieste del D. Lgs 28/2011, in quanto si riduce il consumo di energia elettrica per gli usi comuni (assunta di origine totalmente rinnovabile)

Per quanto riguarda, invece, gli obiettivi prefissati dall'Osservatorio VAS EXPO, la copertura da rinnovabili è pari al 98,8%; qualora si volesse comprendere nella quota dei consumi anche quanto afferente al raffrescamento estivo, si avrebbe una copertura da rinnovabili dell'80,9%.

Le seguenti tabelle riportano per semplicità di visualizzazione i fabbisogni energetici totali annui del sito suddivisi per categoria (riscaldamento, raffrescamento e energia elettrica), i relativi consumi, aggiornati per lo scenario 2, dei vettori energetici (gas ed energia elettrica da rete), esplicitando la quota parte di autoproduzione da impianti fotovoltaici, e le emissioni di CO₂ in atmosfera.

	Fabbisogni Energetici
Riscaldamento ACS	106,75 GWh _t
Raffrescamento	157,95 GWh _f
Energia Elettrica	188,75 GWh _e

Tabella 23 – Sintesi Fabbisogni totali annui – Scenario 2A

	Consumi Vettori Energetici
Gas Naturale	14.585.951 m ³
Energia Elettrica	162,55 GWh _e
FV	-4,65 GWh _e
Emissioni CO ₂ totali	82.662 tonnellate CO ₂

Tabella 24 – Sintesi consumi vettori energetici annui e relative emissioni – Scenario 2A

STRATEGIA ENERGETICA



Si può notare, quindi, che a fronte di una leggera diminuzione della percentuale di copertura da fonti rinnovabili, l'approvvigionamento dell'energia frigorifera da terzi comporta una riduzione nei consumi di energia elettrica di circa il 3% e, di conseguenza, una riduzione delle emissioni di CO₂ di circa il 1,7% rispetto allo scenario 1.

Al fine di fornire un maggior dettaglio del "bilancio energetico annuale", si riportano di seguito le tabelle riassuntive delle produzioni di energia (termica, frigorifera ed elettrica) e dei consumi suddivisi per ogni tecnologia, sia per la stagione invernale, sia per quella estiva.

TECNOLOGIA	STAGIONE INVERNALE				
	Produzione% energia termica	Produzione% energia frigorifera	Produzione% energia elettrica	Consumo% energia elettrica	Consumo% gas
TRIGENERAZIONE	55.730MWht	7.188MWht	32.999MWhe	-	9.625.195m ³
PdC/ACQUA/ACQUA	21.192MWht	-	-	4.709MWhe	-
CHILLER/ICE-STORAGE	-	17.045MWht	-	3.788MWhe	-
PdC/ARIA/ACQUA	-	9.834MWht	-	3.278MWhe	-
FOTOVOLTAICO	-	-	1.302MWhe	-	-
TOTALI	76.922MWht	34.067MWht	34.301MWhe	11.775MWhe	9.625.195m ³

Tabella 25 – Sintesi produzione e consumi per ogni tecnologia – Stagione invernale – Scenario 2

TECNOLOGIA	STAGIONE ESTIVA				
	Produzione% energia termica	Produzione% energia frigorifera	Produzione% energia elettrica	Consumo% energia elettrica	Consumo% gas
TRIGENERAZIONE	28.723MWht	18.449MWht	27.539MWhe	-	4.960.757m ³
PdC/ACQUA/ACQUA	-	29.477MWht	-	5.895MWhe	-
CHILLER/ICE-STORAGE	-	47.195MWht	-	9.439MWhe	-
PdC/ARIA/ACQUA	1.034MWht	28.681MWht	-	8.490MWhe	-
FOTOVOLTAICO	-	-	3.270MWhe	-	-
TOTALI	29.756MWht	123.802MWht	30.809MWhe	23.824MWhe	4.960.757m ³

Tabella 26 – Sintesi produzione e consumi per ogni tecnologia – Stagione estiva – Scenario 2

6.2.2 Scenario 2B

L'opzione B dello scenario 2 si differenzia dal caso precedente (scenario 2A) per la configurazione a centrali indipendenti rispetto alla rete di teleriscaldamento/teleraffreddamento, ma il mix tecnologico e la potenza totale del sistema rimangono invariati. Si precisa che in questo scenario la connessione alle reti di teleraffreddamento esterno sarà comunque nell'Energy Center 2, ma non potrà sopprimere alla richiesta di picco dell'intero compound bensì solo a una parte di utenze servite direttamente dall'EC2.

6.3 Approvvigionamento Energetico: Scenario 3

Questo scenario esclude nel mix energetico sia l'utilizzo dell'acqua di canale sia l'approvvigionamento di energia termica proveniente da soggetti terzi esterni al distretto. Come per tutti gli scenari, la configurazione impiantistica è stata ipotizzata sia con una distribuzione centralizzata (opzione 3A) sia con centrali indipendenti (opzione 3B).

Si riporta di seguito le portate considerate in questo scenario, e nel successivo, relativamente all'acqua di pozzo da falda superficiale.

Potenzialità Fonti Acqua (Pozzi e Canale)	Inverno	Estate	Note
Acqua di Canale	0 l/s	0 l/s	
Acqua di Pozzo (Pozzi esistenti Area Sud)	94 l/s	94 l/s	94 l/s da pozzi superficiali
Acqua di Pozzo (Nuovi Pozzi Area Nord)	241 l/s	194 l/s	241 l/s (194 l/s in estate) da pozzi di profondità variabile (es. Fiera Milano)
Acqua di Pozzo (Pozzi di Area Terzi)	85 l/s	85 l/s	eventuale utilizzo pozzi di Area Terzi (es. Fiera Milano)

Tabella 27. Disponibilità Risorsa Idrica nel Sito considerata per Scenario 3 e 4

6.3.1 Scenario 3A

Data l'ipotesi di indisponibilità dell'acqua di canale e dell'acqua da pozzi, è stata considerata l'installazione di **pompe di calore acqua-acqua** per lo sfruttamento della sola acqua di falda superficiale a fini energetici, insieme al previsto reimpiego della rete di distribuzione della stessa: l'esclusione dell'acqua di canale, naturalmente, comporta una minore copertura dei fabbisogni di picco per Riscaldamento e Raffrescamento, paragonata con gli scenari precedenti, che dovrà essere quindi sopperita con l'introduzione o l'aumento di potenza di altre tecnologie.

Fabbisogni Generati e Potenzie Assorbite Pompe di Calore Acqua-Acqua	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso % Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso % Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	8,4	17%	---	---	2,1
Regime Estivo	---	---	4,8	6%	1,2

Tabella 28 – Pompe di Calore Acqua-Acqua – Potenze Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Anche in questo scenario per completare i fabbisogni indicati, diversificando le fonti e mantenendo un'efficienza di generazione elevata, si prevede l'installazione di un **sistema di trigenerazione**, ma con potenze più elevate rispetto ai casi precedenti. Ciò rende comunque sostenibile l'ipotesi di una rete di teleriscaldamento/raffrescamento e consente di assolvere in buona parte agli obblighi di copertura da rinnovabili, come da legge.

Fabbisogni Generati e Potenzie Assorbite Sistemi di Trigenerazione	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso % Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso % Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	25,2	51%	---	---	-12,6
Regime Estivo	9,3	96%	10,3	12%	-9,5

Tabella 29 – Sistemi di Trigenerazione – Potenze Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Sussistendo la necessità di dotare l'Università di una centrale dedicata, i sistemi di trigenerazione saranno comunque suddivisi in due diversi Energy Center, EC1 ed EC3, con quest'ultimo, di potenza esigua, a servizio della sola Università.

Il sistema scelto per la produzione dell'energia frigorifera necessaria alla copertura del fabbisogno è ancora una volta l'abbinamento di **chiller ad alta efficienza e sistemi di Ice Storage**, con un incremento delle potenze rispetto ai casi precedenti, come di seguito riportato.

Fabbisogni Generativi Potenze Assorbite Chiller e Ice Storage	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso su Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso su Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	---	---	12,7	100%	2,3
Regime Estivo	---	---	40,0	47%	12,7

Tabella 30 – Chiller e Ice Storage – Potenze per Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Naturalmente, anche in questa ipotesi tale sistema sarà suddiviso in due diversi Energy Center, l'EC2 e l'EC3, quest'ultimo per il raffrescamento dell'Università.

Questo scenario, quindi, prevede un aumento delle potenze di generazione dei sistemi di trigenerazione e Chiller, dovuti alla necessità di sopperire alla mancanza del contributo dato dall'acqua di canale negli scenari precedenti.

Si riportano di seguito le curve orarie annuali relative alla generazione di potenza frigorifera degli Energy Center EC2 e EC3 per questo scenario.

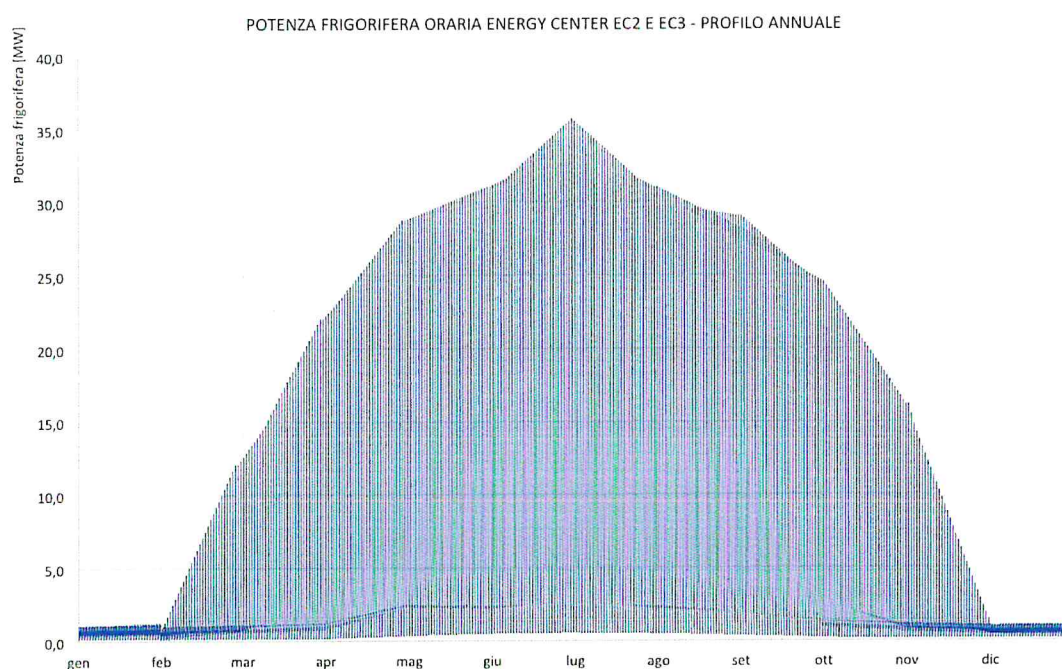


Figura 20 – Curve di carico potenza frigorifera EC2 e EC3

La quota rimanente di energia termica e frigorifera necessaria, prodotta mediante pompe di calore aria-acqua o sistemi ad espansione diretta negli edifici, come per gli altri scenari, sale in questo caso a 29 MWf in regime estivo e 16 MWt in regime invernale.

Di seguito sono riportate le potenze generate e assorbite dagli impianti a **pompa di calore aria-acqua**.

Fabbisogni Generativi Potenze Assorbite Pompe di Calore Aria-Acqua	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso su Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso su Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	16,0	32%	---	---	---
Regime Estivo	---	---	29,0	14%	12,4

Tabella 31 – Pompe di Calore Aria-Acqua – Potenza per Raffrescamento e Potenza Elettrica

Il fabbisogno di potenza elettrica per gli usi comuni risulta di circa 4,4 MWe d'inverno e circa 26 MWe d'estate, che si aggiungono ai già citati fabbisogni (7 MWe per le utenze comuni e 29,5 MWe per le utenze private): si nota, quindi, un aumento rispetto agli scenari 1 e 2, dovuto all'aumento di potenza per i chiller dell'EC2 e per le pompe di calore aria-acqua, nonostante l'aumento di energia elettrica prodotta con il sistema di trigenerazione. Si precisa che per il picco estivo è stato considerato un esercizio dell'impianto di trigenerazione limitato all'80%, al fine di contenere i consumi di gas naturale privilegiando l'utilizzo dei chiller.

Di seguito si riportano, quindi, i fabbisogni di potenza elettrica complessivi del sito, senza considerare il contributo della cogenerazione.

