Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica
A.a. 2022/2023
Sessione di Laurea Luglio 2023

Analisi tecnica ed economica per l'Associazione Temporanea di Scopo "Comunità Energetica del Pinerolese"

Relatore:
Prof. Guglielmina Mutani

Candidato:
Orazio Spataro

Alla mia famiglia,

grazie di cuore per tutto

il vostro amore e supporto.

Abstract

Le costanti evoluzioni climatiche, spesso accompagnate da eventi catastrofici, hanno spinto gli stati europei a collaborare attivamente al fine di ridurre le emissioni di gas serra e rallentare il cambiamento climatico. In quest' ottica, le comunità energetiche potrebbero costituire il punto di partenza fondamentale per creare un mondo più sostenibile sia dal punto di vista economico che ambientale.

L'analisi condotta all'interno dell'Associazione di Scopo Temporaneo "Comunità Energetica del Pinerolese" mira a creare comunità con l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas serra, consentendo contemporaneamente ai partecipanti di raggiungere un'autosufficienza energetica che limiti la dipendenza dalla rete nazionale aumentandone la resilienza di fronte ad eventi che portano all'interruzione di erogazione dell'energia.

Dopo aver selezionato gli edifici per l'installazione di impianti fotovoltaici sono state effettuate analisi di consumo e produzione orarie per ogni prosumer al fine di studiare i flussi energetici all'interno della comunità. Per incrementare la condivisione di energia sono stati successivamente introdotti i consumer. Sono stati calcolati infine gli indici di autosufficienza (SSI) e autoconsumo (SCI).

All'analisi tecnica segue un analisi economica in cui viene mostrato il Payback Period (PBP) ,utilizzando gli incentivi presenti al momento dello studio,e il tasso interno di rendimento (TIR).

I risultati ottenuti mostrano che gli investimenti ipotizzati hanno un tempo di recupero che varia dai 3 ai 5 anni e un TIR compreso tra il 14 e il 24%. La creazione delle comunità porterebbe a un'autosufficienza della comunità del 30% che può arrivare al 100% nei comuni in cui sono presenti impianti idroelettrici o di biomassa. Inoltre si avrebbe una riduzione annua di emissioni di gas serra sul territorio Pinerolese pari a 1820tCO2eq.

Abstract

The constant climate changes, often accompanied by catastrophic events, have pushed European countries to actively collaborate in order to reduce greenhouse gas emissions and slow down climate change. In this perspective, energy communities could constitute a fundamental starting point to create a more sustainable world, both economically and environmentally.

The analysis conducted within the Temporary Purpose Association "Pinerolese Energy Community" aims to create communities with the objective of reducing greenhouse gas emissions, while simultaneously enabling participants to achieve energy self-sufficiency that limits dependence on the national grid, thereby increasing resilience in the face of events that lead to energy supply disruptions.

After selecting buildings for the installation of photovoltaic systems, hourly consumption and production analyses were conducted for each prosumer in order to study energy flows within the community. To increase energy sharing, consumers were subsequently introduced. Finally, self-sufficiency indices (SSI) and self-consumption indices (SCI) were calculated.

A technical analysis is followed by an economic analysis, which shows the Payback Period (PBP) using the incentives available at the time of the study, and the internal rate of return (IRR).

The results obtained show that the proposed investments have a payback time ranging from 3 to 5 years and an IRR ranging from 14% to 24%. The creation of communities would lead to a community self-sufficiency of 30%, which can reach 100% in municipalities where hydroelectric or biomass plants are present. Furthermore, there would be an annual reduction of greenhouse gas emissions in the Pinerolese territory equal to 1820 tCO2eq.

