



Ricerca di Sistema elettrico

Caratteristiche della rete termica indoor che sarà realizzata presso il laboratorio LPSAT del Centro Ricerche ENEA di Portici

Giuseppe Fiorenza, Luigi Mongibello

CARATTERISTICHE DELLA RETE TERMICA INDOOR CHE SARÀ REALIZZATA PRESSO IL LABORATORIO LPSAT
DEL CENTRO RICERCHE ENEA DI PORTICI

Giuseppe Fiorenza, Luigi Mongibello

Con il contributo di: A. Borriello, M. Caliano, C. Cancro, G. Ciniglio, M. Di Somma, V. Giglio, A. Guglielmo, D. Mele, A. Pontecorvo

Dicembre 2019

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - I annualità

Obiettivo: *N. 1 - Tecnologie*

Progetto: *1.5 - Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti*

Work package: *4 - Reti energetiche integrate*

Linea di attività: *LA4.16 - Realizzazione di una rete termica indoor presso il laboratorio LPSAT del CR Enea Portici (1 di 3)*

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi

Responsabile del Work package (LA4.16-LA4-33): Luigi Mongibello

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE ALLE RETI TERMICHE	5
1.1 EVOLUZIONE DELLE RETI DI TELERISCALDAMENTO	6
2 CARATTERISTICHE DELLA RETE TERMICA INDOOR PRESSO IL LABORATORIO LPSAT DEL CENTRO RICERCHE ENEA PORTICI.....	7
2.1 LAYOUT DELLA RETE TERMICA	9
2.2 CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI PRINCIPALI DELLA RETE	10
2.3 SENSORI E REGOLAZIONI	11
3 CONCLUSIONI	12
4 BIBLIOGRAFIA	12

Sommario

Il presente report riguarda le attività svolte durante il primo anno del Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 della Ricerca di Sistema Elettrico per quanto concerne la realizzazione di una rete termica indoor presso il laboratorio LPSAT del CR Enea Portici, finalizzata a validare sperimentalmente, in scala di laboratorio, risultati numerici ottenuti dalla simulazione e dall'ottimizzazione numerica di reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento. Nella prima parte della prima annualità sono state analizzate le più recenti realizzazioni documentate in letteratura relative a reti termiche di teleriscaldamento e/o teleraffrescamento di tipo residenziale. Successivamente sono state definite le caratteristiche della rete termica che sarà realizzata presso il Centro Ricerche Enea Portici. Questo documento consta essenzialmente di due parti. Nella prima parte vengono descritti sia i punti di forza che le problematiche associate alle reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento, ovvero i motivi che finora ne hanno limitato la diffusione soltanto in zone caratterizzate da un clima rigido con un elevato valore dei gradi giorno. Nella seconda parte vengono riportate le caratteristiche della rete termica indoor che sarà realizzata in Enea Portici durante il secondo anno del presente piano triennale di realizzazione. Tale rete sarà realizzata per poter simulare sperimentalmente reti termiche di quinta generazione, caratterizzate da temperatura di mandata relativamente basse, che consentono di sfruttare una maggiore quantità di calore di scarto, e quindi che in generale permettono di ottenere benefici sia in termini di consumi di energia primaria che di emissioni inquinanti. Inoltre, la rete permetterà di simulare soluzioni differenti per quanto riguarda la topologia della rete, caratteristica questa che ha un ruolo fondamentale nel raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica, risparmio economico e basse emissioni.