Copertura Fabbisogni Energia Elettrica	Potenza Elettrica (Usi Comuni) [MWe]	Potenza Elettrica (Usi Generazione) [MWe]	Potenza Elettrica (Usi Privati) [MWe]	Totale [MWe]
Regime Invernale	7,0	4,4	29,5	41,0
Regime Estivo	7,0	26,3	29,5	62,9

Tabella 32 – Fabbisogni Elettrici Complessivi di Sito, inclusi i Fabbisogni Uso Generazione Riscaldamento e Raffrescamento

Si riporta nella figura sottostante la curva della richiesta di potenza elettrica da rete e la relativa distribuzione per l'intero sito, alla luce della domanda aggiuntiva dovuta alla generazione, comprensiva dell'autoproduzione da trigenerazione di circa 10 MWe (quota parte dei 12,5 MWe considerando un esercizio all'80%) e di 3,6 MWe da fotovoltaico: il picco atteso risulta quindi circa 49 MWe.

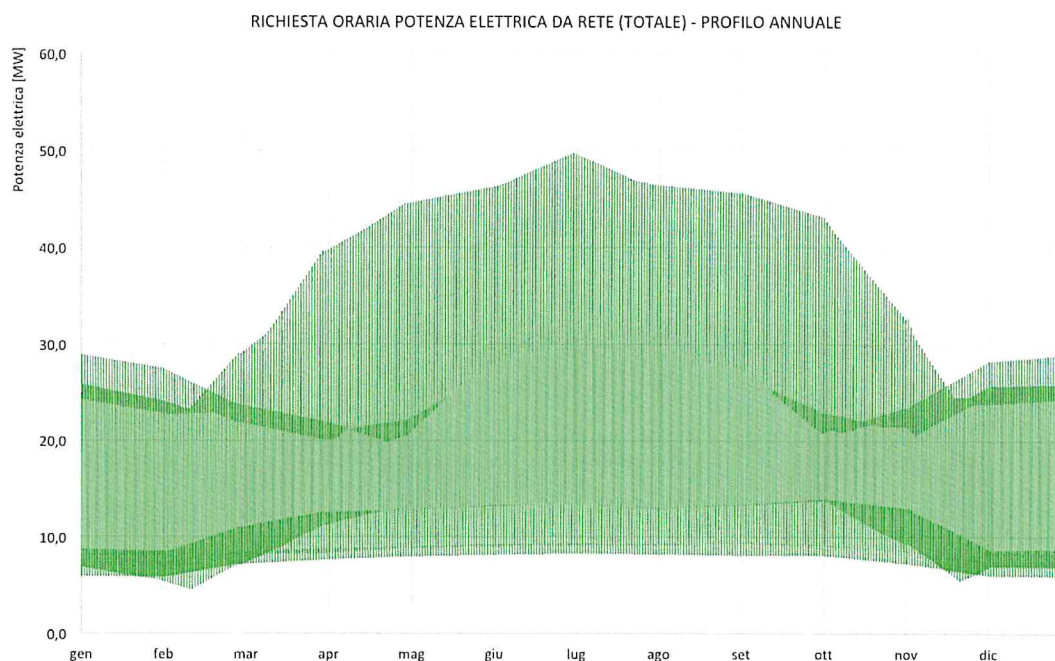


Figura 21 – Curva di carico richiesta di potenza elettrica

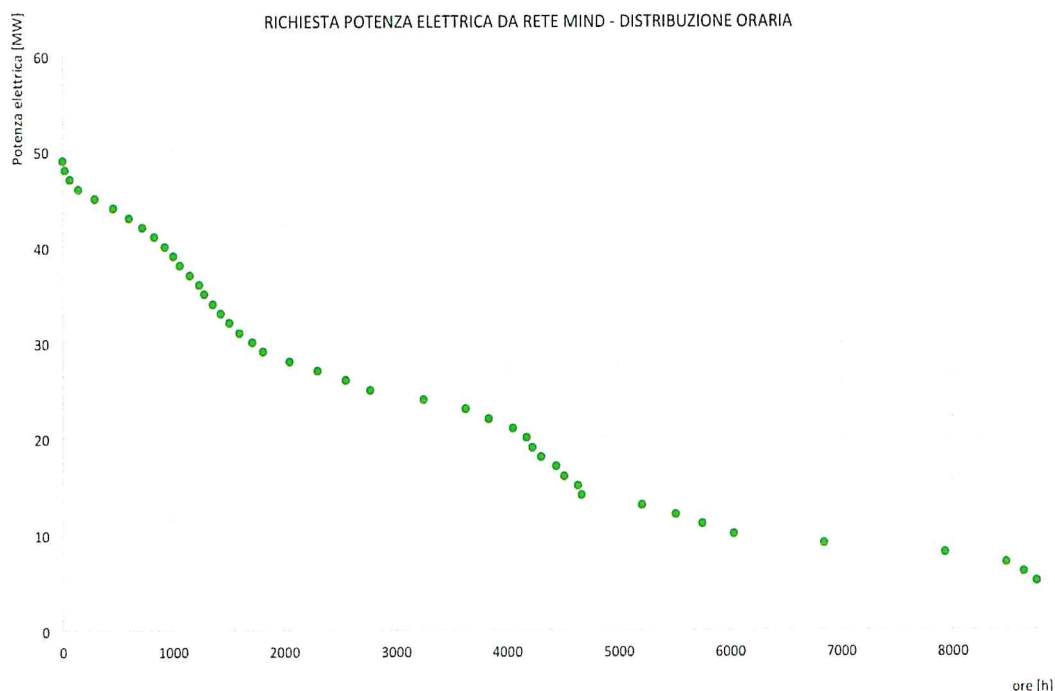


Figura 22 – Distribuzione oraria richiesta potenza elettrica

Come già accennato, l'installazione di impianti fotovoltaici sarà ovviamente analoga a quanto ipotizzato negli scenari precedenti con una potenza ipotizzata di 3,6 MWp.

Di seguito si riportano gli assetti aggiornati per lo scenario 3, di fatto validi per entrambe le opzioni, per l'approvvigionamento di energia elettrica proposti per il sito (ivi inclusi i fabbisogni per usi privati, usi comuni e per la generazione termo-frigorifera) sia in regime estivo, sia in regime invernale e, infine, il riassunto degli assetti di generazione di Riscaldamento (regime invernale) e Raffrescamento (regime estivo).

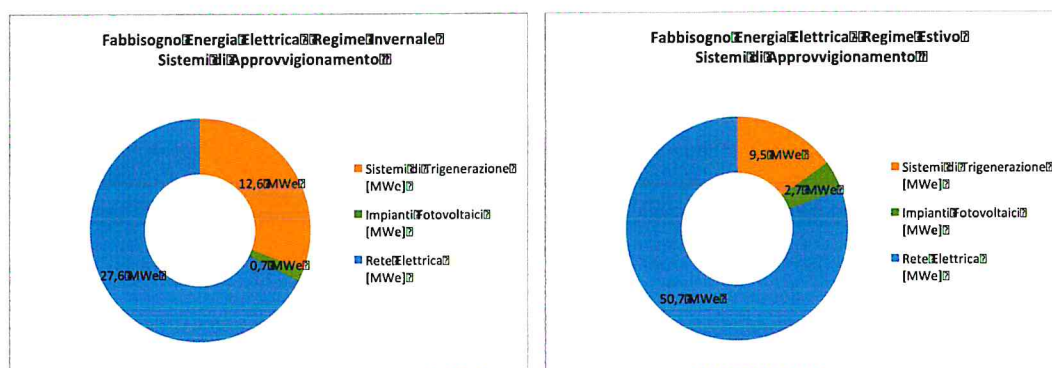


Figura 23 – Set di Approvvigionamento Energia Elettrica

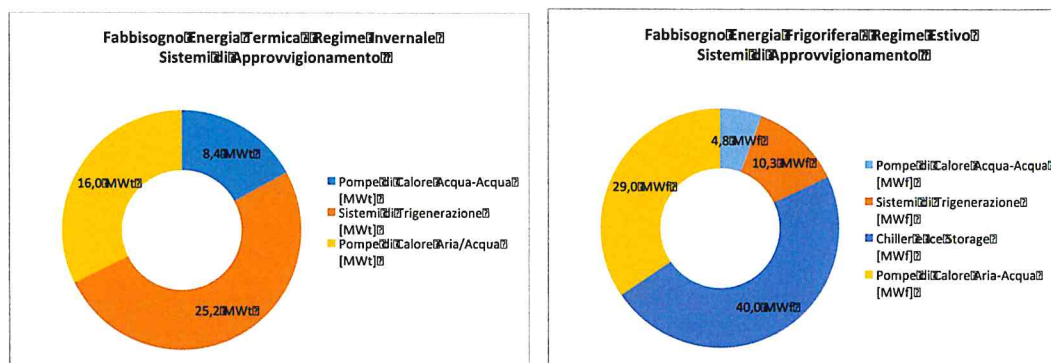


Figura 24 – Set di Approvvigionamento Riscaldamento e Raffrescamento

Il maggior sfruttamento della rete di teleriscaldamento, oltre all'utilizzo di impianti fotovoltaici sulle superfici di parcheggi e aree ad uso comune, consente di aumentare la componente da fonti rinnovabili: in questo scenario la percentuale di copertura dei fabbisogni da energia rinnovabile sale al 52% dei fabbisogni totali di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento, ottemperando le richieste del D. Lgs 28/2011.

Per quanto riguarda, invece, gli obiettivi prefissati dall'Osservatorio VAS EXPO, la copertura da rinnovabili è pari al 99,4%; qualora si volesse comprendere nella quota dei consumi anche quanto afferente al raffrescamento estivo, si avrebbe una copertura da rinnovabili del 82,4%.

Le seguenti tabelle riportano per semplicità di visualizzazione i fabbisogni energetici totali annui del sito suddivisi per categoria (riscaldamento, raffrescamento e energia elettrica), i relativi consumi, aggiornati per lo scenario 3, dei vettori energetici (gas ed energia elettrica da rete), esplicitando la quota parte di autoproduzione da impianti fotovoltaici, e le emissioni di CO₂ in atmosfera.

	Fabbisogni Energetici
Riscaldamento ACS	106,76 GWh _t
Raffrescamento	157,96 GWh _f
Energia Elettrica	188,76 GWh _e

Tabella 33 – Sintesi Fabbisogni totali annui – Scenario 3A

	Consumi Vettori Energetici
Gas Naturale	16.054.939 m ³
Energia Elettrica	179,66 GWh _e
FV	-4,66 GWh _e
Emissioni CO ₂ totali	90.899 tonnellate CO ₂

Tabella 34 – Sintesi consumi vettori energetici annui e relative emissioni – Scenario 3

STRATEGIA ENERGETICA



Si può notare, quindi, che a fronte di un aumento della percentuale di copertura da fonti rinnovabili, l'esclusione dell'acqua di canale comporta un notevole aumento nei consumi rispetto agli scenari precedenti sia di gas naturale (+10%) sia di energia elettrica (+10,5%) e, di conseguenza, un aumento delle emissioni di CO₂ (+10%).

Al fine di fornire un maggior dettaglio del "bilancio energetico annuale", si riportano di seguito le tabelle riassuntive delle produzioni di energia (termica, frigorifera ed elettrica) e dei consumi suddivisi per ogni tecnologia, sia per la stagione invernale, sia per quella estiva.

TECNOLOGIA	STAGIONE INVERNALE				
	Produzione ³ energia termica	Produzione ³ energia frigorifera	Produzione ³ energia elettrica	Consumo ³ energia elettrica	Consumo ³ gas
TRIGENERAZIONE	63.569 MWh _t	8.320 MWh _f	31.771 MWh _e	-	10.979.043 m ³
PdC/ACQUA/ACQUA	13.353 MWh _t	-	-	3.338 MWh _e	-
CHILLER/ICE-STORAGE	-	17.180 MWh _f	-	4.295 MWh _e	-
PdC/ARIA/ACQUA	-	8.567 MWh _f	-	2.954 MWh _e	-
FOTOVOLTAICO	-	-	1.302 MWh _e	-	-
TOTALI	76.922 MWh _t	34.067 MWh _f	33.074 MWh _e	10.587 MWh _e	10.979.043 m ³

Tabella 35 – Sintesi produzione e consumi per ogni tecnologia – Stagione invernale – Scenario 3

TECNOLOGIA	STAGIONE ESTIVA				
	Produzione ³ energia termica	Produzione ³ energia frigorifera	Produzione ³ energia elettrica	Consumo ³ energia elettrica	Consumo ³ gas
TRIGENERAZIONE	29.389 MWh _t	24.305 MWh _f	26.296 MWh _e	-	5.075.895 m ³
PdC/ACQUA/ACQUA	-	7.091 MWh _f	-	1.773 MWh _e	-
CHILLER/ICE-STORAGE	-	58.856 MWh _f	-	14.714 MWh _e	-
PdC/ARIA/ACQUA	367 MWh _t	33.550 MWh _f	-	12.113 MWh _e	-
FOTOVOLTAICO	-	-	3.270 MWh _e	-	-
TOTALI	29.756 MWh _t	123.802 MWh _f	29.566 MWh _e	28.600 MWh _e	5.075.895 m ³

Tabella 36 – Sintesi produzione e consumi per ogni tecnologia – Stagione estiva – Scenario 3

6.3.2 Scenario 3B

Come per gli scenari precedenti, l'opzione B di questo scenario si differenzia dal precedente per la configurazione a centrali indipendenti rispetto alla rete di teleriscaldamento/teleraffreddamento, ma il mix tecnologico e la potenza totale del sistema rimangono invariati rispetto allo scenario 3A: restano quindi valide le elaborazioni, i grafici e le tabelle riportate nel paragrafo precedente.