Indice

Introduzione 5

1 Le comunità energetiche 9

1.1 Cosa sono le comunità energetiche? 9
1.2 Le prime cooperative energetiche in Italia 13
1.2.1 SEM-Società Elettrica in Morbegno 14
1.2.2 SECAB-Società Elettrica Cooperativa dell'Alto Bût 17
1.2.3 Azienda Energetica Prato Soc. Coop. 19
1.3 Le comunità energetiche in Italia 20
1.3.1 CER Nuove Energie Alpine 22
1.3.2 Comunità energetica di Ventotene 23
1.3.3 GECO Green Energy COmmunity 24

2 Le normative di riferimento 26

2.1 Direttiva (UE) 2018/2001 (REDII) 26
2.2 Direttiva (UE) 2019/944 (IEM) 31
2.3 Decreto Legge 162/19 – Art. 42 bis 36
2.4 Decreto Ministeriale 16 Settembre 2020 39
2.5 Decreto Legislativo 199/2021 40
2.6 Normative in Piemonte 42

3 Associazione Temporanea di Scopo "Comunità Energetica del Pinerolese" 45

3.1 Selezione Comuni 46
3.2 Analisi tecnica 50
3.3 Analisi economica 70
3.4 Risultati 73
3.4.1 Airasca 73
3.4.2 Cantalupa 81
3.4.3 Cumiana 89
3.4.4 Inverso Pinasca 96

3.4.5 Moretta 102
3.4.6 Roletto 109
3.4.7 Cluster 116

4 Conclusioni 119

Bibliografia 125

Introduzione

Le politiche relative al clima ed all'energia a seguito dell'Accordo di Parigi (raggiunto il 12 Dicembre 2015) , che "mira a limitare l'aumento della temperatura media mondiale ben al di sotto dei 2°C e ad inseguire l'obiettivo di 1,5°C rispetto ai livelli preindustriali in modo da ridurre i rischi e gli effetti dei cambiamenti climatici", sono oggetto di un'ampia revisione. Nel contesto dell'Accordo di Parigi, l'Unione Europea si è impegnata a ridurre le emissioni di gas serra di almeno il 40% entro il 2030 rispetto al 1990.

In questo contesto, in Italia è stato elaborato il "Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)" che definisce gli obiettivi nazionali ,da raggiungere entro il 2030, per l'efficienza energetica, le fonti rinnovabili e la riduzione delle emissioni di gas serra. Il PNIEC stabilisce anche gli obiettivi relativi alla sicurezza energetica, alle interconnessioni, al mercato unico dell'energia, alla competitività, allo sviluppo e alla mobilità sostenibile e delinea le misure da adottare al fine del raggiungimento.

Dalla raccolta di dati statistici sull'energia elettrica in Italia, condotta da TERNA, si evince che nel 2021 i consumi di energia elettrica in Italia ammontano a 300 TWh con un'incremento del 6% rispetto al 2020.
L'energia elettrica richiesta è di 319 TWh mentre quella prodotta e destinata al consumo ammonta a 277 TWh. Vi è quindi un deficit di produzione rispetto alla richiesta del 13%.

La produzione di energia elettrica netta è di 280 TWh. La produzione proviene per :

- 20 TWh dall'eolico;
- 24 TWh dal fotovoltaico;
- 47 TWh dall'idroelettrico;
- 6 TWh dal geotermoelettrico;
- 18 TWh dalla Biomassa;

- 165 TWh dal Termoelettrico.