1 Introduzione alle reti termiche

Nella prima parte della prima annualità del PTR19-21 della Ricerca di Sistema Elettrico è stato analizzato lo stato dell'arte relativo alla realizzazione di reti termiche di teleriscaldamento e/o teleraffrescamento di tipo residenziale. Le reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento, cosiddetti DHC (District Heating and Cooling), possono svolgere un ruolo chiave nella transizione verso città più sostenibili, grazie alla loro capacità di fornire in maniera efficiente l'energia termica necessaria per il riscaldamento ed il raffrescamento degli ambienti e l'acqua calda sanitaria agli edifici, attraverso una rete termica di distribuzione costituita da tubazioni interrate [1]. Il concetto chiave su cui si basa questa tecnologia consiste nell'utilizzare fonti di calore e combustibili reperibili nelle vicinanze delle reti stesse che altrimenti verrebbero totalmente o in parte non sfruttati in maniera ottimale o dispersi nell'ambiente. Un sistema di teleriscaldamento competitivo si basa quindi su una produzione di calore a basso costo ed una richiesta di calore locale degli utenti adeguata per quantità e favorevolmente distribuita in modo che la lunghezza delle tubazioni per la trasmissione del calore dalla produzione alle utenze sia la minima possibile. Il limite fondamentale alla diffusione degli impianti di teleriscaldamento/teleraffrescamento è rappresentato infatti dall'elevato costo di investimento per la realizzazione della rete che rende tali impianti in linea di massima convenienti solo in zone caratterizzate da un clima rigido con un elevato valore dei gradi giorno (GG). In tal caso infatti è possibile ottenere un ammortamento su un periodo sensibilmente più esteso. In effetti tutti gli impianti di teleriscaldamento presenti nel Rapporto sul Teleriscaldamento in Italia predisposto nel 2014 da Legambiente e AIRU (Associazione Italiana Riscaldamento Urbano), sono costruiti in Comuni situati in zone climatiche D, E o F, quindi con il riscaldamento potenzialmente in funzione per oltre 160 giorni l'anno e per almeno 12 ore al giorno. D'altro canto, i vantaggi del teleriscaldamento sono sostanziali, dal punto di vista energetico e ambientale: essendo una infrastruttura energetica locale le reti consentono l'utilizzo di risorse energetiche rinnovabili locali (come le biomasse, la geotermia, il solare termico) su scala più ampia, oltre al recupero di calore residuo industriale e da centrali termoelettriche. Rispetto alle soluzioni tecnologiche tradizionali per la produzione di energia termica ad uso riscaldamento/raffrescamento ed acqua calda sanitaria le emissioni di CO₂ sono ridotte e gli inquinanti più efficacemente controllati grazie all'applicazione di tecnologie di filtraggio dei fumi che non sono sostenibili economicamente per gli utenti domestici. Inoltre l'installazione delle reti di teleriscaldamento porta spesso vantaggi nella pianificazione urbana, poiché contribuisce alla ristrutturazione di pavimentazioni, strade e posa di reti di telecomunicazioni, migliorando la qualità ambientale e la vita dei cittadini. Non da ultimo con il teleriscaldamento si garantisce una sicurezza degli edifici maggiore riducendo l'utilizzo di gas nei condomini. Nel futuro prossimo, grazie alle reti a bassa temperatura, si potranno utilizzare pompe di calore per la produzione termica e ciò consentirà una maggiore penetrazione dell'utilizzo di fonti rinnovabili e una maggiore integrazione tra reti elettriche e reti termiche. Alcuni esempi particolarmente rilevanti di fonti di energia strategiche per l'alimentazione degli impianti di teleriscaldamento sono dunque:

- calore prodotto dagli impianti di cogenerazione (CHP);
- calore ottenuto dall'incenerimento dei rifiuti;
- calore in eccesso proveniente da processi industriali;
- calore generato dalla geotermia;
- combustibili di utilizzo critico in piccole caldaie, quali biomasse solide e biocombustibili.

Nel febbraio del 2016, la Commissione Europea ha pubblicato il documento "Una strategia dell'UE in materia di riscaldamento e raffreddamento" che mira ad incrementare l'uso di fonti rinnovabili nel settore termico e promuovere l'utilizzo del calore di scarto industriale [2]. Più recentemente nel maggio del 2018, il Parlamento Europeo e il Consiglio hanno adottato una direttiva più stringente sulla prestazione energetica nell'edilizia che pone le basi per un avere un parco immobiliare con emissioni ridotte e tendenti a zero nell'UE entro il 2050 dando enfasi innanzitutto all'efficienza energetica. Una maggiore diffusione degli impianti di DHC rappresenta un elemento fondamentale per perseguire gli obiettivi fissati in entrambi i suddetti documenti.

Secondo numerosi studi, tra cui il lavoro di Werner [3], come già precedentemente accennato, i sistemi di teleriscaldamento a livello mondiale producono in media il 15% in meno di emissioni in confronto ai convenzionali impianti di combustione del gas per la generazione di calore. Allo stesso tempo, gli stessi studi riportano anche che il tasso medio di emissioni non è stato migliorato dal 1990 al 2015. Per tale motivo è necessario un approccio innovativo allo scopo di incrementare la diffusione e l'efficienza dei sistemi DHC e sfruttare fonti di calore più sostenibili dal punto di vista ambientale. Le reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento di quinta generazione (5GDHC) forniscono una potenziale soluzione tecnologica economicamente conveniente ed ecologicamente sostenibile per il riscaldamento ed il raffrescamento.

1.1 Evoluzione delle reti di teleriscaldamento

Il concetto di teleriscaldamento ha origini lontanissime nel tempo che possono essere fatte risalire ai sistemi di distribuzione dell'acqua calda nelle terme dell'antica Roma.

Tuttavia il primo esempio di rete di teleriscaldamento moderna di successo dal punto di vista tecnico e commerciale è considerato l'impianto realizzato nel 1877 a Lockport, nello stato di New York. La rete fu progettata dall'ingegnere idraulico americano Birdsill Holly considerato il padre del teleriscaldamento moderno [4].

In questo tipo di rete il fluido termovettore utilizzato è vapore in pressione ad alta temperatura, generato dalla combustione del carbone, mentre le tubazioni per la distribuzione del calore sono realizzate in calcestruzzo. Questa tecnologia, corrispondente alla prima generazione di rete di teleriscaldamento, si diffonde anche in Europa e costituisce lo stato dell'arte fino agli anni '30 del novecento. Il sistema, infatti per le alte temperature di adduzione richieste, non risulta efficiente, inoltre l'utilizzo di vapore in pressione comporta notevoli criticità in termini di sicurezza ed affidabilità, per la formazione di condensa lungo la rete.