6.4 Approvvigionamento Energetico: Scenario 4

Anche in questo scenario, come per il precedente, si registra un aumento di richiesta di energia frigorifera, dovuto al mancato utilizzo dell'acqua di canale, che pertanto rende ancora più interessante valutare la possibilità di approvvigionamento da reti di teleraffreddamento esterne, stipulando accordi dedicati con soggetti terzi limitrofi.

In questa fase, sulla base delle informazioni disponibili, è stata ipotizzata una fornitura da terze parti limitrofe di acqua refrigerata per una portata di 300 l/s e temperatura di circa 7°C (equivalente a circa 6 MWh_f) per un

periodo di sei mesi all'anno, ovvero da metà aprile a metà ottobre. Inoltre, come per lo scenario 2, si considera disponibile una portata di acqua tecnica da pozzi esterni pari a 85l/s.

La distinzione tra l'opzione A e l'opzione B è la medesima rispetto ai casi precedenti.

6.4.1 Scenario 4A

Si riportano di seguito tutte tabelle relative alle diverse potenze in regime estivo ed invernale.

Fabbisogni Generati Pompe di Calore Acqua-Acqua	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso su Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso su Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	11,7	24%	---	---	2,9
Regime Estivo	---	---	6,2	7%	1,6

Tabella 37 – Pompe di Calore Acqua-Acqua – Potenze Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Fabbisogni Generati Sistemi di Trigenerazione	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso su Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso su Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	25,2	51%	---	---	-12,6
Regime Estivo	9,3	96%	10,3	12%	-9,5

Tabella 38 – Sistemi di Trigenerazione – Potenze Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Fabbisogni Generati Chiller e Ice Storage	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso su Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso su Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	---	---	12,7	100%	2,3
Regime Estivo	---	---	42,0	50%	10,2

Tabella 39 – Chiller e Ice Storage – Potenze per Riscaldamento, Raffrescamento ed Elettrica

Naturalmente, anche in questa ipotesi tale sistema sarà suddiviso in due diversi Energy Center, l'EC2 e l'EC3, quest'ultimo per il raffrescamento dell'Università.

Questo scenario, quindi, prevede una riduzione delle potenze di generazione dei sistemi di Chiller, in virtù dell'approvvigionamento di 6 MWf da terzi, che comporta una riduzione dei consumi elettrici per gli usi di produzione.

Si riportano di seguito le curve orarie annuali relative alla generazione di potenza frigorifera degli Energy Center EC2 e EC3 per questo scenario, dove, ovviamente, una potenza di 6 MWf non è da considerarsi effettivamente generata, ma proveniente da una rete esterna.

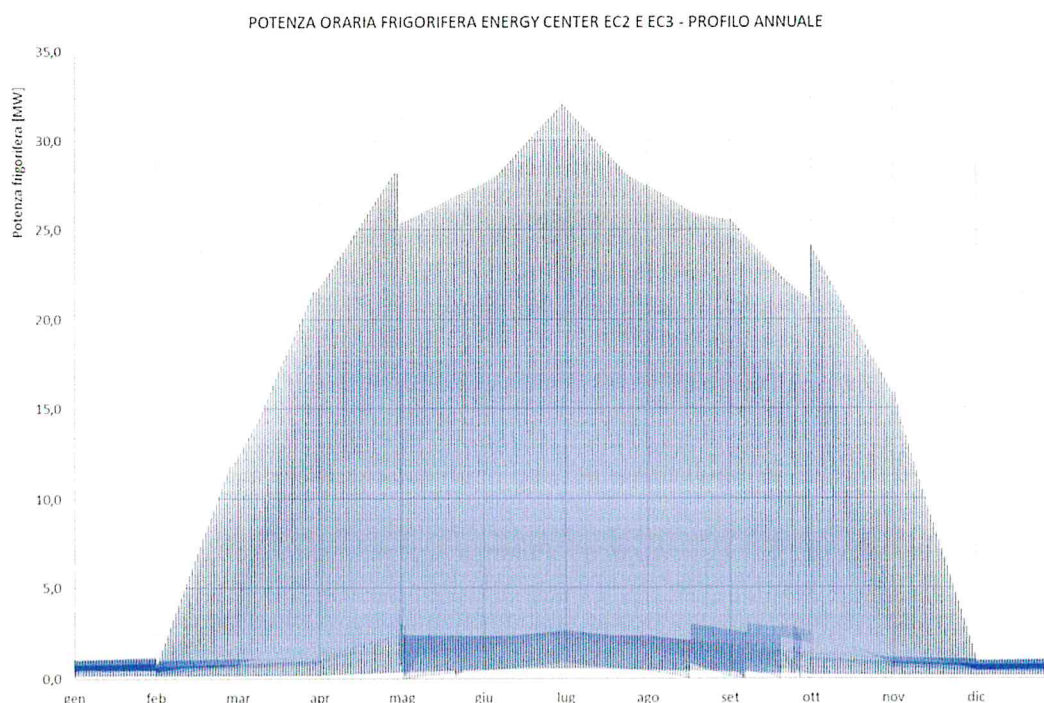


Figura 25 – Curve di carico potenza frigorifera EC2 e EC3

Di seguito sono riportate le potenze generate e assorbite dagli impianti a **pompa di calore aria-acqua**, analoghe anch'esse allo scenario 3.

Fabbisogni/Generati/ Potenze/Assorbite Pompe di Calore Aria-Acqua	Riscaldamento+ACS [MWt]	Peso dei Fabbisogni	Raffrescamento [MWf]	Peso dei Fabbisogni	Potenza Elettrica (Consumi/Usi/Produzione) [MWe]
Regime Invernale	13,0	26%	---	---	---
Regime Estivo	---	---	26,0	14%	11,1

Tabella 40 – Pompe di Calore Aria-Acqua – Potenza per Raffrescamento e Potenza Elettrica

Il fabbisogno di potenza elettrica per gli usi comuni risulta di circa 5 MWe d'inverno e circa 23 MWe d'estate, che si aggiungono ai già citati fabbisogni (7 MWe per le utenze comuni e 29,5 MWe per le utenze private): si nota, quindi, una riduzione rispetto allo scenario 3, dovuto alla riduzione di potenza dei chiller dell'EC2.

Di seguito si riportano, quindi, i fabbisogni di potenza elettrica complessivi del sito, senza considerare il contributo della cogenerazione.

Copertura Fabbisogni Energia Elettrica	Potenza Elettrica (Usi Comuni) [MWe]	Potenza Elettrica (Usi Generazione) [MWe]	Potenza Elettrica (Usi Privati) [MWe]	Totale [MWe]
Regime Invernale	7,0	5,2	29,5	41,8
Regime Estivo	7,0	22,9	29,5	59,5

Tabella 41 – Fabbisogni Elettrici Complessivi di Sito, inclusi i Fabbisogni Uso Generazione Riscaldamento e Raffrescamento

Si riporta nella figura sottostante la curva della richiesta di potenza elettrica da rete e la relativa distribuzione per l'intero sito, comprensiva dell'autoproduzione da trigenerazione di circa 10 MWe (quota parte dei 12,5 MWe considerando un esercizio all'80%) e di 3,6 MWe da fotovoltaico: il picco atteso risulta quindi circa 47 MWe, minore del caso precedente per quanto sopra evidenziato.

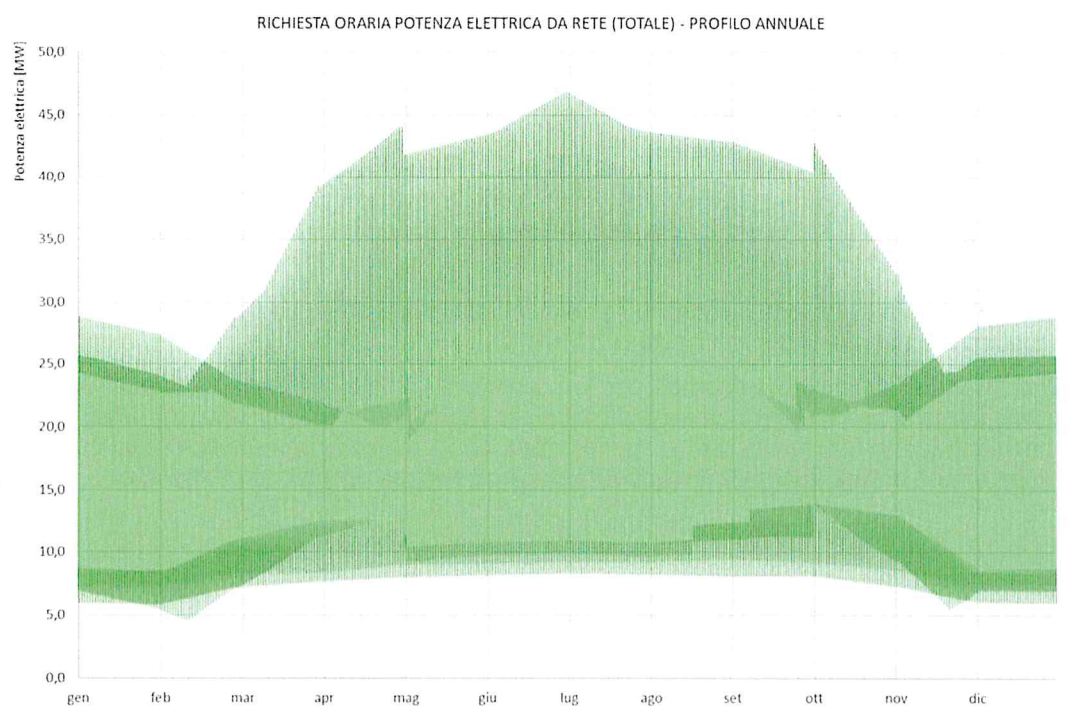


Figura 26 – Curva di carico richiesta di potenza elettrica

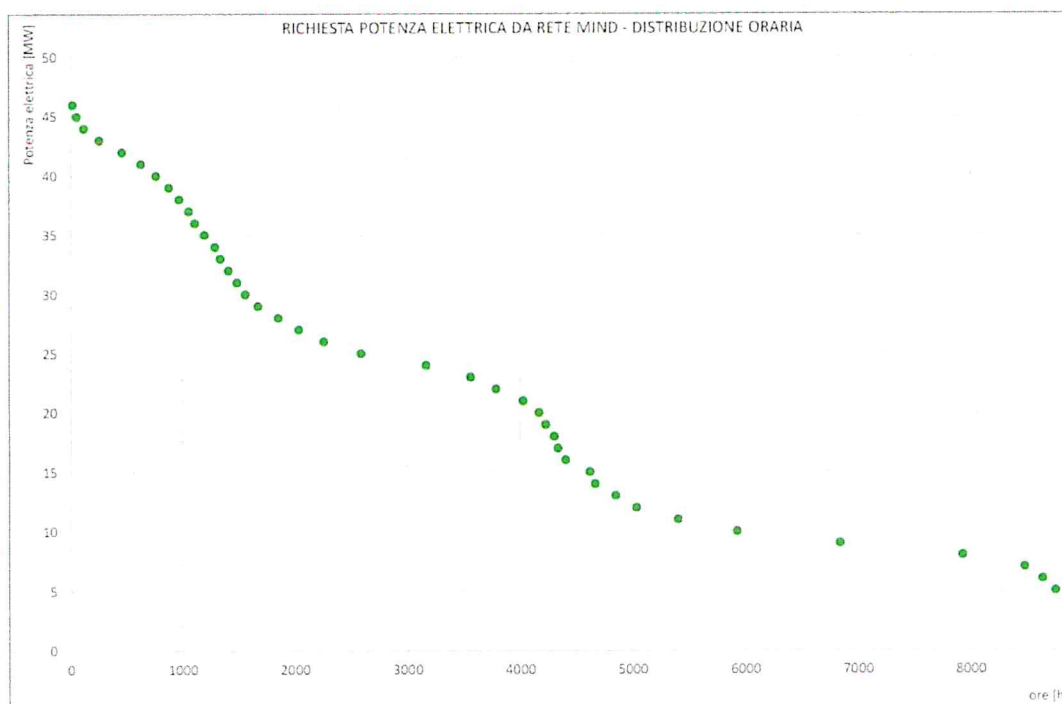


Figura 27 – Distribuzione oraria richiesta potenza elettrica

Come già accennato, l'installazione di impianti fotovoltaici sarà ovviamente analoga a quanto ipotizzato negli scenari precedenti con una potenza ipotizzata di 3,6 MWp.

