

Partecipante:

Matteo Cucchiari, nato a Gemona del Friuli il 10/02/1995 e laureato in ingegneria meccanica (laurea magistrale) in data 27/03/2019.

Descrizione dettagliata argomenti tesi:

La tesi magistrale, scritta in lingua inglese, focalizza la sua attenzione sul tema dell'impatto economico ed ambientale delle infrastrutture energetiche all'interno di contesti urbani. In particolar modo si concentra sulla valutazione di fattibilità tecnica e sulla convenienza economica di reti energetiche urbane multi-commodities, ossia soluzioni caratterizzate dalla possibilità di sfruttare contemporaneamente ed in maniera combinata al variare della domanda numerose sorgenti energetiche al fine di soddisfare la richiesta di utenti presenti in sistemi urbani complessi. Negli ultimi decenni, visti i problemi ambientali legati al cambiamento climatico e grazie anche all'introduzione di politiche nazionali ed europee, hanno assunto importanza strategica in ambito energetico l'utilizzo razionale delle risorse, l'efficientamento delle tecnologie di conversione e la necessità di ridurre le emissioni di gas ad effetto serra legate a tale settore. Particolare attenzione è rivolta alle fonti energetiche rinnovabili (in particolar modo l'energia solare o la biomassa) o le soluzioni che permettono di sfruttare il recupero da cascami termici industriali e non.

L'obiettivo principale della tesi è quello di creare, sviluppare e testare un modello bottom-up che permetta l'implementazione, la valutazione e l'analisi di fattibilità tecnica, economica ed ambientale di numerose soluzioni per i sistemi energetici urbani. Il codice ottimizzatore utilizzato permette la gestione contemporanea all'interno dello stesso modello di due tipologie di dati: informazioni spaziali, legate alla localizzazione degli utenti da soddisfare e alla posizione delle possibili sorgenti energetiche, e dati non-spaziali relativi ad informazioni tecniche, economiche ed ambientali. Il codice utilizzato permette di individuare e definire la soluzione ottimale che permette di soddisfare complessivamente la domanda energetica al minor costo annuo complessivo andando a valutare tutte le possibilità introdotte nel modello. Il framework realizzato è stato successivamente applicato a due diversi casi studio: Feltre e Maniago, città pilota del progetto europeo Interreg IDEE. Il risultato finale di questo studio è legato alla realizzazione di un efficace e potente strumento di valutazione che possa supportare e sostenere le diverse autorità locali nella pianificazione e nello sviluppo delle differenti infrastrutture energetiche a livello urbano andando a confrontare soluzioni diverse, moderne ed efficienti secondo alcuni indici economici ed ambientali.

La tesi è articolata in tre parti distinte. La prima sezione approfondisce in maniera completa il tema dei cambiamenti climatici e dell'inquinamento ambientale, evidenziando le diverse politiche europee in tale ambito. Successivamente si focalizza l'attenzione sul progetto IDEE e sui diversi sistemi energetici, analizzando anche i possibili sviluppi futuri. Nel secondo capitolo viene invece presentato, sia da un punto di vista concettuale che matematico, il modello di ottimizzazione lineare misto-intero implementato nella tesi. Per garantirne una migliore comprensione, sono descritte le molteplici informazioni necessarie richieste in input al sistema per realizzare la simulazione e sono presentati anche i rispettivi dati di output ottenuti durante il processo di ottimizzazione. Inoltre è presentato anche il modello utilizzato per l'elaborazione e la preparazione dei dati geografici al fine di renderli fruibili all'utente di ottimizzazione.