Si passa pertanto alla seconda generazione delle reti di teleriscaldamento, in cui l'acqua calda pressurizzata sostituisce il vapore come fluido termovettore ed il calore viene generato utilizzando come fonte, oltre al carbone, anche l'olio combustibile. La temperatura di alimentazione del fluido è comunque superiore ai 100 °C. Questi sistemi vengono utilizzati fino agli anni '70 e, pur avendo avuto una larga diffusione in tutto il mondo, costituiscono la tipica tecnologia dell'Unione Sovietica e dell'Europa dell'Est.

A partire dagli anni '80 viene sviluppata una terza generazione di reti di teleriscaldamento, basata su tecnologia cosiddetta scandinava, poiché molte aziende produttrici dei componenti utilizzati operano in Scandinavia. In questa tipologia di impianti sono utilizzati tubi in acciaio prefabbricati e pre-isolati, che vengono direttamente interrati ed operano a temperature più basse, generalmente inferiori ai 100 °C. La motivazione principale che ha portato allo sviluppo di questa tecnologia risiede nell'esigenza di migliorare l'efficienza dopo che le due crisi petrolifere degli anni '70 avevano portato ad un drastico incremento del costo del petrolio e messo a rischio la sicurezza dell'approvvigionamento. Per lo stesso motivo, in sostituzione dell'olio combustibile, in queste reti vengono integrate di preferenza fonti di energia termica disponibili a livello locale, quali, oltre al carbone, la biomassa e il calore di scarto di processi industriali o delle centrali di generazione elettrica. In alcuni casi anche l'energia geotermica e quella solare sono aggiunti al mix.

Le reti di teleriscaldamento correntemente utilizzate sono ancora basate sulla tecnologia di terza generazione. Tali reti soffrono di perdite di calore diventate ormai rilevanti, in un mutato contesto in cui vengono perseguiti obiettivi stringenti di efficienza energetica. Inoltre presentano una limitata capacità di integrare le diverse fonti di energia termica potenzialmente disponibili lungo la rete, dando priorità soprattutto a quelle più efficienti (energie rinnovabili e calore di scarto). Nel corso degli anni sono state avviate diverse attività di ricerca per abbassare la temperatura di esercizio della rete ed aumentarne la flessibilità. Lo stato dell'arte comprende i cosiddetti sistemi di quarta generazione, che per il teleriscaldamento puntano all'utilizzo di temperature di mandata dell'ordine dei 55 °C, mentre sono in fase avanzata di studio le reti di quinta generazione il cui target consiste nel ridurre ulteriormente le perdite di trasporto dell'energia, lavorando a livelli di temperatura "neutri" (15 °C – 25 °C), con simultanea funzione di teleriscaldamento e teleraffrescamento. La Figura 1.1 schematizza le caratteristiche delle reti di teleriscaldamento dalla prima alla quarta generazione.