Di seguito si riportano gli assetti aggiornati per lo scenario 4, di fatto validi per entrambe le opzioni, per l'approvvigionamento di energia elettrica proposti per il sito (ivi inclusi i fabbisogni per usi privati, usi comuni e per la generazione termo-frigorifera) sia in regime estivo, sia in regime invernale e, infine, il riassunto degli assetti di generazione di Riscaldamento (regime invernale) e Raffrescamento (regime estivo).

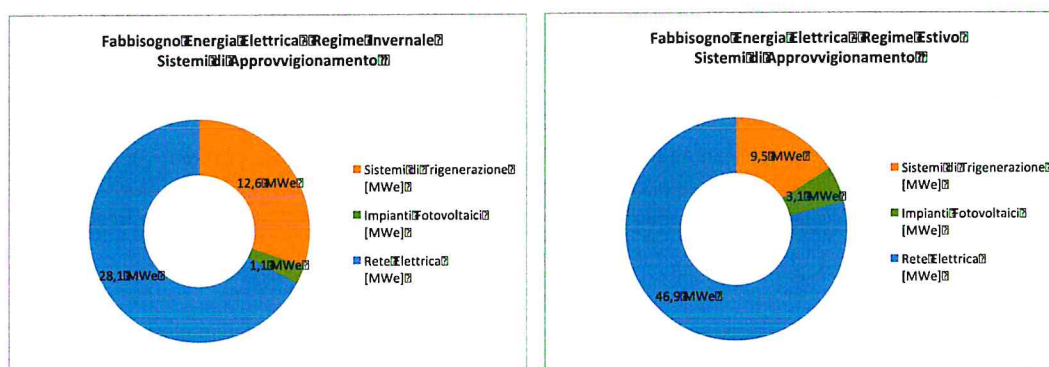


Figura 28 – Set di Approvvigionamento Energia Elettrica

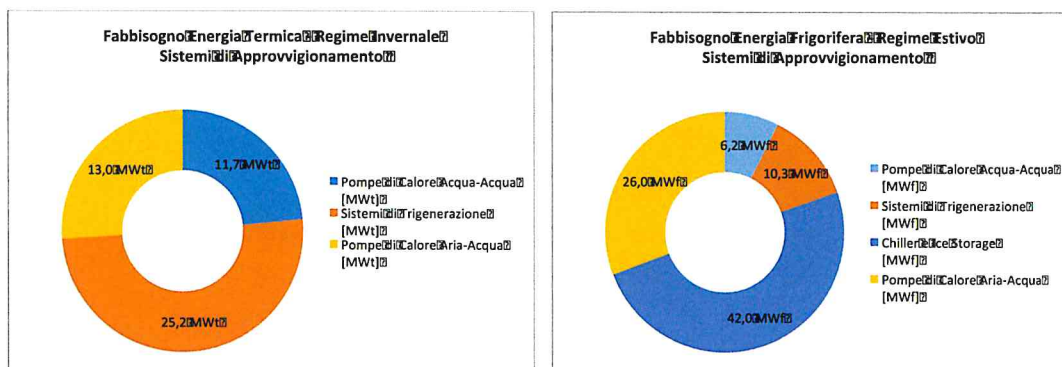


Figura 29 – Set di Approvvigionamento Riscaldamento e Raffrescamento

Anche in questo caso, il maggior sfruttamento della rete di teleriscaldamento, oltre all'utilizzo di impianti fotovoltaici sulle superfici di parcheggi e aree ad uso comune, consente di aumentare la componente da fonti rinnovabili rispetto agli scenari 1 e 2, come per lo scenario 3: la percentuale di copertura dei fabbisogni da energia rinnovabile è pari al 52% dei fabbisogni totali di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento, ottemperando le richieste del D. Lgs 28/2011.

Per quanto riguarda, invece, gli obiettivi prefissati dall'Osservatorio VAS EXPO, la copertura da rinnovabili è pari al 99,4%; qualora si volesse comprendere nella quota dei consumi anche quanto afferente al raffrescamento estivo, si avrebbe una copertura da rinnovabili del 82%.

Le seguenti tabelle riportano per semplicità di visualizzazione i fabbisogni energetici totali annui del sito suddivisi per categoria (riscaldamento, raffrescamento e energia elettrica), i relativi consumi, aggiornati per lo scenario 4, dei vettori energetici (gas ed energia elettrica da rete), esplicitando la quota parte di autoproduzione da impianti fotovoltaici, e le emissioni di CO₂ in atmosfera.

	Fabbisogni Energetici
Riscaldamento ACS	106,7 GWh _t
Raffrescamento	157,9 GWh _f
Energia Elettrica	188,7 GWh _e

Tabella 42 – Sintesi Fabbisogni totali annui – Scenario 4A

STRATEGIA ENERGETICA



	Consumi vettori energetici
Gas naturale	16.054.939 m ³
Energia elettrica	174,7 GWh
FV	-4,6 GWh
Emissioni CO ₂ totali	89.288 tonnellate CO ₂

Tabella 43 – Sintesi consumi vettori energetici annui e relative emissioni – Scenario 4A

Anche in questo caso, a fronte di un aumento della percentuale di copertura da fonti rinnovabili, l'esclusione dell'acqua di canale comporta un notevole aumento nei consumi rispetto agli scenari precedenti sia di gas naturale (+10%) sia di energia elettrica (+7,4%) e, di conseguenza, un aumento delle emissioni di CO₂ (+8%), se pur in minor quantità rispetto al caso precedente grazie al beneficio dell'utilizzo della rete di teleraffreddamento da terzi.

Al fine di fornire un maggior dettaglio del "bilancio energetico annuale", si riportano di seguito le tabelle riassuntive delle produzioni di energia (termica, frigorifera ed elettrica) e dei consumi suddivisi per ogni tecnologia, sia per la stagione invernale, sia per quella estiva.

TECNOLOGIA	STAGIONE INVERNALE				
	Produzione energia termica	Produzione energia frigorifera	Produzione energia elettrica	Consumo energia elettrica	Consumo gas
TRIGENERAZIONE	63.569 MWh _t	8.320 MWh _f	31.771 MWh _e	-	10.979.043 m ³
PdC/AQUA/ACQUA	13.353 MWh _t	-	-	3.338 MWh _e	-
CHILLER/ICE-STORAGE	-	16.958 MWh _f	-	4.240 MWh _e	-
PdC/AQUA/ACQUA	-	8.788 MWh _f	-	3.030 MWh _e	-
FOTOVOLTAICO	-	-	1.302 MWh _e	-	-
TOTALI	76.922 MWh _t	34.067 MWh _f	33.074 MWh _e	10.608 MWh _e	10.979.043 m ³

Tabella 44 – Sintesi produzione e consumi per ogni tecnologia – Stagione invernale – Scenario 4

TECNOLOGIA	STAGIONE ESTIVA				
	Produzione energia termica	Produzione energia frigorifera	Produzione energia elettrica	Consumo energia elettrica	Consumo gas
TRIGENERAZIONE	29.389 MWh _t	24.305 MWh _f	26.296 MWh _e	-	5.075.895 m ³
PdC/AQUA/ACQUA	-	9.836 MWh _f	-	2.459 MWh _e	-
CHILLER/ICE-STORAGE	-	56.731 MWh _f	-	14.183 MWh _e	-
PdC/AQUA/ACQUA	367 MWh _t	32.930 MWh _f	-	11.892 MWh _e	-
FOTOVOLTAICO	-	-	3.270 MWh _e	-	-
TOTALI	29.756 MWh _t	123.802 MWh _f	29.566 MWh _e	28.534 MWh _e	5.075.895 m ³

Tabella 45 – Sintesi produzione e consumi per ogni tecnologia – Stagione estiva – Scenario 4

6.4.2 Scenario 4B

Quest'ultima opzione rappresenta una situazione del tutto analoga allo scenario 4A, ma considerando una distribuzione a centrali indipendenti: si fa quindi presente che, pur sussistendo le stesse potenze e gli stessi consumi energetici, la connessione alle reti di teleraffreddamento esterno nell'Energy Center 2 non potrà sopprimere la richiesta di picco dell'intero *compound*, bensì solo a una parte di utenze servite direttamente dall'EC2, come già sottolineato per lo scenario 2B.

6.5 Confronto Scenari

A valle della definizione degli otto scenari di strategia energetica proposti, in cui di fatto una prima importante differenziazione è stata fatta per la sola logica di distribuzione, si riporta di seguito un primo confronto basato sulla valutazione qualitativa degli aspetti positivi e negativi di ognuna delle due opzioni proposte.

➤ Opzione A (impianto centralizzato)

PRO:

- ✓ Sistema flessibile: la centralizzazione della produzione calda/fredda ed il mix delle sottocentrali consente modifiche e ampliamenti alla distribuzione, anche in funzione di sviluppi futuri.
- ✓ Affidabilità e sicurezza: la ridondanza di potenza a livello di sottocentrale garantisce una sicurezza d'esercizio maggiore rispetto all'opzione B.
- ✓ Risparmio energetico: la centralizzazione ed il mix delle sottocentrali consente di sfruttare gradualmente tutte le fonti a minor costo (pozzo/canale) e di integrare man mano la richiesta di potenza con le due centrali.
- ✓ Backup esterno: a differenza di quanto definito per l'opzione B, la capillare distribuzione di acqua refrigerata prodotta da EC2 consentirebbe ipoteticamente di arrivare a servire tutte le utenze con una fornitura di teleraffreddamento esterna al comparto MIND.
- ✓ Gestione: la centralizzazione tramite interconnessione delle centrali e la ridondanza del sistema ben si sposano con la possibilità di una gestione tramite una società di servizi energetici, come meglio definito successivamente;
- ✓ Innovazione: tale scenario si configura come una vera e propria rete intelligente di utenze (*smart grid*), in grado di distribuire e sfruttare con la massima efficienza l'energia generata in sito e di adeguarsi in tempo reale alla disponibilità delle fonti a più basso impatto sia economico sia ambientale, garantendo sempre affidabilità e flessibilità al sistema.

CONTRO:

- ✗ Costi del sistema: le reti di distribuzione composte da tubazioni di diametri notevoli, prevedono ingenti opere civili e idrauliche. Inoltre, tutte le camerette di derivazione, che attualmente ospitano le derivazioni delle reti esistenti verso le utenze, dovranno essere soggette ad una opportuna verifica, al fine di determinare la necessità di un loro ampliamento per favorire la connessione alle reti di teleriscaldamento e teleraffreddamento.
- ✗ Oneri manutenzione: diversamente dall'opzione B, la maggiore complessità del sistema comporterà programmi manutentivi più articolati e diffusi su sezioni di impianto più numerose (ad esempio tutte le camerette di connessione equipaggiate con organi di sicurezza e contabilizzazione).

➤ Opzione B (centrali indipendenti)

PRO:

- ✓ Impatto sullo stato attuale: gli interventi più invasivi si riducono alla realizzazione di EC1 ed EC2 e di un collegamento caldo tra EC1 e tutto il complesso per la rete di acqua calda sanitaria.
- ✓ Costo realizzazione: in virtù del basso impatto, i costi di realizzazione risulteranno contenuti.
- ✓ Semplificazione dei sistemi: si realizzeranno centrali e sistemi di distribuzione più compatti e semplici. Minori oneri manutentivi.

CONTRO:

- ✗ Bassa flessibilità del sistema: gli approvvigionamenti indipendenti per ogni quartiere non garantiscono una ridondanza. Sono inoltre preclusi futuri sviluppi (a meno di installazioni future sui nuovi edifici di PDC aria/acqua).
- ✗ Affidabilità e sicurezza del sistema: come accennato al punto precedente, l'inesistente ridondanza di potenza, in caso di criticità, comporterebbe il disservizio degli impianti per le utenze "isolate".
- ✗ Ottimizzazione delle fonti: non essendo effettivamente disponibile un "mix" per tutte le utenze, viene meno la possibilità di ottimizzare la fonte al momento più conveniente (ad esempio il canale o i pozzi).
- ✗ Backup esterno: non essendoci una sola centrale, un eventuale apporto esterno (ad esempio il teleraffreddamento da soggetti terzi limitrofi) avrebbe scarso impatto.