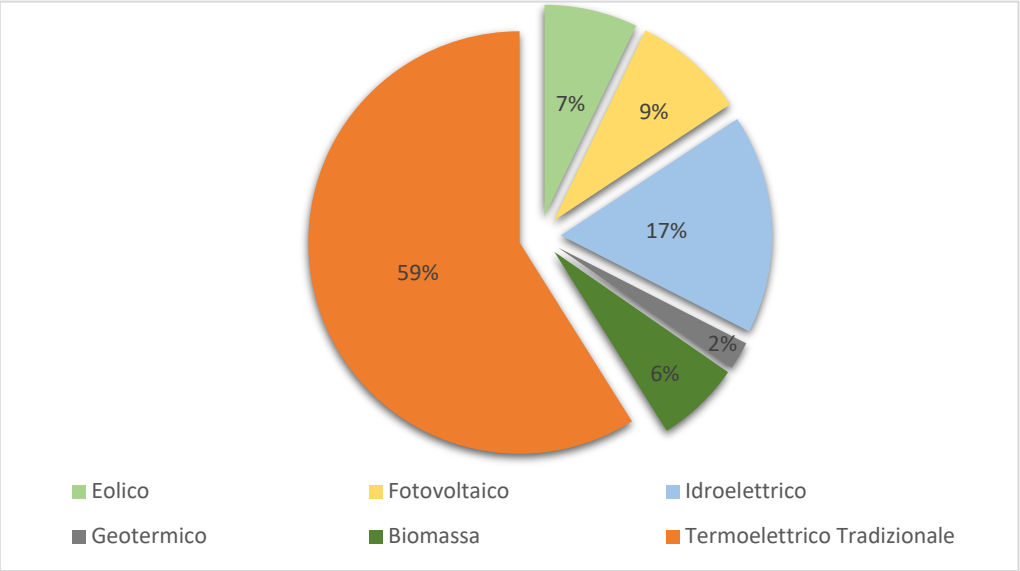

Figura 1 *Produzione energia elettrica per fonte energetica in Italia*

Nel 2021, il 59% dell'energia elettrica in Italia è stata prodotta dalle centrali elettriche tradizionali dalla quale provengono 86 Mt di CO_2 equivalente (20,6% delle emissioni annue totali in Italia).

Le assunzioni chiave per l'abbattimento delle emissioni di gas serra, derivano dagli obiettivi stabiliti nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e dall'attuazione delle misure previste nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

Nel 2030, secondo lo scenario,la generazione di energia elettrica e calore da fonti rinnovabili rappresenterà circa il 60% rispetto al 40% attuale in termini di emissioni.

Nel 2050, la quota di elettricità da fonti rinnovabili salirà al 70%. Le emissioni totali nel settore energetico si stabilizzaneranno intorno a 59 MtCO2eq nel 2030 e 48 MtCO2eq nel 2050.

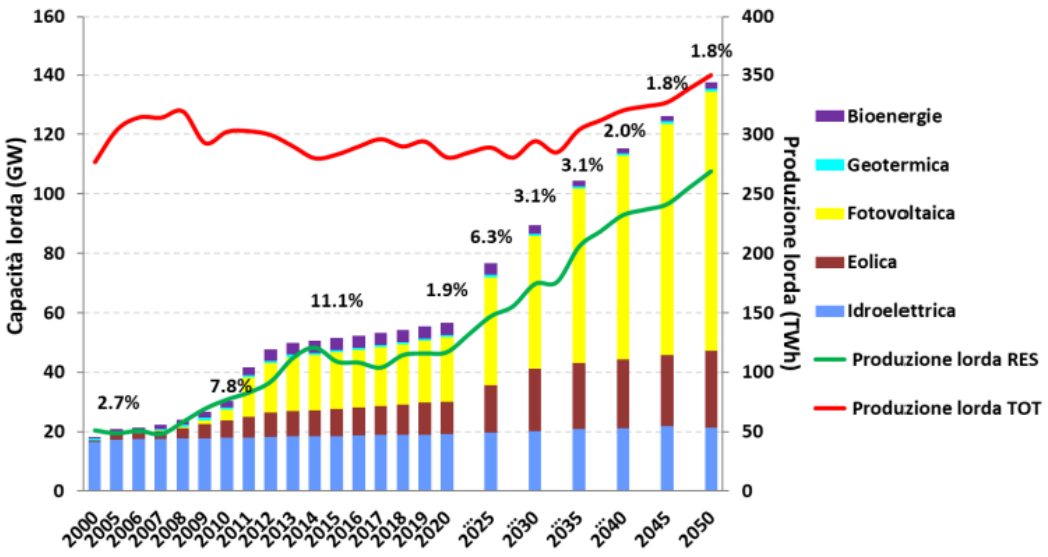

Figura 2 *Scenario evolutivo ,stabiliti nel (PNIEC), della capacità e produzione lorda degli impianti di produzione da fonti di energia rinnovabile. [2]*

La percentuale di emissioni dovute alla produzione di energia elettrica e calore rispetto alle emissioni totali diminuisce costantemente, passando dall'attuale 20,6% a circa il 17% nel 2030 e il 13% nel 2050. Questa riduzione delle emissioni è principalmente attribuibile all'aumento del contributo delle fonti rinnovabili.

In questo contesto, il 30 novembre 2016, la Commissione Europea ha pubblicato il "Clean Energy for all Europeans Package", un insieme di direttive e regolamenti atti a ridefinire il settore energetico. Gli obiettivi sono i seguenti:

- Migliorare l'efficienza energetica;
- Promuovere le fonti rinnovabili;
- Contrastare la povertà energetica;
- Ridefinire il mercato interno dell'energia elettrica.