La seconda parte del lavoro si concentra invece sulla valutazione e la quantificazione dei diversi aspetti tecnici, economici ed ambientali necessari per l'implementazione del modello realizzato. Questa parte del lavoro rappresenta il background di informazioni tecniche ed economiche necessarie per lo sviluppo degli scenari. Sono state considerate sia soluzioni tradizionali che innovative al fine di poter valutare sistemi urbani in contesti il più possibile realistici. Sono quindi stati calcolati i costi annualizzati di acquisto, installazione e di manutenzione delle primarie soluzioni di conversione e distribuzione energetica. In particolare, si è deciso di concentrare l'attenzione principalmente sulla copertura della domanda termica annuale. Per fare ciò sono state valutate sia soluzioni distribuite, come la combustione domestica di gas metano in piccole caldaie, che sistemi centralizzati basati sul teleriscaldamento. Per questo motivo sono state calcolate le funzioni di costo sia per l'infrastruttura di distribuzione che per le varie soluzioni di conversione energetica distribuite o concentrate (boiler, caldaie a biomassa, sistemi cogenerativi, pompe di calore...). Si è deciso di prendere in considerazione anche la possibilità di recupero termico da processi industriali di varie tipologie. Per tutte le tecnologie considerate sono state valutate le funzioni di costo annualizzate in relazione alla potenza installata, i rendimenti di conversione, i costi di manutenzione, le inefficienze di distribuzione e sono stati considerati i principali vantaggi e svantaggi delle singole soluzioni. Sono stati determinati anche i costi relativi al combustibile necessario per alimentare i vari sistemi energetici. In conclusione, sono stati determinati anche i fattori di emissione degli impianti considerati. I principali inquinanti sono riconducibili alle emissioni di NO_x , CO , NMVOC , SO_x , PM e IPA .

Al termine dell'analisi tecnico-economica è riportata anche una breve panoramica delle attuali politiche e dei meccanismi incentivanti previsti nell'Unione Europea ed in particolare in Italia per le diverse fonti rinnovabili. In questo capitolo si è posta una particolare attenzione ai sistemi cogenerativi valutando e quantificando le diverse possibilità di incentivi statali. Inoltre è stata presentata una possibile modellazione all'interno del codice di ottimizzazione per i sistemi cogenerativi.

L'ultima sezione della tesi presenta i risultati ottenuti grazie al modello realizzato per i due casi studio di Feltre e Maniago.

Per entrambi sono state valutate le abitudini energetiche e le soluzioni adottate per il riscaldamento domestico presso le varie abitazioni al fine di delineare in maniera precisa la situazione attuale delle due aree pilota. Sono state inoltre determinate le possibilità di recupero termico industriale e non nelle due città. La valutazione di fattibilità e la quantificazione del recupero energetico complessivo si è resa possibile grazie anche a visite presso le aziende ed ai complessi pubblici ed industriali di maggior interesse. Successivamente è riportato il modello energetico di riferimento per i due diversi casi studio. In esso sono state riportate in maniera puntuale le informazioni economiche, i parametri di ottimizzazione, le curve di durata della domanda energetica e tutte le altre assunzioni e valutazioni che hanno portato ai diversi scenari elaborati. Infine, sono state presentate le soluzioni ottenute nei diversi casi. Per ognuna di esse è stata valutata la fattibilità tecnica andando a considerare i parametri più rilevanti legati alla quantità di energia soddisfatta con le diverse infrastrutture energetiche, la lunghezza dell'eventuale rete di teleriscaldamento e la curva di distribuzione della potenza termica prodotta con le tecnologie considerate durante l'intero arco dell'anno. Per le soluzioni di maggiore interesse sono riportate le mappe georeferenziate che individuano la localizzazione e la potenza massima trasmissibile nei rami delle infrastrutture

realizzate. Successivamente sono discusse le performance economiche ed ambientali degli scenari. Per quanto concerne l'ambito economico si è deciso di introdurre come indice di riferimento il prezzo finale a kWh_t per l'utente finale. Sono stati paragonati i risultati della situazione attuale con quelli ottenuti nelle varie simulazioni condotte. In conclusione sono state valutate le emissioni annue per i fattori di maggiore interesse considerando inoltre le percentuali di riduzione e/o aumento dei vari scenari in riferimento alla situazione attuale della città.

In conclusione, il lavoro realizzato in questa tesi ha dimostrato che la realizzazione di reti di teleriscaldamento può portare non solo ad una rilevante riduzione delle emissioni in atmosfera, ma anche un risparmio economico, in alcuni casi anche piuttosto rilevante, per l'utente finale. Tale risultato è particolarmente evidente in tutte le soluzioni in cui si decida di ricorrere a sistemi cogenerativi, come ad esempio motori endotermici a gas o impianti ORC a biomassa, e a soluzioni di recupero termico industriale. Tali risultati evidenziano come sistemi più efficienti e basati su tecnologie moderne ed innovative possano determinare performances a livello locale nettamente migliori rispetto a soluzioni tradizionali. In aggiunta, è stata effettuata un'analisi critica del codice di ottimizzazione utilizzato andando a valutare gli aspetti positivi e quelli critici, valutando inoltre possibili future implementazioni.