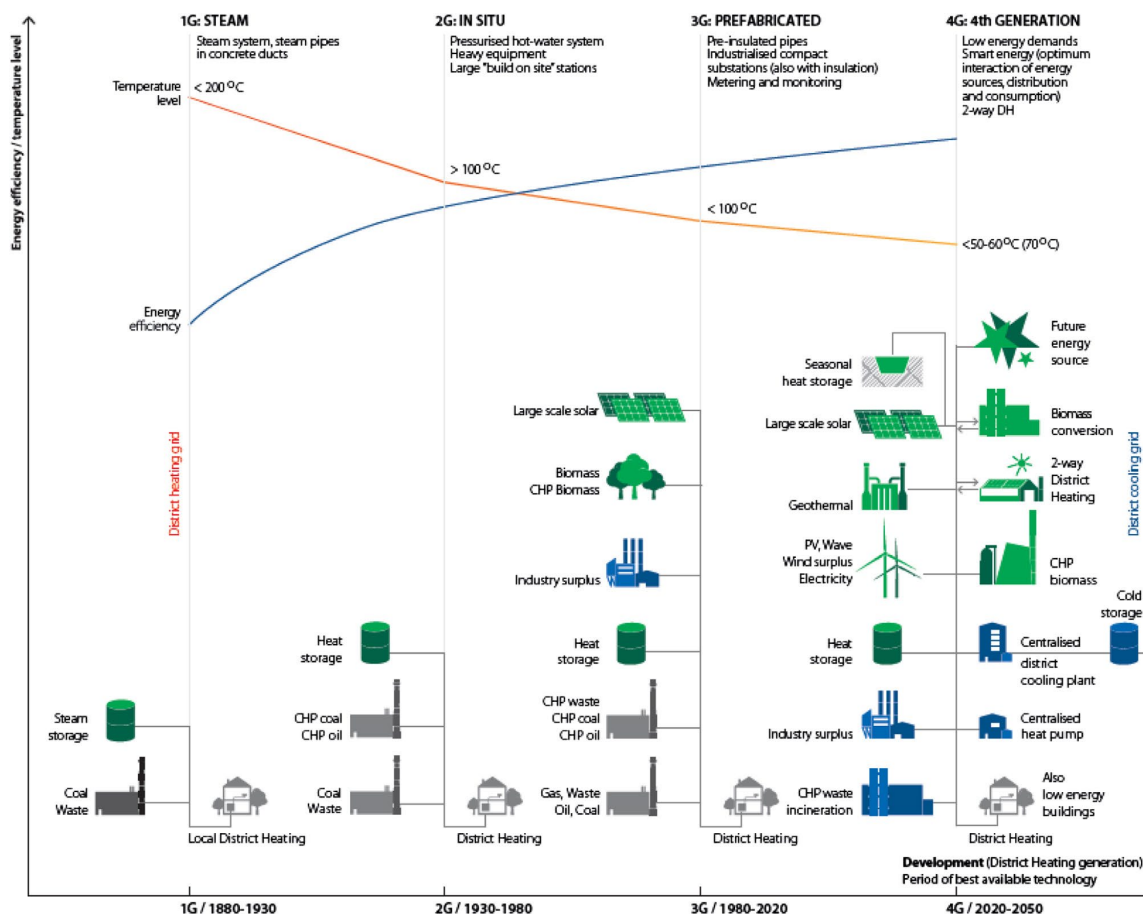


Figura 1.1. Caratteristiche delle reti termiche dalla prima alla quarta generazione [5].

Le reti di teleriscaldamento di quarta generazione sono già in via di implementazione in Danimarca. Per tali reti si parla anche di teleriscaldamento a bassa temperatura. Infatti la temperatura media di fornitura del calore in tali reti è intorno ai 55 °C con un intervallo tra 30 °C e 70 °C [6]. Tali reti mirano inoltre a minimizzare le perdite di energia attraverso un miglior accoppiamento temporale tra richiesta e fornitura di calore. In queste reti la domanda di calore dell'edificio deve incontrare la ridotta temperatura di alimentazione. Ricerche condotte dall'Energistyrelsen (Agenzia per l'energia danese) hanno determinato un fabbisogno specifico per le case nuove di circa 42 kWh/m² e confermato che è possibile il riscaldamento degli ambienti a 55°C anche per edifici degli anni '70 oggetto di ristrutturazione [7].

Un sistema con uno scambiatore di calore istantaneo e un micro serbatoio con un riscaldatore ad immersione dal lato utente è una soluzione promettente per la preparazione di acqua calda sanitaria, poiché con perdite ridotte raggiunge una significativa riduzione nella temperatura media di ritorno. Una seconda soluzione consiste nell'installazione di micro pompe di calore allo scopo di elevare la temperatura in ogni edificio, anche se in questo caso l'impatto sui costi di investimento non va trascurato. Anche in questo caso peraltro il consumo di energia primaria verrebbe drasticamente ridotto. L'utilizzo di basse temperature di fornitura e la conseguente riduzione di almeno il 30% delle perdite di rete in confronto ai sistemi di terza generazione, potrebbe consentire lo sviluppo delle reti di teleriscaldamento anche in aree dove la densità della domanda di calore è più bassa (ad esempio nelle zone rurali) [8].

2 Caratteristiche della rete termica indoor presso il laboratorio LPSAT del Centro Ricerche Enea Portici

Nella seconda parte della prima annualità sono state definite le caratteristiche della rete termica indoor che sarà realizzata presso il laboratorio LPSAT del Centro Ricerche ENEA Portici nel corso del secondo anno

del PTR19-21. Questa sarà utilizzata per validare sperimentalmente, in scala di laboratorio, risultati numerici ottenuti dalla simulazione numerica di reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento di quinta generazione. Per quanto concerne le reti termiche di distribuzione di quinta generazione, queste fondono insieme il concetto di teleriscaldamento e teleraffrescamento [9]. Nel passato, soluzioni per così dire combinate per il teleriscaldamento e il teleraffrescamento sono state realizzate mediante l'utilizzo di sistemi a 4 tubi, due per la mandata e il ritorno dell'acqua calda, e due per la mandata e il ritorno dell'acqua fredda. Invece, nel caso della quinta generazione, sono utilizzati sistemi a due tubi, o ad un solo tubo, al fine di poter utilizzare il calore di scarto dei sistemi di raffreddamento nell'ambito della rete stessa. Nel presente caso sarà realizzata una rete a due tubi. Le temperature di mandata nel caso di reti di quinta generazione dipendono essenzialmente dal tipo di cariche termici e dai sistemi di generazione presenti in rete. In ogni caso, le temperature di mandata sono relativamente basse e ricadono nel range 10-25°C. Queste basse temperature, similmente rispetto alle reti di quarta generazione, permettono da un lato di sfruttare una maggiore quantità di calore di scarto, ma dall'altro implicano la necessità di utilizzare dispositivi integrativi nelle sottostazioni di ciascun edificio o altra utenza connessa alla rete al fine di produrre acqua calda sanitaria e acqua calda per il riscaldamento ambientale, come ad esempio le pompe di calore reversibili del tipo acqua-acqua, in cui il circuito idraulico della rete rappresenta il circuito primario. La Figura 2.1 mostra uno schema semplificato di rete 5GDHC, con le pompe di calore reversibili connesse a una rete a due tubi, del tipo di quella indoor che sarà realizzata presso il laboratorio LPSAT di Enea Portici.