Il "Clean Energy Package",con la direttiva REDII , ha introdotto il concetto di Energy Community, che comprende due modelli distinti: "

- " Citizen Energy Community (CEC), ovvero la comunità dei cittadini;
- Renewable Energy Community (REC), le (comunità rinnovabili)".

Entrambi i modelli consentono ai membri della comunità di "partecipare in modo collettivo alle attività di produzione, distribuzione, fornitura, consumo, condivisione, accumulo e vendita di energia autoprodotta".

L'obiettivo di questa tesi è di creare una comunità energetica rinnovabile di dimensioni tali da garantire diversi vantaggi :

- Sicurezza energetica del territorio: Il focus principale è garantire una fornitura energetica affidabile e continua per la comunità. La creazione di una rete energetica basata su fonti rinnovabili riduce la dipendenza da risorse energetiche non rinnovabili e volatili, come i combustibili fossili. Questo aumenta la resilienza del territorio agli eventi imprevisti, come interruzioni del servizio o aumenti dei prezzi del combustibile.
- Basso inquinamento: La comunità energetica rinnovabile mira a ridurre l'impatto ambientale negativo associato alla produzione e all'uso di energia. Utilizzando fonti di energia rinnovabili, come il sole, il vento, l'acqua e la biomassa, si limita l'emissione di gas a effetto serra e di altre sostanze inquinanti. Ciò contribuisce alla lotta contro il cambiamento climatico e all'abbassamento dei livelli di inquinamento dell'aria e dell'acqua.
- Costi sostenibili: L'implementazione di una comunità energetica rinnovabile mira a garantire costi energetici più stabili e prevedibili nel lungo termine. Inoltre, la comunità energetica può promuovere l'efficienza energetica, riducendo così i costi di consumo complessivi per i suoi membri.

Attraverso la creazione di una comunità energetica rinnovabile, si mira quindi a raggiungere una sinergia tra sicurezza energetica, riduzione dell'inquinamento e costi sostenibili. Questo approccio sostenibile all'energia promuove la transizione verso un futuro più pulito, resiliente ed equo dal punto di vista economico per la comunità coinvolta.

1 Le comunità energetiche

1.1 Cosa sono le comunità energetiche?

Il termine "comunità energetiche" deriva dalla Direttiva Europea REDII (2018/2001/UE) sulla promozione dell'energia rinnovabile dell'11 dicembre 2018. Questa direttiva introduce il concetto di "comunità energetiche rinnovabili" e ne fornisce una definizione giuridica.

La Direttiva definisce una comunità energetica come "un insieme di consumatori, produttori e altri soggetti che si trovano geograficamente vicini e che sono collegati tra loro tramite un sistema di energia rinnovabile, consentendo loro di collaborare per condividere e gestire la produzione, la distribuzione e il consumo di energia."

L'obiettivo principale delle comunità energetiche è quello di promuovere una transizione verso un sistema energetico più sostenibile, riducendo l'emissione di gas serra, favorendo l'adozione di fonti rinnovabili e incoraggiando l'efficienza energetica. Questo concetto riflette la crescente consapevolezza dell'importanza di un approccio comunitario e collaborativo nella gestione dell'energia per affrontare i problemi ambientali e climatici attuali.

Questo approccio favorisce la decentralizzazione del sistema energetico e permette alle comunità di essere più resilienti alle interruzioni della fornitura e di avere un maggiore controllo sulla propria energia.

Le comunità energetiche promuovono anche l'adozione di tecnologie come "il monitoraggio energetico, i sistemi di gestione della domanda e dell'offerta e i sistemi di stoccaggio dell'energia, al fine di massimizzare l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili." Queste iniziative consentono ai partecipanti di ottimizzare l'uso dell'energia, ridurre i costi e avere un impatto ambientale più sostenibile.

All'interno della direttiva REDII [4] , si configurano due diverse tipologie di autoconsumo:

- " Gruppo di autoconsumatori di energia rinnovabile **(AUC)** (Art.21) ;
- Comunità energetica rinnovabile **(CER)** (Art.22)."

