

METODOLOGIE E STRUMENTI PER LA PROGETTAZIONE ELETTRICA E OPERATIVA DELLE COMUNITÀ ENERGETICHE RINNOVABILI

*M. Raugi, D. Thomopoulos, S. Barmada, V. Consolo, E. Crisostomi, N. Fontana,
R. Rizzo, C. Simonelli, M. Tucci.*

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni,
Università di Pisa, Largo Lucio Lazzarino 1, 56122 Pisa, Italy

Nella presente memoria vengono sintetizzate le principali attività svolte nell'ambito della progettazione elettrica e della gestione operativa delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), con particolare attenzione agli aspetti metodologici, modellistici e applicativi.

Un primo contributo ha riguardato una revisione critica della letteratura tecnica e scientifica sulle CER, con particolare attenzione alla modellazione dei sistemi energetici, ai modelli di business e alla formulazione delle funzioni obiettivo [1]. L'analisi ha permesso di evidenziare il carattere fortemente interdisciplinare del tema e di individuare opportunità di ricerca all'intersezione tra progettazione tecnica, regolazione normativa ed economia. In particolare, si rileva una carenza di studi dedicati ai sistemi multi-energia e accoppiati tra settori, la cui inclusione appare strategica per il futuro sviluppo delle CER.

Successivamente, è stata affrontata la problematica relativa alla disponibilità, qualità e strutturazione dei dati necessari alla pianificazione delle CER [2]. A partire da un'analisi sistematica della letteratura, sono stati identificati i principali requisiti informativi e le relative categorie di dati, proponendo un formato strutturato e flessibile per la condivisione tra stakeholder. È stato inoltre realizzato un dataset aperto relativo a un caso studio situato nel territorio di Pisa, contenente dati reali o realistici, a supporto della sperimentazione e della validazione di modelli decisionali per la progettazione e gestione delle comunità energetiche.

Infine, è stata sviluppata una metodologia multi-obiettivo per il dimensionamento e l'esercizio ottimale delle CER [3]. In tale contesto, è stato implementato un modello di programmazione lineare mista intera (MILP), caratterizzato da un'elevata completezza e capace di rappresentare in modo integrato sia il dimensionamento ottimale degli impianti sia la loro gestione operativa. Il modello consente di bilanciare obiettivi economici, ambientali e di soddisfazione dell'utente, ed è stato risolto in maniera efficiente mediante la tecnica di decomposizione AAUGMECON2. I risultati, ottenuti su un caso di studio italiano, evidenziano risparmi significativi (oltre il 10–20%) e un aumento dell'autosufficienza energetica, soprattutto in contesti caratterizzati da elevati costi dell'energia.

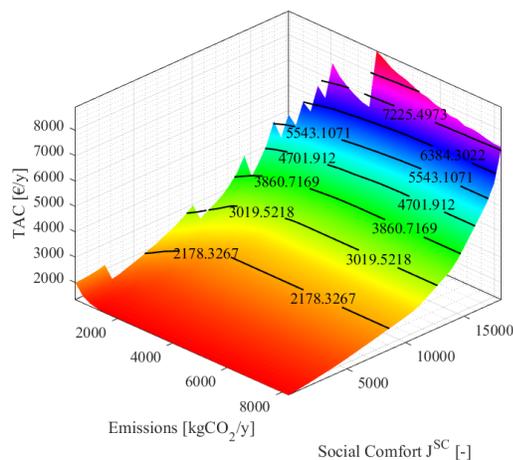


Fig. 1(a) Frontiera di Pareto

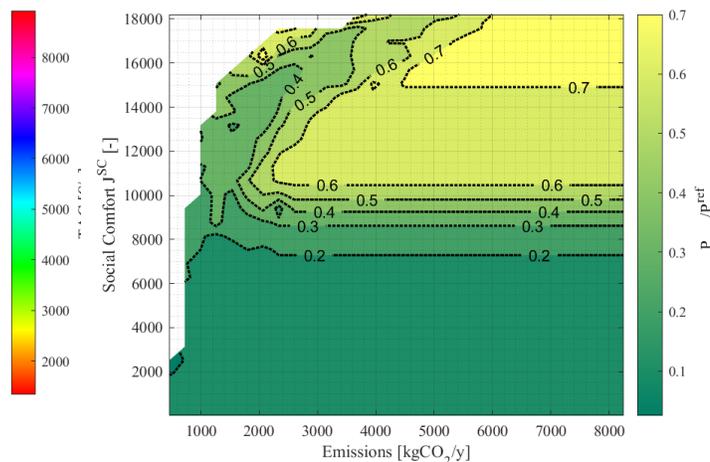


Fig. 1(b) Potenza netta scambiata con la rete

I risultati dell'analisi multi-obiettivo sono illustrati nella Figura 1(a) e nella Figura 1(b). La Figura 1 mostra la frontiera di Pareto ottenuta considerando simultaneamente gli obiettivi economici (Total Annual Cost - TAC), ambientali (emissioni di CO₂) e sociali (indice di soddisfazione dell'utente – JSC). La Figura 1(b), invece, riporta la potenza netta scambiata con la rete, in funzione degli obiettivi ambientali e sociali. Le analisi confermano che il perseguimento di obiettivi ambientali più ambiziosi comporta un incremento dei costi complessivi del sistema.

Nel complesso, le attività descritte hanno contribuito a fornire strumenti metodologici e operativi a supporto della progettazione elettrica e gestionale delle Comunità Energetiche Rinnovabili, favorendone la diffusione e l'efficacia in coerenza con gli obiettivi di sostenibilità ambientale e partecipazione collettiva. Ulteriori sviluppi sono attualmente in corso, con l'obiettivo di ampliare e integrare i modelli esistenti, in linea con l'evoluzione del contesto energetico e normativo.

Bibliografia

- [1] E. Barabino, D. Fioriti, E. Guerrazzi, I. Mariuzzo, D. Poli, M. Raugi, E. Razaeei, E. Schito, D. Thomopoulos, "Energy Communities: A review on trends, energy system modelling, business models, and optimisation objectives", *Sustainable Energy, Grids and Networks*, vol. 36, 101187, ISSN: 2352-4677, doi: 10.1016/j.segan.2023.101187
- [2] E. Guerrazzi, D. Thomopoulos, D. Fioriti, I. Mariuzzo, E. Schito, D. Poli, M. Raugi, "Design of Energy Communities and Data-Sharing: Format and Open Data", *Energies*, vol. 16, 6268, ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en16176268
- [3] I. Mariuzzo, D. Fioriti, E. Guerrazzi, D. Thomopoulos, M. Raugi, "Multi-objective planning method for renewable energy communities with economic, environmental and social goals", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 153, 109331, ISSN: 0142-0615, doi: 10.1016/j.ijepes.2023.109331