Alla luce di quanto descritto, si ritiene più vantaggioso privilegiare la scelta dell'opzione A per gli evidenti benefici in termini di ridondanza, flessibilità di impianto, ottimizzazione dei consumi e delle emissioni, nonché in termini di gestione degli impianti stessi, a cui non corrisponde un notevole aggravio di costi rispetto all'opzione B. In particolare, il sistema centralizzato permetterebbe di ottimizzare la richiesta di potenza, sfruttando prioritariamente le fonti gratuite e le tecnologie più efficienti, integrando gli altri sistemi a seconda della domanda e delle esigenze. Inoltre, la creazione di una rete di teleriscaldamento/teleraffreddamento consentirebbe di rispondere meglio alle necessità di modularità sia nelle fasi di sviluppo del *compound* sia per eventuali variazioni future di richiesta di potenza, dovuti ad esempio a cambiamenti delle destinazioni d'uso attualmente ipotizzate.

A questo punto, il confronto tra gli scenari si riduce alla valutazione dei 4 "macro-scenari", i cui risultati, in termini di consumi energetici, emissioni di CO₂ e rispondenza ai requisiti di legge e della VAS, sono riportati sinteticamente nella tabella sottostante.

Scenari	Opzioni	Consumo annuale gas	Consumo energia elettrica	Emissioni CO ₂	DLgs 28/2011	VAS
Scenario 1	1A	14.556.817 Mc	168,0 GWh	84.118 t CO ₂	51,1%	81,3%
	1B					
Scenario 2	2A	14.585.951 Mc	162,5 GWh	82.662 t CO ₂	51,1%	80,9%
	2B					
Scenario 3	3A	16.054.939 Mc	179,6 GWh	90.899 t CO ₂	52,0%	82,4%
	3B					
Scenario 4	4A	16.054.939 Mc	174,7 GWh	89.288 t CO ₂	52,0%	82,1%
	4B					

Tabella 46 – Sintesi risultati scenari

Si riporta di seguito l'elenco dei punti di forza e debolezza di ogni scenario:

➤ Scenario 1

PRO:

- ✓ Sostenibilità: prevede l'utilizzo della fonte "gratuita" dell'acqua di canale; basse emissioni rispetto agli scenari 3 e 4.
- ✓ Risparmio: consumi energetici bassi, secondo solo allo scenario 2;
- ✓ Ridondanza: rappresenta il caso di massima ridondanza del sistema

CONTRO:

- ✗ Complessità: prevede la realizzazione della rete di condensazione, se pur integrando per quanto possibile l'esistente; il sistema di sottocentrali risulta abbastanza complesso.
- ✗ Manutenzione: la maggiore complessità del sistema comporterà programmi manutentivi più articolati e diffusi

➤ Scenario 2

PRO:

- ✓ Sostenibilità: prevede l'utilizzo della fonte "gratuita" dell'acqua di canale; rappresenta lo scenario con la minore quantità di emissioni in atmosfera.
- ✓ Risparmio: consumi energetici minori di tutti gli altri scenari;
- ✓ Ottimizzazione: l'integrazione della rete di teleraffreddamento esterna permette di ridurre la taglia della centrale EC2, a fronte di una più semplice gestione.

CONTRO:

- ✗ Complessità: prevede la realizzazione della rete di condensazione, se pur integrando per quanto possibile l'esistente; il sistema di sottocentrali risulta abbastanza complesso.
- ✗ Manutenzione: la maggiore complessità del sistema comporterà programmi manutentivi più articolati e diffusi, se pur in maniera minore dello scenario 1
- ✗ Ridondanza: rispetto allo scenario 1 presenta una ridondanza minore, a causa della dipendenza dalla fornitura dei soggetti terzi.

➤ Scenario 3

PRO:

- ✓ Semplicità: gli impianti sono completamente autonomi, con un sistema di sottocentrali semplificato rispetto agli scenari 1 e 2.
- ✓ Manutenzione: data l'autonomia degli impianti, la manutenzione risulterà meno articolata.

CONTRO:

- ✗ Impatto: il mancato utilizzo dell'acqua di canale comporta un aumento nella taglia del sistema di trigenerazione e un maggior numero di pompe di calore aria-acqua; le emissioni in atmosfera risultano maggiori degli scenari 1 e 2.
- ✗ Consumi: i consumi energetici risultano maggiori degli scenari 1 e 2.

- ✖ Costi: oltre ai maggiori costi energetici, risultano alti anche i costi di investimento a causa delle taglie superiori degli impianti.

➤ Scenario 4

PRO:

- ✓ Semplicità: gli impianti sono autonomi, con un sistema di sottocentrali semplificato rispetto agli scenari 1 e 2.
- ✓ Ottimizzazione: l'integrazione della rete di teleraffreddamento esterna permette di ridurre la taglia della centrale EC2, a fronte di una più semplice gestione.

CONTRO:

- ✖ Impatti: il mancato utilizzo dell'acqua di canale comporta un aumento nella taglia del sistema di trigenerazione e un maggior numero di pompe di calore aria-acqua, ma, rispetto allo scenario 3, l'EC2 presenta potenze minori; le emissioni in atmosfera risultano maggiori degli scenari 1 e 2 e minori dello scenario 3.
- ✖ Consumi: i consumi risultano maggiori degli scenari 1 e 2, se pur inferiori allo scenario 3.
- ✖ Costi: oltre ai maggiori costi energetici, risultano alti anche i costi di investimento a causa delle taglie superiori degli impianti, mitigate in parte dalla riduzione della potenza dell'EC2, in virtù dell'approvvigionamento esterno.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa con il confronto tra le diverse variabili considerate nelle precedenti valutazioni, al fine di comparare qualitativamente gli scenari proposti, indicando con i simboli in colore verde gli aspetti ritenuti positivi e in rosso quelli negativi.

Variabili di confronto	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Sostenibilità	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■	■ ■
Risparmi energetici	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■	■ ■
Ottimizzazione risorse	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■	■ ■
Ridondanza/Affidabilità	■ ■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■	■
Complessità	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■	■ ■
Manutenzione	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■	■ ■
Costi (opex)	■ ■	■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■

Tabella 47 – Tabella riepilogativa confronto scenari

In definitiva, dai confronti tra le due opzioni e tra i 4 “macroscenari” risulta preferibile lo scenario 2A, sia dal punto di vista dei consumi e delle emissioni, sia della flessibilità impiantistica.

Tuttavia, considerando che lo scenario 2A si differenzia dallo scenario 1A per la sola connessione alla rete di teleraffreddamento esterna da soggetti terzi, si ritiene più cautelativa l'adozione dello scenario 1A: basterà, infatti, dimensionare l'intero sistema come definito per questo scenario, considerando però in aggiunta una predisposizione nell'Energy Center 2 per l'allaccio alla rete di teleraffreddamento esterno per riportarlo, in caso di disponibilità di acqua refrigerata da terzi, alle condizioni dello scenario 2A.

6.6 Schema impiantistico

Per ognuna delle due opzioni individuate, A e B, è stato ipotizzato un layout di impianto, posizionando gli Energy Center e le sottocentrali all'interno del Masterplan di progetto, come da figure riportate di seguito. In ogni layout, per ogni opzione, sono stati inseriti tutti gli Energy Center considerati nei diversi scenari, indicando con le linee tratteggiate le opzioni relative all'utilizzo dell'acqua di canale e della rete di teleraffreddamento da terzi, che risultano le discriminanti tra uno scenario e l'altro.

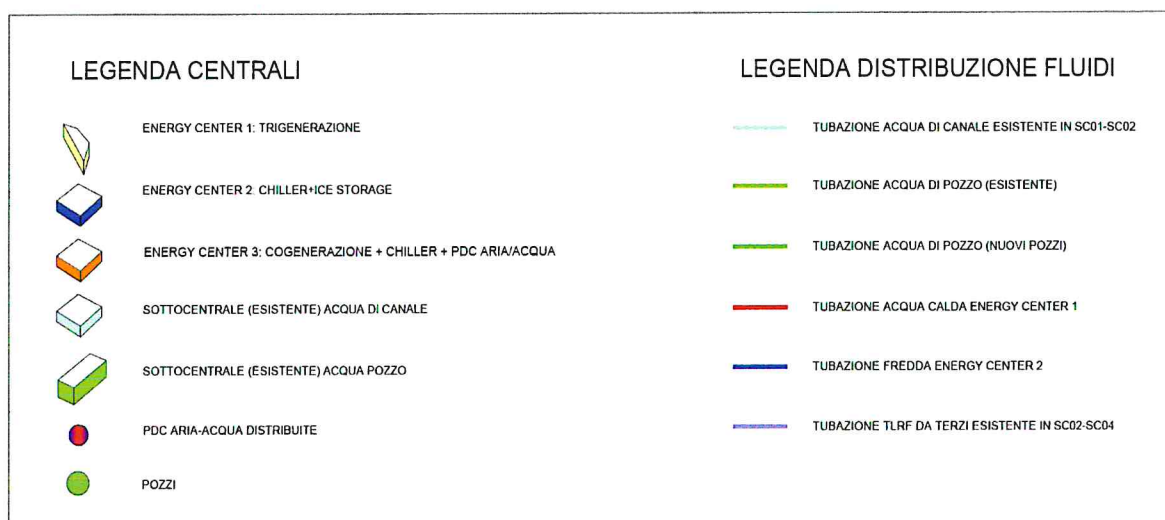


Figura 30 – Layout impianti Opzione A

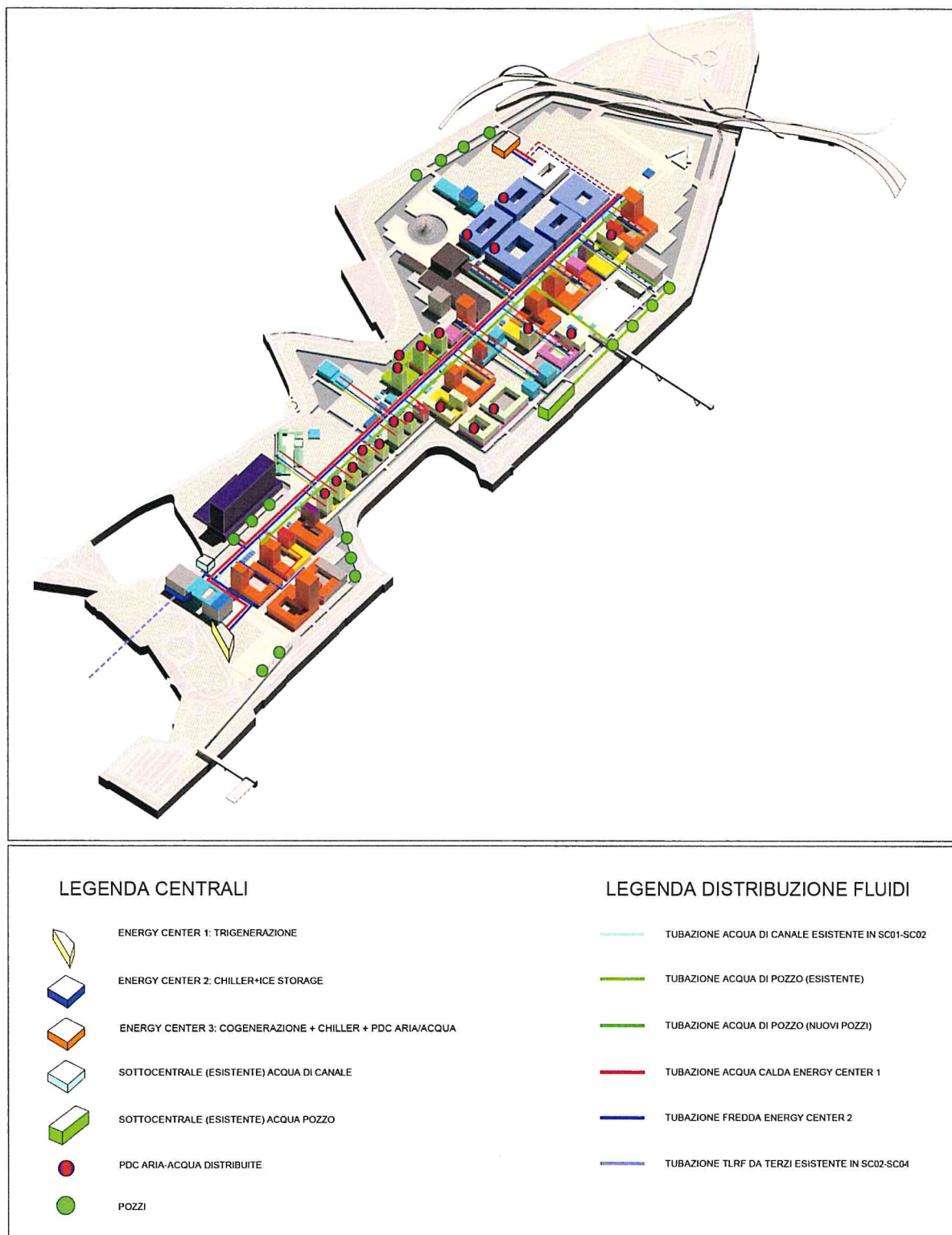


Figura 31 – Layout impianti Opzione B

Nella tabella seguente sono riportate le diverse potenze degli Energy Center per ogni scenario. Naturalmente, laddove sono indicate diverse taglie per la potenza termica e la potenza frigorifera, come nel caso delle Pompe di Calore, la potenza nominale di impianto sarà dettata dalla potenza maggiore.