L'autoconsumo collettivo **(AUC)**, è costituito da almeno due individui o entità che utilizzano energia rinnovabile e agiscono in modo collaborativo. Questi autoconsumatori si trovano all'interno dello stesso condominio o edificio. Un esempio tipico è un condominio con diverse unità abitative che dispone di un impianto di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili installato in una zona comune. Questo impianto è in grado di coprire parte del consumo energetico sia delle aree condominiali che degli appartamenti individuali e l'energia prodotta in eccesso rispetto alle esigenze dei consumatori viene immessa nella rete per essere venduta.

Figura 3 *Condivisione dell'energia generata tra diversi utilizzatori nello stesso condominio o edificio [5]*

È importante sottolineare che è possibile creare un gruppo di autoconsumatori di energia rinnovabile anche in edifici che non sono legalmente costituiti come condomini.

Quando l'autoconsumo collettivo si estende oltre i limiti di un singolo edificio o condominio, si crea una comunità energetica **(CER)**.

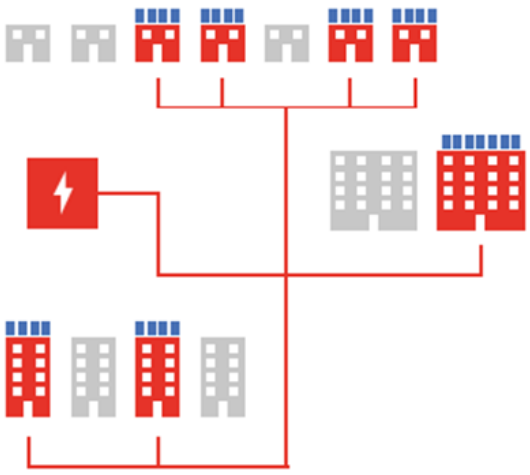

Figura 4 *Condivisione dell'energia all'interno di una CER [5]*

Mentre l'autoconsumo collettivo negli edifici o condomini può essere gestito dal rappresentante o dall'amministratore condominiale, le comunità energetiche devono costituirsi attraverso una struttura giuridica che permetta loro di avere diritti e obblighi e di garantire il rispetto delle normative vigenti. In entrambi i casi, la partecipazione a entrambe le configurazioni deve essere aperta, basata su criteri obiettivi e non discriminatori.

Ciò significa che se un condominio installa un impianto di generazione di energia nell'edificio, tutti i condomini interessati devono avere la possibilità di aderire all'autoconsumo collettivo senza essere obbligati a farlo.

Allo stesso modo, all'interno di una comunità energetica, tutti gli utenti interessati che rispettano i criteri stabiliti e si trovano nella stessa area territoriale omogenea hanno il diritto di aderire come membri della comunità.

All'interno di una comunità energetica si può decidere di avere un ruolo:

- Attivo (**Prosumer**);
- Passivo (**Consumer**).

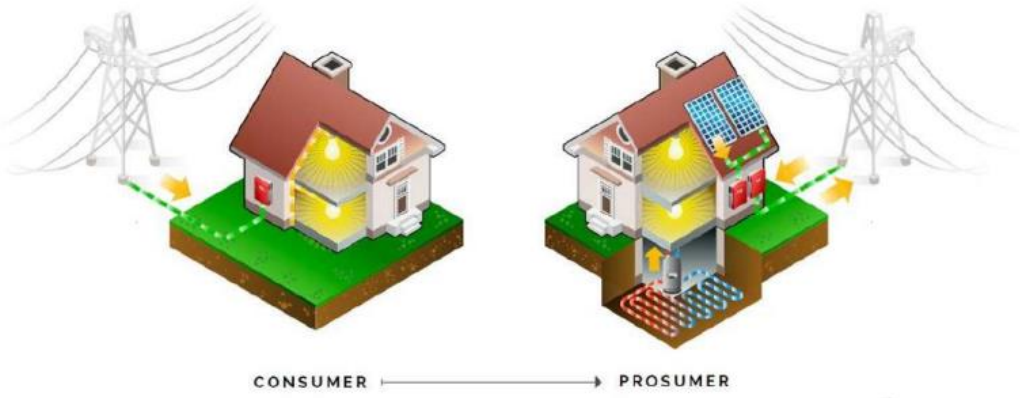

Figura 5 *Differenza tra Consumer e Prosumer [6]*

Un **prosumer** è un individuo che possiede un impianto di produzione di energia e ne consuma una parte per sé. La restante quantità di energia può essere:

- Immessa nella rete elettrica;
- Scambiata con i consumatori vicini al prosumer;
- Accumulata in un sistema dedicato per essere restituita alle unità di consumo quando necessario.