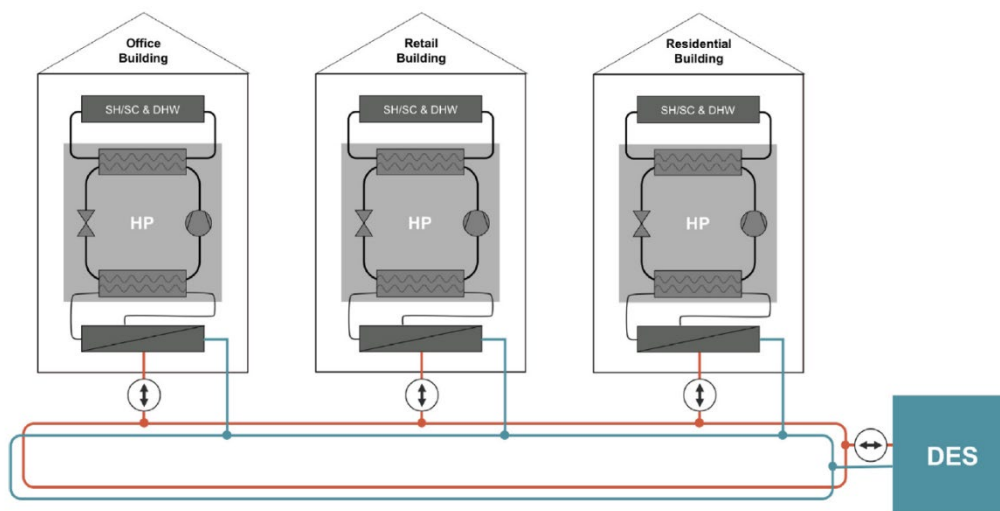


Figura 2.1. Schema di una rete 5GDHC [9].

In questo tipo di rete gli utenti sono al contempo anche produttori di energia, ovvero rappresentano i cosiddetti *prosumers*, inoltre l'utilizzo delle pompe di calore ad ogni sottostazione permette ai singoli utenti di regolare il sistema di riscaldamento o raffreddamento a proprio piacimento, indipendentemente dalla temperatura di mandata dell'acqua. Ovviamente occorre trovare il giusto dimensionamento ai fini della scelta della temperatura di mandata dell'acqua, poiché temperature troppo basse nel caso del riscaldamento, o troppo alte nel caso del raffreddamento potrebbero comportare dei COP troppo bassi.

Con riferimento alla rete che sarà realizzata in Enea Portici, le pompe di calore delle sottostazioni saranno simulate a mezzo di scambiatori di calore acqua-aria o acqua-acqua. In maniera analoga, le perdite attraverso le tubazioni saranno simulate sperimentalmente con scambiatori di calore acqua-aria a tubi alettati per il ramo freddo, e con scambiatori acqua-aria del tipo dry-coolers per il ramo caldo.

Una delle principali caratteristiche delle reti termiche che ha un ruolo fondamentale nel raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica, risparmio economico e basse emissioni è la topologia della rete. Questa, unitamente al layout del sistema di distribuzione del calore sono comunemente determinati da condizioni locali. In generale, si utilizzano tre principali topologie: rete radiale, rete ad anello e rete a maglie. Le reti radiali corrispondono ad una topologia ad albero e sono caratterizzate da un singolo sistema centralizzato di produzione dell'energia termica, che nel caso di teleriscaldamento può essere una caldaia e

nel caso di teleraffrescamento un refrigeratore. Una topologia ad albero ha una radice costituita dal sistema di generazione del calore, dal quale si diramano le tubazioni che lo connettono agli edifici. Considerando che il piping rappresenta una delle maggiori voci che contribuiscono al costo totale della rete DHC, le reti radiali sono caratterizzate dal minor costo di investimento tra le tre topologie di rete. Una rete ad anello consente di avere diverse fonti di energia termiche e di migliorare così il grado di sicurezza della fornitura. La tubazione principale nella rete ad anello è costituita da un circuito chiuso. In un sistema 5GDHC, numerosi produttori/consumatori si possono collegare al circuito idraulico, originando una produzione distribuita di energia termica. In condizioni di elevate variabilità dei carichi, determinati dal bilanciamento tra carichi di riscaldamento e carichi di raffrescamento, le reti a maglie consentono di distribuire il calore all'utenza finale attraverso uno schema a flusso bidirezionale minimizzando la diminuzione della temperatura. Le reti a maglie sono caratterizzate da un'elevata sicurezza della fornitura e possono essere estese facilmente, ma questa particolare disposizione della rete determina i più alti costi di investimento. La Figura 2.2 schematizza le tre differenti topologie delle reti termiche. La rete che sarà realizzata in Enea Portici permetterà di simulare sperimentalmente tutte e tre le differenti topologie, con la possibilità, inoltre, di simulare un ampio range di generazione termica, di carichi termici, di portate massiche, e di includere uno o più serbatoi di accumulo termico.