Scenari	ENERGYCENTER ¹	ENERGYCENTER ²	ENERGYCENTER ³	RETE ACQUA ⁴ CANALE RESISTENTE	RETE ACQUA ⁵ DA POZZI	Pd CARRIERIA/ACQUA ⁶ IN COPERTURA EDIFICI
Scenario ¹	TRIGENERAZIONE: 10MW _e , 20MW _t , 20MW _f	CHILLER/COOLING: 36MW _t	COGENERAZIONE: 10MW _e , 15MW _t CHILLER/ACQUA: 10MW _f Pd CARRIERIA/ACQUA: 10MW _t , 15MW _f	Pd CARRIERIA/ACQUA: 9MW _t , 2MW _f	POZZI Pd CARRIERIA/ACQUA: 9MW _t , 5MW _f	Pd CARRIERIA/ACQUA: 2MW _t , 4MW _f
Scenario ²	TRIGENERAZIONE: 10MW _e , 20MW _t , 20MW _f	CHILLER/COOLING: 30MW _t TURBOALBERZI: 15MW _t	COGENERAZIONE: 10MW _e , 15MW _t CHILLER/ACQUA: 10MW _f Pd CARRIERIA/ACQUA: 10MW _t , 15MW _f	Pd CARRIERIA/ACQUA: 9MW _t , 2MW _f	POZZI/RETE EX. Pd CARRIERIA/ACQUA: 11MW _t , 5MW _f	Pd CARRIERIA/ACQUA: 1MW _t , 3MW _f
Scenario ³	TRIGENERAZIONE: 12,5MW _e , 25MW _t , 25MW _f	CHILLER/COOLING: 40MW _t	COGENERAZIONE: 10MW _e , 15MW _t CHILLER/ACQUA: 10MW _f Pd CARRIERIA/ACQUA: 10MW _t , 15MW _f	-	POZZI Pd CARRIERIA/ACQUA: 9MW _t , 5MW _f	Pd CARRIERIA/ACQUA: 7MW _t , 9MW _f
Scenario ⁴	TRIGENERAZIONE: 12,5MW _e , 25MW _t , 25MW _f	CHILLER/COOLING: 36MW _t TURBOALBERZI: 15MW _t	COGENERAZIONE: 10MW _e , 15MW _t CHILLER/ACQUA: 10MW _f Pd CARRIERIA/ACQUA: 10MW _t , 15MW _f	-	POZZI/RETE EX. Pd CARRIERIA/ACQUA: 12MW _t , 5MW _f	Pd CARRIERIA/ACQUA: 4MW _t , 6MW _f

Tabella 48 – Tabella di sintesi configurazione impiantistica scenari

Alla luce delle considerazioni esposte nel paragrafo precedente, sono stati elaborati gli schemi generali di impianto solo per lo scenario 1A, rappresentando la posizione degli Energy Center in planimetria e le linee principali di distribuzione dei fluidi. Sono stati, inoltre, elaborati gli schemi funzionali esemplificativi sia delle centrali sia delle sottocentrali per tipologia di utenza servita.

Come si può notare dallo schema riportato nella Tavola allegata "TAV 2.C.01-A0_2000", l'obiettivo di costituire una rete centralizzata è perseguito con una rete di distribuzione dei fluidi (caldo, freddo e di condensazione) longitudinale, sfruttando le infrastrutture presenti sotto il Decumano. A partire, infatti, dalle reti principali sono previsti dei distacchi tramite opportuni punti di connessione, identificati nei pozzetti di consegna esistenti: per ognuno di essi è prevista un'integrazione così che possano ospitare gli allacci alle reti di teleriscaldamento e teleraffreddamento, nonché alle reti esistenti di acqua di canale e/o di pozzo.

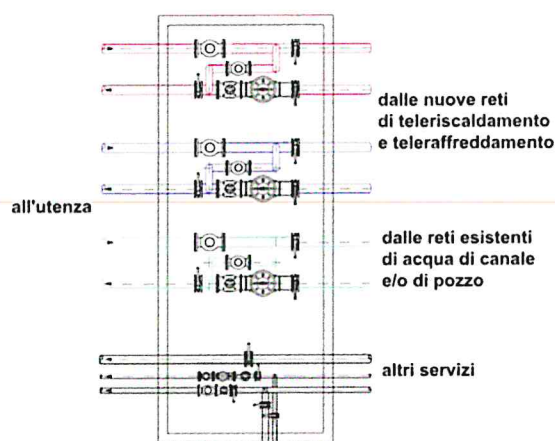


Figura 32 – Punto di connessione con le reti principali

Il posizionamento degli Energy Center e delle sottocentrali è stato ipotizzato in base alle aree disponibili nel sito, alle infrastrutture esistenti e ai conseguenti impatti visivi, acustici ed ambientali. È stato quindi ipotizzato di posizionare gli Energy Center EC1 ed EC2 presso la zona di ingresso a Nord-Ovest, riutilizzando le

sottocentrali di pompaggio esistenti (a Nord-Ovest e a Sud), e di posizionare l'Energy Center EC3, a servizio dell'Università, al Nord di quest'ultima.

Per l'Energy Center EC1, costituito dal sistema di trigenerazione, si stima un ingombro di circa 1.500 m² distribuito su due livelli. L'area individuata si presta a tale utilizzo perché situata ai margini del perimetro in una zona in prossimità dell'autostrada A52, quindi con ridotto impatto visivo, acustico ed ambientale.

Tuttavia, nell'area individuata insiste attualmente la centrale idrica della zona Ovest. Si prevede, pertanto, di realizzare un manufatto ex-novo, previa demolizione della centrale idrica. Il nuovo edificio ospiterà al piano interrato le attuali vasche di accumulo ed i cogeneratori, mentre al piano terra verranno posizionati gli impianti idrici, le cabine MT/BT, ed i restanti componenti del sistema di trigenerazione. In copertura vi saranno le torri evaporative.

Si riporta nella figura seguente lo schema della centrale.

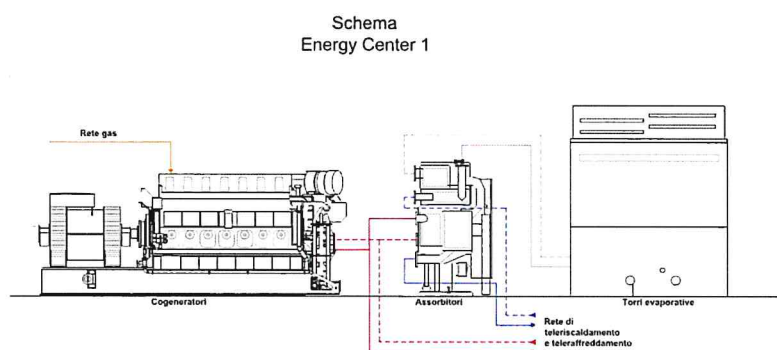


Figura 33 – Schema EC1

La posizione dell'Energy Center EC2, costituito dal sistema di Chiller ed Ice Storage, è stata invece ipotizzata alla base del parcheggio sopraelevato previsto all'ingresso Nord, stimando un ingombro per 2.500 m²: i gruppi frigoriferi e il sistema di accumulo saranno situati al piano interrato, le relative torri evaporative saranno invece installate in copertura (piano 12). Di seguito si riporta lo schema di centrale, in cui si può notare la predisposizione per l'allaccio ad una rete di teleraffreddamento di un soggetto terzo, come già discusso in precedenza.

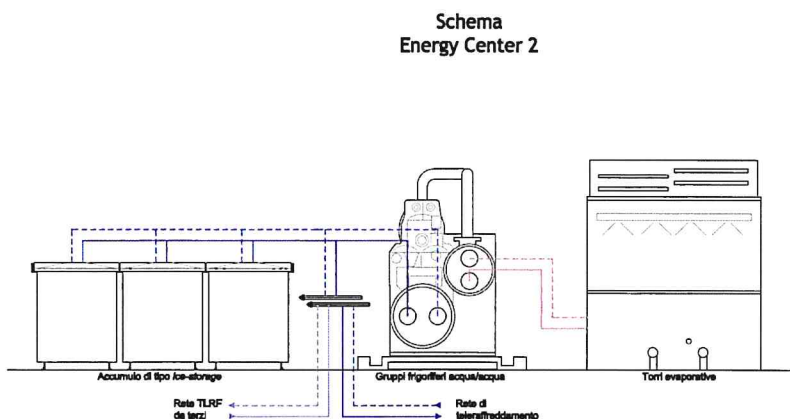


Figura 34 – Schema EC2

Per quanto riguarda L'Energy Center, a servizio dell'Università, costituito da un sistema di cogenerazione e dalla centrale frigorifera a condensazione mista (sia con eventuale acqua di pozzo sia con torri evaporative standard), si stima un'impronta di circa 2.000 m². Di seguito si riporta lo schema di centrale e distribuzione secondaria alle varie utenze universitarie.

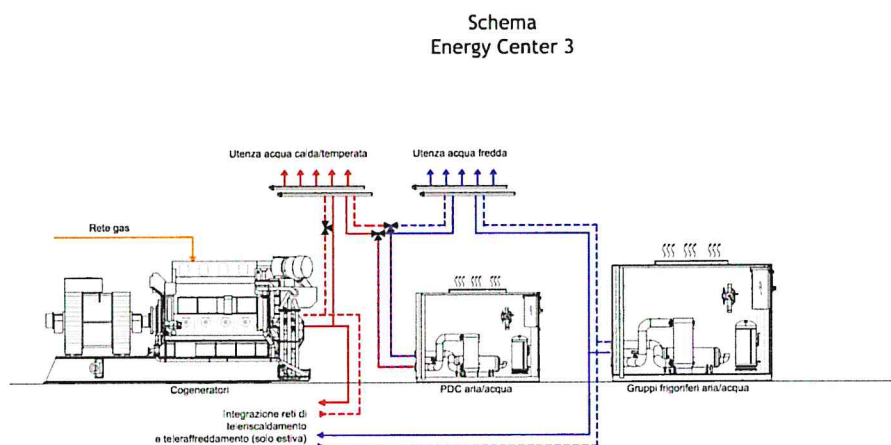


Figura 35 – Schema EC3

Nell'ipotesi di scenario 1A, sono stati definiti gli schemi esemplificativi delle sottocentrali di un edificio tipo, in cui sono presenti i collegamenti sia alle reti di teleriscaldamento e di teleraffreddamento, sia alla rete di acqua tecnica. Infatti, la logica di impianto prevede l'utilizzo preferenziale della rete di acqua tecnica a bassa temperatura e lo sfruttamento delle reti di teleriscaldamento/raffrescamento ad integrazione.

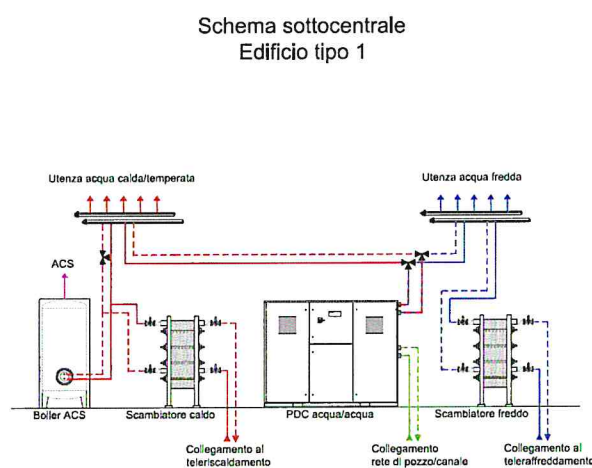


Figura 36 – Schema esemplificativo sottocentrale Edificio tipo 1

Per gli edifici ad uso residenziale, retail, industriale e *cultural*, denominati "edificio tipo 2", è stato ipotizzato uno schema di sottocentrale alternativo, che preveda un'autonomia di generazione per i fluidi caldo/freddo, tramite una pompa di calore aria/acqua, e lo sfruttamento della rete di teleriscaldamento solo per il fabbisogno di Acqua Calda Sanitaria. Tale opzione è stata considerata e proposta al fine di valutare la possibilità di sgravare la rete di teleriscaldamento/raffreddamento dai carichi che caratterizzano questo tipo di utenze, che presentano profili di utilizzo differenti dalle altre caratterizzanti il sito. Naturalmente, nel valutare l'utilizzo di

questo tipo di sottocentrali, rendendo quindi gli edifici autonomi, è evidente l'assenza di ridondanza rispetto alla soluzione tipo presentata in precedenza: è stata quindi prevista comunque l'installazione dello scambiatore caldo, di taglia adeguata al carico termico totale (ACS+riscaldamento), e uno scambiatore freddo di riserva, al fine di poter utilizzare la rete centralizzata quando disponibile o in eventuale situazioni di emergenza (guasti, fermi macchina, etc), come riportato nella figura seguente.