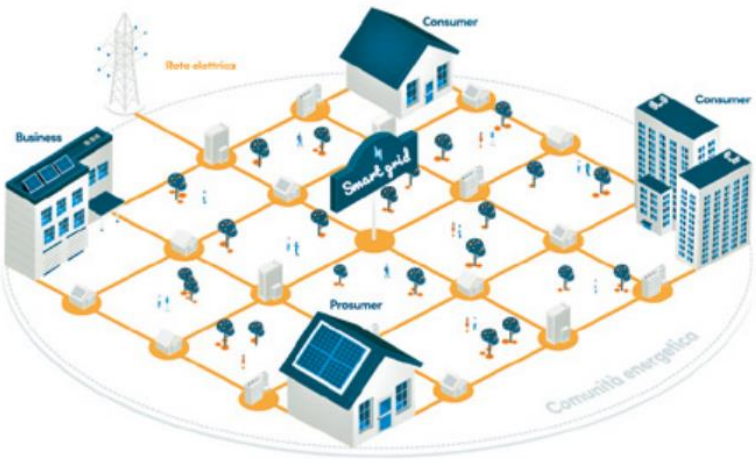

Figura 6 *Esempio di comunità energetica.[7]*

Di conseguenza, il prosumer diventa un attore attivo nella gestione dei flussi energetici e può beneficiare non solo di una certa autonomia, ma anche di vantaggi economici.

Al contrario, il **consumer**,si limita al ruolo passivo di consumatore.

1.2 Le prime cooperative energetiche

In passato, verso la fine del XIX secolo, l'energia elettrica veniva generata da piccoli impianti situati nelle vicinanze delle fabbriche e l'eccesso di energia veniva condiviso con la comunità circostante. In quel periodo non si utilizzava ancora il termine "comunità energetiche" poiché non esistevano reti centralizzate per la distribuzione dell'energia.

Un'antica legge del Regno d'Italia consentiva ai membri delle cooperative di generare e distribuire energia. Di conseguenza, queste associazioni si occupavano dell'amministrazione di centrali idroelettriche e i loro membri ne trarrebbero vantaggio, che si trattasse di privati, industrie o enti pubblici locali.

Da questa situazione nacquero le prime cooperative, alcune delle quali esistono ancora oggi nel nord Italia. Questo modello ha poi ispirato l'idea delle vere e proprie comunità energetiche a partire dal 2010.

1.2.1 SEM-Società Elettrica in Morbegno

SEM (Società Elettrica in Morbegno) "è una società cooperativa fondata nel 1897, allo scopo di dare energia ai soci tramite la centrale idroelettrica di Cosio.

Nel 1962 nasce ENEL che ingloba tutte le realtà italiane, mentre SEM riesce a mantenere la sua indipendenza su Morbegno.

Nel 2002 ENEL cede a SEM la rete di distribuzione della parte nord di Morbegno e dei comuni di Cosio, Bema, Rasura.

La società produce energia elettrica attraverso lo sfruttamento di otto impianti idroelettrici situati in Valtellina / Alto Lario della potenza installata di 11 MW.

Attualmente distribuisce energia elettrica a circa 13 mila utenze per un totale di circa 64 milioni di kWh annui. SEM può definirsi una "public company" in quanto vanta ben 550 soci, di cui circa 200 utenti."