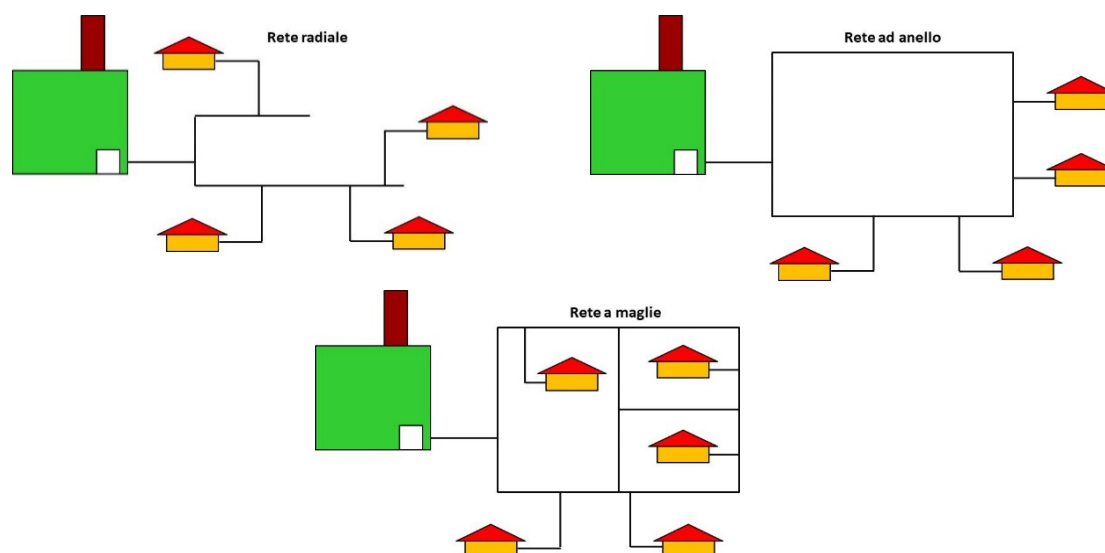


Figura 2.2. Differenti topologie per reti termiche.

2.1 Layout della rete termica

La Figura 2.3 mostra una schematizzazione della rete indoor che sarà realizzata presso il laboratorio LPSAT del Centro Ricerche ENEA Portici. I componenti principali della rete sono rappresentati dal sistema di produzione di energia (DES), che simulerà un sistema energetico distribuito capace di produrre sia energia termica per il riscaldamento d'inverno che energia refrigerante d'estate, dal sistema di accumulo termico (TES), dalle utenze della rete, e dai rami della rete che collegano le varie utenze tra loro e al sistema energetico distribuito. Per quanto riguarda le utenze, nella rete saranno presenti otto utenze che saranno simulate utilizzando pompe di calore reversibili acqua acqua, dello stesso tipo che solitamente si utilizza per le pompe di calore geotermiche. Il sistema DES sarà simulato utilizzando una o più pompe di calore elettriche reversibili del tipo aria acqua, mentre per l'accumulo termico saranno utilizzati serbatoi ad acqua isolati termicamente con poliuretano, di forma cilindrica con asse verticale.

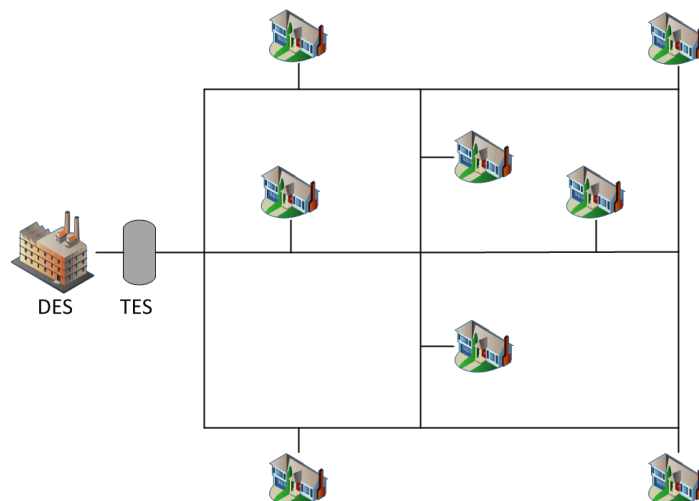


Figura 2.3. Schematizzazione rete termica indoor

La Figura 2.4 mostra le differenti configurazioni della rete che saranno simulate nel corso delle prossime annualità del progetto, ovvero a maglie, ad anello, e radiale, al fine di effettuare uno studio di ottimizzazione per quanto concerne la topologia.