Schema sottocentrale
Edificio tipo 2

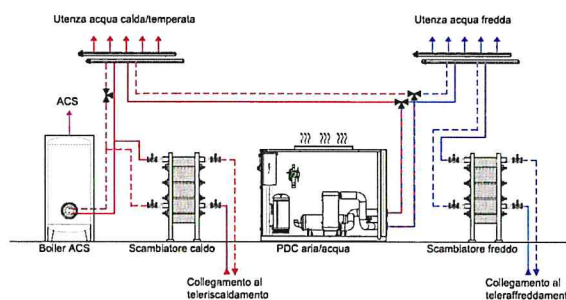


Figura 37 – Schema sottocentrale per edificio tipo 2

Un'ulteriore opzione di sottocentrale è stata valutata e proposta per le utenze in prossimità dell'Energy Center EC1, compreso l'Ospedale Galeazzi: tali utenze potrebbero non essere servite dalla rete di pozzo/canale, così da poter sgravare le reti di teleriscaldamento e teleraffreddamento e ridurre gli ingombri delle tubazioni nei tratti a valle di questi edifici.

Schema sottocentrale
Edificio tipo 3

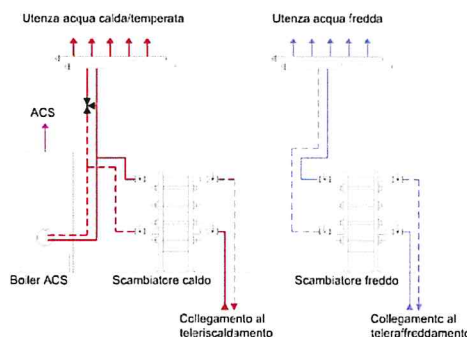


Figura 38 – Schema sottocentrale alternativa non servita da acqua di pozzo/canale

Resta inteso che, a conferma della flessibilità dello scenario energetico proposto, le tre opzioni ipotizzate risultano ugualmente valide per i diversi edifici: si potrà quindi definire in seguito per ognuno di essi la tipologia di sottocentrale a seconda delle diverse esigenze e di specifiche richieste dell'utilizzatore finale.

6.7 Gestione

Anche la gestione del sito intende proseguire il percorso di efficienza già ipotizzato per l'ambito di generazione.

Il sito presenta una forte infrastrutturazione già installata a carattere centralizzato, che si intende integralmente riattivare e sfruttare in continuità con il periodo dell'Expo 2015, anche a salvaguardia degli investimenti pubblici effettuati. Le ulteriori reti sono pensate in continuità con questo concetto e avranno quindi una generazione di energia centralizzata (nello scenario 1A che si intende privilegiare) e una distribuzione univoca a tutti gli edifici e le strutture che ne avranno necessità, configurandosi come unica infrastruttura di alimentazione per tutti i complessi edilizi del perimetro di intervento.

Il modello gestionale si ritiene che possa essere basato su una Energy Service Company – ESCo, ovvero sui servizi di una società che curerà direttamente la produzione e la distribuzione agli utenti finali, sopportando gli oneri di costruzione e gestione a fronte dei corrispettivi di vendita dell'energia.

La gestione centralizzata di un'infrastruttura (sostanzialmente) creata *ex novo*, assicura anche la realizzazione di un'autentica *smart grid*, dove tutti i flussi energetici possano essere controllati e regolati centralmente nell'ottica del raggiungimento della massima efficienza a garanzia del *comfort* finale per gli utenti.

Il modello centralizzato di gestione rappresenta un importante plus di progetto: l'utilizzo efficiente dei diversi impianti, usufruendo al meglio delle caratteristiche di integrabilità, modularità, flessibilità e ridondanza dell'intero sistema, rappresenta infatti il valore aggiunto per l'intero progetto al fine di garantire i servizi e il *comfort* necessari ai diversi utenti, ponendo contemporaneamente una particolare attenzione all'ottimizzazione dei consumi, dei costi e delle emissioni in atmosfera.

La ESCo, per perseguire l'obiettivo sopra descritto, si dovrà dotare di tutti gli strumenti necessari sia al monitoraggio energetico ed ambientale, sia alla gestione automatizzata degli impianti, usufruendo delle migliori dotazioni tecnologiche disponibili in ambito IoT (Internet of Things), quali sistemi di Energy e Building Management.

Il sistema di generazione e gestione centralizzata mediante ESCo potrebbe non essere esteso a tutti gli insediamenti previsti dal PII per ragioni tecniche e di tempistica di realizzazione, pertanto si può prevedere, come per esempio già accade nel Campus Universitario, la presenza di generazioni autonome e gestioni indipendenti anche a livello di edificio o di gruppo di edifici, che pertanto saranno individualmente assoggettati alle prescrizioni esistenti, in particolare in merito alla quota minima di produzione da fonti rinnovabili e generazione elettrica fotovoltaica.

6.8 Stima dei costi

Prendendo in considerazione lo scenario 1A sono stati stimati i costi di realizzazione degli Energy Center, dei pozzi aggiuntivi per l'emungimento dell'acqua di falda, della nuova centrale idrica e delle reti di distribuzione.

OPERE	IMPORTI	Costi unitari
ENERGY CENTER 1	18.950.000 €	
Opere civili	1.800.000 €	Costi di costruzione civile: 150 €/m ³
Cogeneratori	12.000.000 €	Costo macchine: 1.500.000 €/MWe
Assorbitori	3.500.000 €	Costo macchine: 500.000 €/MWt
Torri evaporative	250.000 €	Costo torri: 20-30.000 €/MWt
Stazioni pompaggio	500.000 €	Costo gruppi pompaggio: 250 €/kWe
Tubazioni	200.000 €	Costo tubazioni isolate: 7-10 €/kg
Impianti elettrici	700.000 €	Trafi + distribuzione + servizi: 70.000 €/MWe
ENERGY CENTER 2	6.900.000 €	
Opere civili	1.200.000 €	Incremento su struttura parcheggi
Gruppi frigoriferi in anello e emissioni	3.000.000 €	Costo macchine: 150.000 €/MWf
Torri evaporative	750.000 €	Costo torri: 20-30.000 €/MWt
Ice storage (Batterie di accumulo termico con ghiaccio)	500.000 €	Costo macchine: stima 2-5.000 €/MWhf
Stazioni pompaggio	500.000 €	Costo gruppi pompaggio: 250 €/kW
Tubazioni	150.000 €	Costo tubazioni isolate: 7-10 €/kg
Impianti elettrici	800.000 €	Trafi + distribuzione + servizi: 70.000 €/MWe
ENERGY CENTER 3	8.850.000 €	
Opere civili	1.400.000 €	Incremento su struttura parcheggi
Cogeneratori	3.000.000 €	Costo macchine: 1.500.000 €/MWe
Gruppi frigoriferi	1.800.000 €	Costo macchine: 150.000 €/MWf
Torri evaporative	750.000 €	Costo torri: 20-30.000 €/MWt
Stazioni pompaggio	800.000 €	Costo gruppi pompaggio: 250 €/kW
Tubazioni	300.000 €	Costo tubazioni isolate: 7-10 €/kg

Impianti elettrici	800.000 €	Trafi + distribuzione + servizi: 70.000 €/MWe
POZZI E NUOVA CENTRALE IDRICA	3.100.000 €	
Opere civili	750.000 €	Costi di costruzione civile: 150 €/m3
Pozzi e pompe	800.000 €	Costo trivellazioni + pompa estrazione: 100.000 €/pozzo
Stazioni pompaggio	200.000 €	Costo gruppi pompaggio: 250 €/kW
Tubazioni	1.100.000 €	Costo tubazioni isolate: 7-10 €/kg
Impianti elettrici	250.000 €	Trafi + distribuzione + servizi: 70.000 €/MWe
RETI DI DISTRIBUZIONE TLR TLC	14.000.000 €	
Opere civili	4.000.000 €	Costi scavi e strutture cls: 100 €/m3
Tubazioni	10.000.000 €	Costo tubazioni isolate: 7-10 €/kg
STIMA COSTI TOTALE	51.800.000 €	-

Tabella 49 – Stima dei costi di realizzazione

7 Carbon Strategy

7.1 Target Setting

L'accordo di Parigi, adottato alla 21esima sessione della conferenza delle parti della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (COP21) nel Dicembre 2015, è lo strumento di riferimento internazionale per contrastare i cambiamenti climatici.

L'obiettivo centrale dell'accordo è quello di rafforzare la risposta globale alla minaccia del cambiamento climatico cercando di mantenere la temperatura globale ben al di sotto di 2°C rispetto ai livelli pre-industriali e di perseguire gli sforzi per limitare l'aumento della temperatura a 1,5°.

In accordo con la Strategia Energetica Nazionale del 10 Novembre 2017, si adotta un percorso che è coerente anche con lo scenario a lungo termine del 2050 stabilito dalla Road Map europea che prevede la riduzione di almeno l'80% delle emissioni rispetto al 1990.

1) Obiettivi fonti rinnovabili

Obiettivo del progetto è rispondere al ricorso a fonti energetiche rinnovabili secondo quanto previsto dalla Strategia Energetica Nazionale, ovvero raggiungere il 28% di rinnovabili sui consumi complessivi al 2030 rispetto al 17,5% del 2015. Nello specifico:

- 1) rinnovabili elettriche al 55% al 2030 rispetto al 33,5% del 2015;
- 2) rinnovabili termiche al 30% al 2030 rispetto al 19,2% del 2015;
- 3) rinnovabili per trasporti al 21% al 2030 rispetto al 6,4% del 2015.

2) Obiettivi di riduzione dei consumi

Obiettivo del progetto è rispondere all'impegno dell'Italia di conseguire una riduzione di consumi di energia da politiche attive pari a circa 10,2 Mtep/anno al 2030, così suddivisi:

- 1) 3,7 Mtep/anno al 2030 per il residenziale;
- 2) 2,6 Mtep/anno al 2030 per i trasporti;
- 3) 2,3 Mtep/anno al 2030 per i servizi e agricoltura;
- 4) 1,6 Mtep/anno al 2030 per l'industria.

In aggiunta agli obiettivi della strategia energetica nazionale, per il progetto MIND l'Osservatorio VAS Expo, nella Relazione di Monitoraggio, ha individuato per la fase post-Expo un obiettivo sfidante per le emissioni climalteranti: "tendere a un bilancio emissivo nullo, minimizzando la quota aggiuntiva di emissioni climalteranti (legate in particolare al sistema dei trasporti e agli edifici) e prevedere adeguati interventi di compensazione delle emissioni che non è possibile evitare".

La strategia energetica proposta è orientata all'accelerazione della transizione verso "Zero carbon emissions", in coerenza non solo con la strategia energetica nazionale, ma soprattutto con gli obiettivi fissati dall'Osservatorio VAS Expo. Il progetto prevede pertanto una fase di *target setting* coerente con gli elementi di indirizzo sopra citati. Tale fase include la definizione di un target assoluto per l'intera area Mind oggetto di intervento e di target relativi per i diversi cluster di progetto.

Il piano di interventi, che verrà definito nelle prossime fasi di progettazione, supporterà il raggiungimento dei sopra citati target emissivi.

Il sito vedrà la realizzazione di edifici che andranno oltre la compliance normativa prevedendo la realizzazione di immobili ad energia quasi zero (NZEB – *Nearly Zero Energy Building*) e oltrepassando detti obiettivi posizionandosi ai vertici delle classificazioni energetiche nazionali ed internazionali (Classe A1 – A2 – A3 – A4, LEED Gold e LEED Platinum).

Il sito si prefigura, ad eccezione dell'Università finora considerata autonoma, come un distretto servito da una rete di teleriscaldamento/raffreddamento, in cui tutti gli edifici sono serviti da sistemi di climatizzazione connessi con tale rete e/o sono dotati di impianti a pompa di calore ad alimentazione elettrica. Tutti gli edifici possono quindi essere definiti ad emissioni zero; si può quindi asserire che per quanto riguarda gli edifici, il sito tende al bilancio emissivo nullo, come indicato nella Relazione di Monitoraggio dell'Osservatorio VAS Expo.