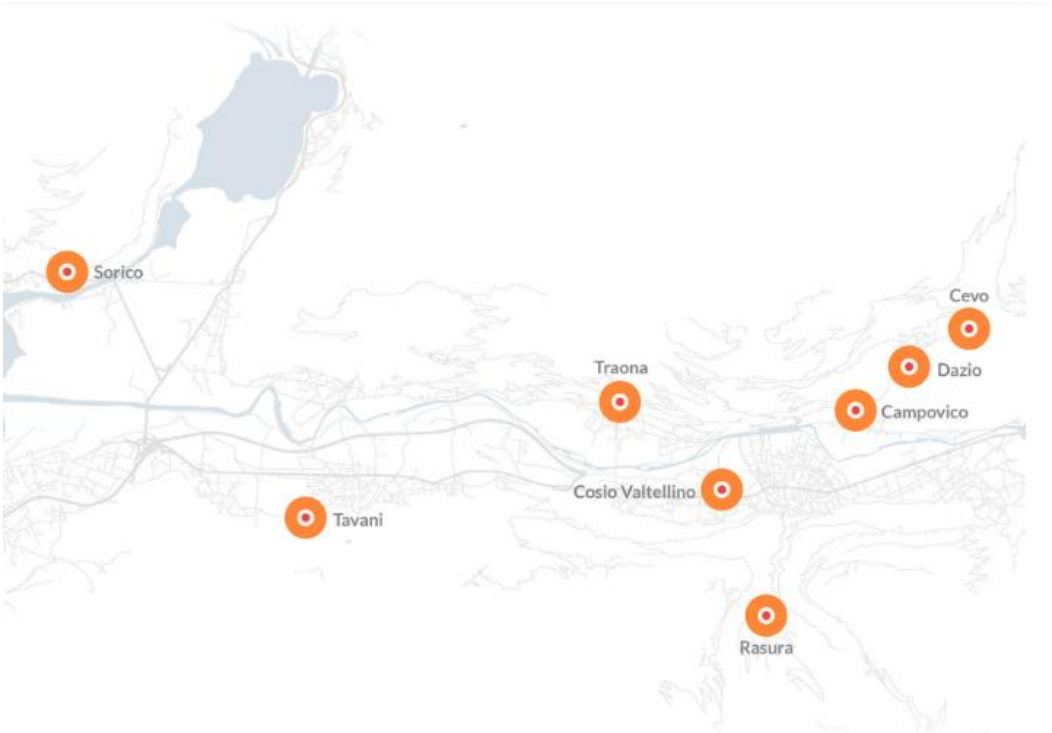

Figura 7 *Estensione rete SEM. [9]*

In qualità di distributore si occupa di:

- Gestione e manutenzione della rete;
- Esecuzione di nuovi allacciamenti
- Servizio di pronto intervento.
- Gestione degli impianti fino al contatore (attivazione, disattivazione della fornitura,spostamenti di contatori, ecc...).

Grazie allo sfruttamento delle energie rinnovabili e al teleriscaldamento, SEM negli anni ha risparmiato una notevole quantità di combustibili fossili producendo energia elettrica pulita.

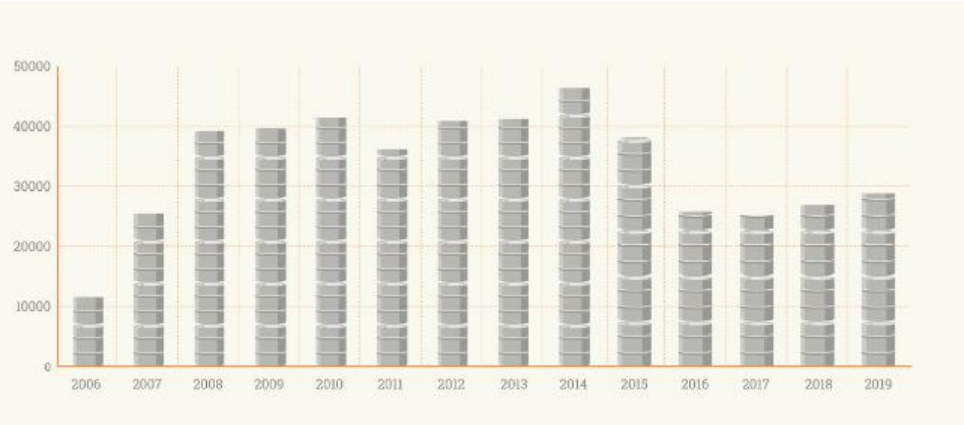

Figura 8 *Numero di barili risparmiati da SEM grazie all'utilizzo di fonti rinnovabili ed energia pulita [9]*

Nell'anno 2006 ha realizzato nell'area industriale di Morbegno un impianto di cogenerazione per la produzione di energia elettrica e termica, distribuendo calore agli abitati limitrofi attraverso una rete di teleriscaldamento.