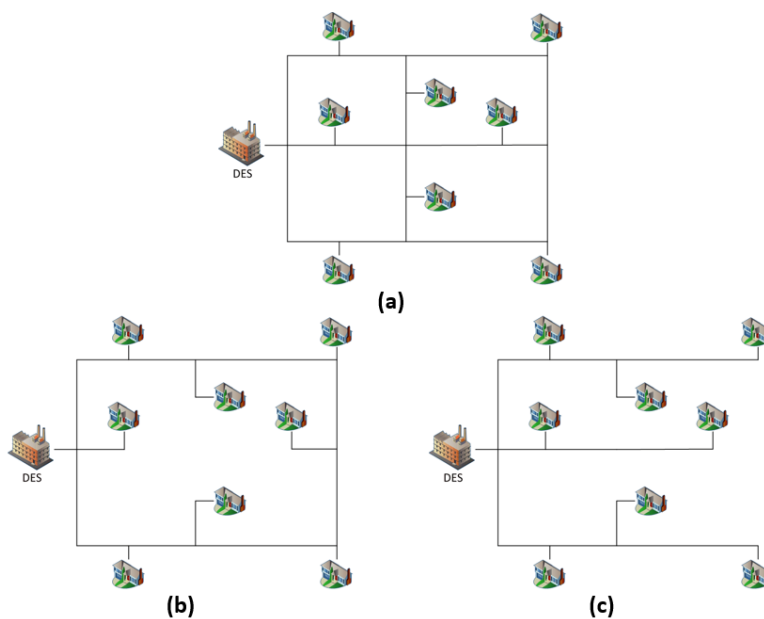


Figura 2.4. Differenti configurazioni per la rete indoor: (a) rete a maglie; (b) rete ad anello; (c) rete radiale.

2.2 Caratteristiche dei componenti principali della rete

La Figura 2.5 mostra lo schema generale per le utenze della rete a valle della sottostazione di scambio termico con scambiatore a piastre, ovvero i componenti che saranno impiegati per simulare i carichi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e di raffrescamento relativi alle utenze che saranno simulate sperimentalmente. Come già riportato in precedenza, le utenze saranno simulate utilizzando pompe di calore acqua acqua reversibili. In particolare, saranno impiegate pompe di calore reversibili da circa 10 kW termici (relativi alla produzione di calore) con inverter, così da poter simulare anche carichi di case monofamiliari in scala reale, capaci di produrre anche acqua calda sanitaria. Nella simulazione dei carichi invernali, il calore generato dalle pompe di calore sarà smaltito mediante scambiatori di calore acqua aria del tipo “dry cooler”, mentre nella simulazione dei carichi estivi l’energia refrigerante prodotta dalle pompe di calore sarà smaltita mediante scambiatori di calore del tipo “brine air cooler”. Per entrambi i suddetti scambiatori, i ventilatori saranno regolabili tramite inverter.

Per quanto riguarda il sistema di generazione DES, questo è stato sovradimensionato considerando pari alla somma delle potenze termiche relative alle otto utenze, più le perdite termiche di rete, queste ultime

sovradimensionate per reti di quinta generazione e considerate pari al 15% della potenza termica totale generata [10]. Il risultato è una potenza termica del DES pari a poco meno di 100 kW termici (relativi alla produzione di calore). Il sistema DES sarà simulato sperimentalmente mediante una o più pompe di calore elettriche reversibili, per una potenza termica totale di circa 100 kW (relativi alla produzione di calore).

Relativamente al sistema di accumulo termico, saranno testate sperimentalmente diverse soluzioni caratterizzate da diverse dimensioni. Sulla base di risultati di letteratura [11], saranno testati sistemi di accumulo con capacità pari a 0,5, 1 e 2 ore equivalenti con riferimento alla produzione termica, ovvero con capacità pari a 50, 100 e 200 kWh termici, al fine di individuare le soluzioni migliori dal punto di vista energetico e da quello economico.

Infine, per quanto riguarda la simulazione sperimentale delle perdite termiche ai rami della rete termica, queste saranno simulate mediante dry cooler o mediante brine air cooler a seconda che si tratti rispettivamente di perdite di calore o di energia refrigerante. Le perdite di carico non saranno simulate sperimentalmente, ma saranno stimate numericamente ed incluse nei bilanci energetici.