Resterà da approfondire in fase progettuale l'eventualità che la mancata connessione degli impianti a servizio dell'Università comporti una quantità di emissioni climalteranti che non sia totalmente compensabile attraverso gli interventi di mitigazione già previsti per il compound MIND, come, ad esempio, l'intensificazione degli spazi verdi e degli orti urbani nell'intero distretto e l'acquisto di certificati di emissione. Qualora questa eventualità fosse confermata, saranno valutate soluzioni progettuali alternative.

7.2 Piano di azione

Come stabilito in precedenza, a partire dai dati relativi alle consistenze ed alle destinazioni d'uso ad oggi ipotizzati, sono state stimate in via preliminare le potenze termiche, frigorifere ed elettriche necessarie alla copertura dei fabbisogni del sito.

In accordo alle valutazioni effettuate, per lo scenario 1A, prediletto in questa fase, sono stati scelti i seguenti sistemi di generazione dell'energia termo-frigorifera ed elettrica:

- Pompe di calore acqua-acqua con scambio da acqua di falda e di canale;
- Teleriscaldamento e tele raffreddamento mediante trigenerazione alimentata a gas;
- Chiller (refrigeratore) ad alta efficienza e sistemi ice storage;
- Pompe di calore aria-acqua o impianti ad espansione diretta;
- Impianti fotovoltaici.

Smart Grid

Come già evidenziato, la gestione centralizzata di una infrastruttura (sostanzialmente) creata ex novo assicura anche la realizzazione di una *smart grid* dove tutti i flussi energetici possano essere controllati e gestiti centralmente nell'ottica del raggiungimento della massima efficienza a garanzia del comfort finale per gli utenti.

STRATEGIA ENERGETICA

Il ricorso alla rete di teleriscaldamento e l'utilizzo di impianti fotovoltaici sulle superfici di parcheggi ed aree a uso comune consente di approvvigionare il sito mediante un mix energetico con una forte componente da fonti rinnovabili e un set tecnologico efficiente e flessibile, oltre a mantenere un elevato livello di diversificazione rispetto al prelievo dalla rete elettrica.

Modelli comportamentali

Dopo le installazioni delle componenti impiantistiche nelle strutture, verranno consegnati agli utenti manuali d'uso e guide comportamentali per ottimizzare i consumi e limitare gli sprechi energetici al fine di raggiungere i target emissivi fissati.

7.3 Approvvigionamento energetico – 100% green energy

L'obiettivo definito attraverso la Carbon Strategy potrà essere perseguito attraverso:

- massimizzazione dell'utilizzo delle risorse e delle infrastrutture esistenti;
- massimizzazione dell'efficienza energetica dei sistemi di generazione;
- garanzia di diversificazione dei vettori di approvvigionamento;
- massimizzazione del ricorso a fonti energetiche rinnovabili;
- raggiungimento dei target mirati al contenimento delle emissioni di gas serra.

Sarà perseguita ed incoraggiata piena *compliance* della fornitura di energia da fonti rinnovabili per le singole utenze presenti nelle strutture dell'area, rispetto ai requisiti massimi di sostenibilità riconosciuti a livello internazionale tra cui, di seguito esplicitati:

- Fornitura di energia verde integrata a soluzioni di promozione dell'efficienza;
- Acquisto di energia direttamente da impianti di produzione di energia rinnovabile;
- Fornitura di energia verde integrata con la creazione di un fondo per lo sviluppo delle energie rinnovabili.

7.4 Assessment

Ad oggi il contributo in termini di tonnellate di CO_{2eq}, valutate sulla base dei soli fabbisogni energetici stimati, ammonta a 28.517 tonnellate di CO_{2eq} per il consumo di gas naturale ed a 55.448 tonnellate di CO_{2eq} per il consumo di energia elettrica prelevata dalla rete nazionale. Naturalmente, la fornitura di energia elettrica totalmente da fonti rinnovabili permetterebbe di eliminare le emissioni relative al consumo di energia elettrica, lasciando come contributo emissivo le sole tonnellate di CO_{2eq} dovute al consumo di gas naturale.

Tali calcoli dei contributi emissivi, effettuati con fattori di emissione relativi al documento “*Ministero dell'Ambiente, Tabella parametri standard internazionali, anno 2017*” per il consumo di gas naturale, mentre al documento “*Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e altri gas a effetto serra nel settore elettrico, ISPRA R257-17*” per il consumo di energia elettrica prelevata dalla rete nazionale, rappresentano una stima preliminare, che andrà aggiornata nel percorso realizzativo delle opere: il progetto prevede, infatti, l'attività di Carbon Assessment realizzata sul perimetro oggetto di intervento, una volta completate tutte le opere.

Tale attività, che prevedrà la definizione della Baseline utile alla rendicontazione dei progressi sui risultati previsti dalla fase di Target Setting, sarà svolta attraverso i seguenti step:

- Definizione Perimetro di Applicazione;
- Installazione Energy Control Room;
- Installazione componenti di monitoraggio;
- Inventario Emissioni Dirette, Indirette e altre Indirette (Scope 1, 2 e 3);
- Redazione Report Carbon.

L'attività di Carbon Assessment, finalizzata al raggiungimento dei target emissivi definiti in fase iniziale andrà perseguita con attività continuativa di rendicontazione.

Nello specifico le attività di rendicontazione periodica prevedranno una valutazione basata su indicatori quantitativi quali:

- Definizione e calcolo di un cruscotto di indicatori carbon (CO2 Avoided);
- Controllo in tempo reale delle performance energetiche e quantificazione dello spreco economico relativamente ai sottosistemi monitorati;
- Monitoraggio delle performance energetiche e valutazione dei risparmi conseguiti a valle degli interventi;
- Reportistica periodica per il monitoraggio dei consumi, dei costi e dei risparmi conseguiti e conseguibili.

L'attività di *Energy Management* sarà supportata, ove possibile, dalla presenza di un sistema di Energy Control Room, strumento di analisi e controllo in grado di supportare la programmazione e le attività di gestione e controllo dei consumi e dei costi energetici.

In questa fase, è possibile stimare un'ampia riduzione di emissioni ottenibile con l'attuazione della strategia energetica proposta, rispetto ad una baseline teorica, che contempli un set di tecnologie di tipo tradizionale (caldaie e gruppi frigoriferi), privo di rete di teleriscaldamento/raffreddamento.

Nello specifico, al fine di valutare il consumo energetico e le emissioni della baseline teorica, come considerata in via preliminare in questa fase, sono state considerate tecnologie energetiche e caratteristiche degli edifici in linea con gli standard normativi attuali.

CONFIGURAZIONE DI BASELINE:

- climatizzazione invernale con pompe di calore con COP superiore a 4, con integrazione tramite caldaie a condensazione;
- climatizzazione estiva con gruppi frigoriferi con EER superiore a 3,5;
- produzione di acqua calda sanitaria per l'80% tramite impianti solari termici;
- installazione di impianti fotovoltaici per una potenza totale pari a 1/50 della superficie in pianta degli edifici da realizzare.

Come già descritto, l'effettiva baseline di progetto sarà però definita al termine della realizzazione delle opere, al fine di rendicontare i progressi nel raggiungimento dei Target.

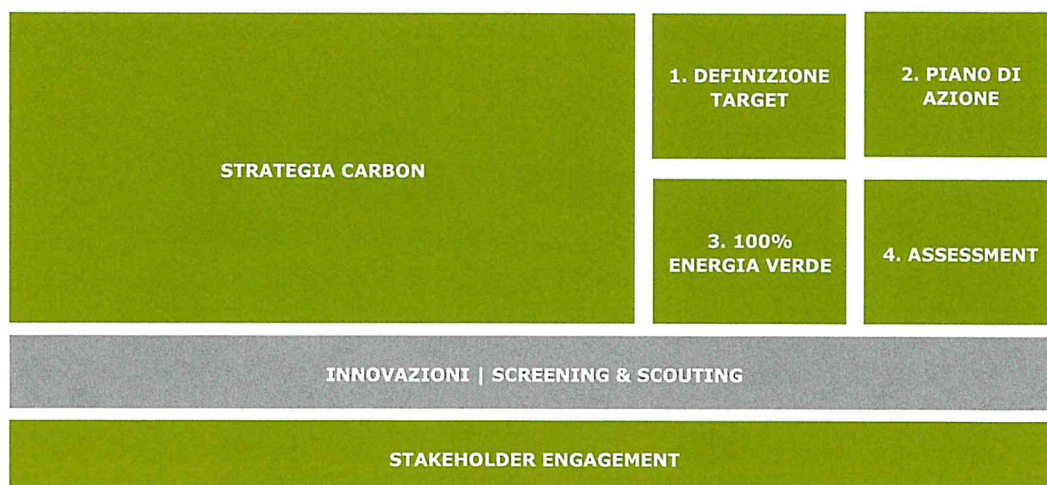


Figura 39 – Carbon strategy | Scope of work

STRATEGIA ENERGETICA

7.5 Accountability – Indicatori (KPI)

Lo sviluppo del progetto nel suo complesso, all'interno del quale si inserisce la Strategia Zero Carbon, si avvarrà di indicatori quantitativi di performance secondo lo standard internazionale GRI, Global Reporting Initiative. Di seguito, a titolo di esempio, un cruscotto di indicatori ambientali di riferimento che potranno essere integrati anche con la componente sociale.

Codice GRI	Tematiche chiave	Topic-specific standard	Descrizione
GRI 301: Materiali	Gestione rifiuti & Riciclo	Disclosure 301-2 Materiali di input riciclati utilizzati	Percentuale di materiali in input riciclati, usati per la produzione di beni e servizi.
		Disclosure 301-3 Prodotti recuperati e materiali di imballaggio	Percentuale di prodotti recuperati e materiali di imballaggio per categoria di prodotto.
GRI 302: Energia	Energia	Disclosure 302-4 Riduzione consumi energetici	<ul style="list-style-type: none"> Riduzione consumi energetici mediante iniziative di efficientamento Tipologie di energia i cui consumi sono stati ridotti (carburante, elettricità, riscaldamento/condizionamento, etc.) Baseline di riduzione consumi energetici Standards, metodi, e/o strumenti di calcolo usati
GRI 303: Acqua		Disclosure 303-3 acqua riciclata e riutilizzata	<ul style="list-style-type: none"> Volumi di acqua riciclata e riutilizzata Volumi di acqua riciclata e riutilizzata in percentuale ai volumi di acqua prelevata Standards, metodi usati
GRI 305: Emissioni	GHG emissioni	Disclosure 305-1 GHG emissioni dirette (Scopo 1)	Emissioni GHG di scopo 1 in tonnellate di CO ₂ equivalente.
		Disclosure 305-2 GHG emissioni indirette (Scopo 2)	Emissioni GHG di scopo 2 in tonnellate di CO ₂ equivalente.
		Disclosure 305-5 Riduzione delle emissioni	Riduzione delle emissioni di scopo 1 e 2 a seguito di iniziative di riduzione (Action Plan)

Tabella 50 – Indicatori ambientali

7.6 Stakeholder Engagement

Il progetto nelle sue componenti *Carbon* ed *Innovation* prevedrà un percorso di *stakeholder engagement* per un coinvolgimento, anche attraverso partnership dedicate, delle terze parti interessate al progetto ed una loro sempre maggiore inclusione.

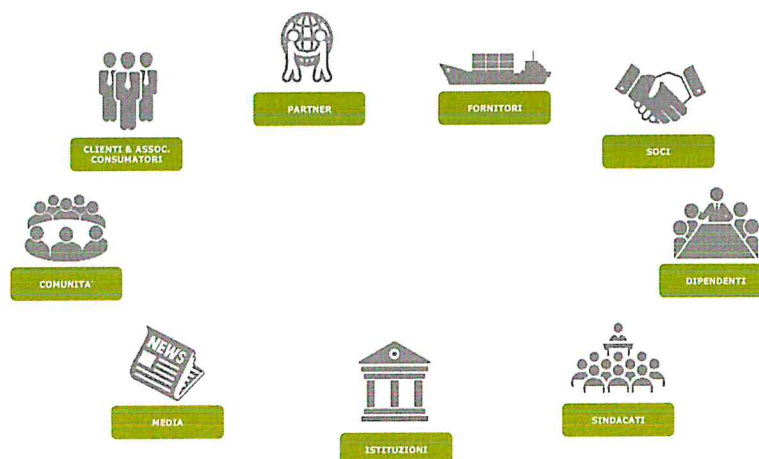


Figura 40 – Schema Stakeholder Engagement





in collaborazione con:



in collaborazione con:

AECOM

LAND
LANDSCAPE ARCHITECTURE NATURE DEVELOPMENT

 **Systematica**