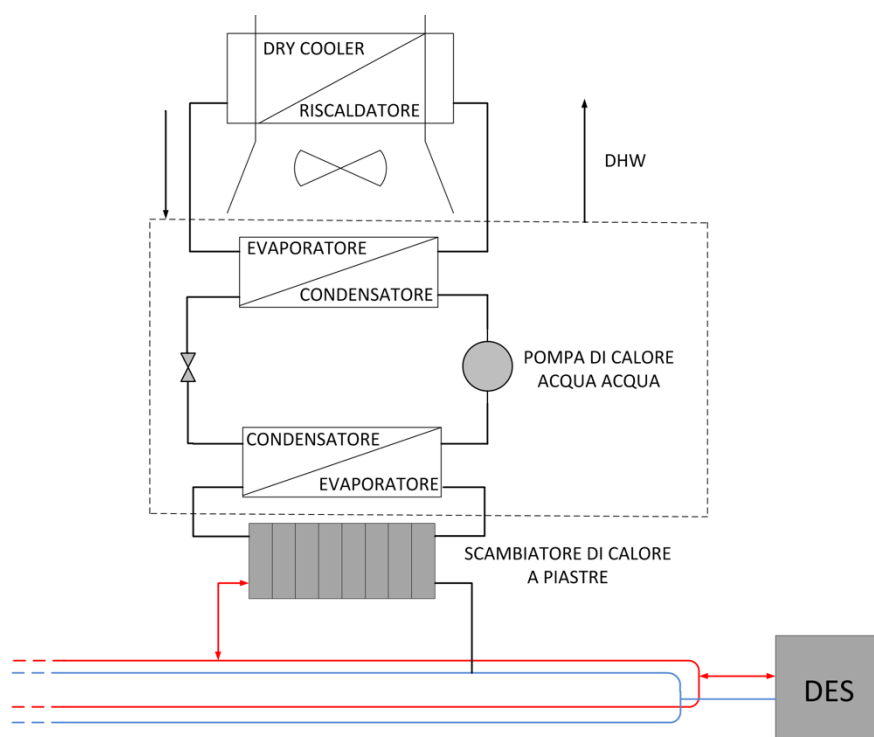


Figura 2.5. Schema generale per le utenze della rete.

2.3 Sensori e regolazioni

La rete termica sarà dotata di sensori di temperatura, pressione e portata in modo da poter misurare la temperatura e la pressione a monte e a valle di ciascun componente (generatore, scambiatore, ecc.) e di ciascun ramo della rete termica, e la portata in tutti i rami della rete. Inoltre, i serbatoi di accumulo termico saranno dotati di più sensori di temperatura posizionati lungo l'asse del serbatoio in modo da poter monitorare il termoclino all'interno del serbatoio. Per le misure di temperatura saranno impiegate termoresistenze e termocoppie di tipo T classe 1, mentre per le misure di pressione saranno impiegati dei trasduttori piezoelettrici, e infine per le misure di portata saranno impiegati dei trasduttori magnetici.

Per quanto riguarda le regolazioni, tutte le pompe di calore della rete saranno dotate di un controller per la regolazione della temperatura di uscita, sia nel caso di produzione di calore che di energia refrigerante, e inoltre sarà possibile regolare la temperatura di uscita di tutti gli scambiatori di calore acqua aria mediante la variazione della velocità di rotazione del ventilatore e/o attraverso un bypass con valvola modulante. Quest'ultima tecnica sarà la sola ad essere utilizzata per regolare la temperatura di uscita degli scambiatori a piastre. Inoltre, tutte le pompe saranno ad inverter, e in ogni ramo della rete sarà installata una valvola manuale e una modulante al fine di poter regolare e controllare la portata.

3 Conclusioni

In questo documento sono state riportate le attività svolte durante il primo anno del Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 della Ricerca di Sistema Elettrico per quanto concerne la realizzazione di una rete termica indoor presso il laboratorio LPSAT del CR Enea Portici. Come si può evincere dalle caratteristiche riportate nella seconda parte del report, la rete che sarà realizzata in Enea Portici è stata concepita per poter testare sperimentalmente svariate soluzioni sia per quanto riguarda le taglie dei componenti principali della rete (generatori, carichi, ecc.), sia per quanto concerne la topologia relativa a reti innovative di quinta generazione. Il fine è quello di validare sperimentalmente risultati numerici ottenuti dalla simulazione e dall'ottimizzazione numerica di reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento innovative di quinta generazione, e al contempo individuare linee guida per la progettazione di reti di ultima generazione.

4 Bibliografia

- [1] Frederiksen S, Werner S. District Heating and Cooling, Studentlitteratur AB; 2013..
- [2] European Commission. An EU strategy on heating and cooling 2016. J Chem Inf.
- [3] Werner S. International review of district heating and cooling. Energy 2017;1–15..
- [4] The America Society of Mechanical Engineer. Birdsill Holly, Jr. <https://www.asme.org/topics-resources/content/birdsill-holly-jr>.
- [5] Henrik Lund, Sven Werner, Robin Wiltshire, Svend Svendsen, Jan Eric Thorsen, Frede Hvelplund, Brian Vad Mathiesen, 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems, Energy 68 (2014) 1-11.
- [6] Li H, Wang SJ. Challenges in smart low-temperature district heating development. Energy Proc 2014;61:1472–5..
- [7] Eudp E, Thorsen JE, Bennetsen J, Juhl O, Lang S, Rosenberg F. CO2-reductions in low-energy buildings and communities by implementation of low-temperature district heating systems. Demonstration cases in EnergyFlexHouse and Boligforeningen Ringgården. Netw.
- [8] Østergaard D, Svendsen S. Space heating with ultra-low-temperature district heating – a case study of four single-family houses from the 1980s. Energy Proc 2017;116:226–35.
- [9] von Rhein J, Henze GP, Long N, Fu Y, Development of a topology analysis tool for fifth-generation district heating and cooling network, Energy Conversion and Management, 2019, 196, pp. 705-716..
- [10] M. Caliano, N. Bianco, G. Graditi, L. Mongibello, Design optimization and sensitivity analysis of a biomass-fired combined cooling, heating and power system with thermal energy storage systems, Energy Convers. Manag., 149 (2017), pp. 631-645.
- [11] L. Mongibello, N. Bianco, M. Caliano, G. Graditi, Comparison between two different operation strategies for a heat-driven residential natural gas-fired chp system: heat dumping vs. load partialization, Appl Energy, 184 (2016), pp. 55-67.