In un sistema di teleriscaldamento il calore viene distribuito agli edifici tramite una rete di tubazioni in cui fluisce l'acqua calda o il vapore.

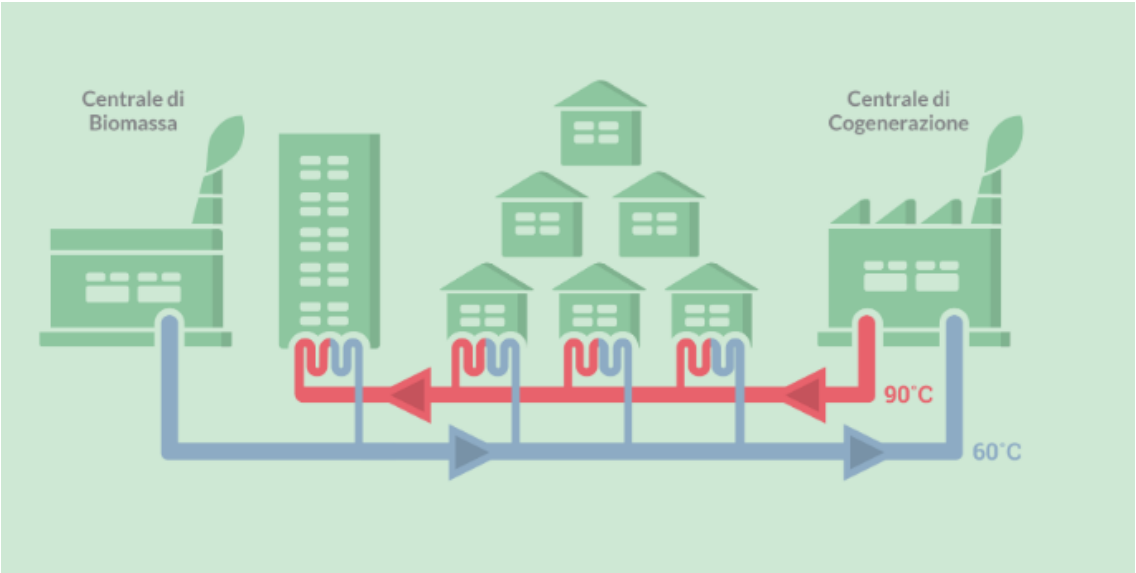

Figura 9 *Esempio sistema di teleriscaldamento. [9]*

La rete di teleriscaldamento SEM di Morbegno e Talamona si estende per oltre 35 Km e alimenta l'abitato e la zona industriale di Morbegno e Talamona con una utenza allacciata di oltre 75000 kW.

Figura 10 *Estensionre rete teleriscaldamento SEM. [9]*

Attualmente è in fase di sviluppo un nuovo impianto di produzione di energia elettrica e termica sfruttando la biomassa legnosa capace di sprigionare circa 7000 kW di potenza termica.

1.2.2 SECAB-Società Elettrica Cooperativa dell'Alto Bût

La Società Coperativa SECAB venne fondata il 25 giugno 1911 con lo scopo di fornire al capoluogo di Paluzza energia per l'illuminazione domestica nelle sole ore notturne. L'elettricità era prodotta da un generatore a corrente continua azionato dalla ruota idraulica di una segheria in località "Palombin".
Si tratta della prima azienda friulana per la produzione e distribuzione di energia idroelettrica sorta informa di Cooperativa.

Nel 1913 viene inaugurato l'impianto del Fontanone, destinato alla produzione di energia elettrica per il consumo privato durante le ore notturne e la nascente industria della zona. Da subito l'azione della cooperativa sul territorio non si limita alla fornitura di servizi, ma si caratterizza per la sua forte valenza sociale e si realizza attraverso forniture gratuite di energia elettrica e sovvenzioni economiche per enti e associazioni benefiche.

Oggi l'impianto, completamente automatizzato, assicura una produzione media annua pari a 1.600 MWh grazie alla presenza di due turbine Francis dalla potenza complessiva di 380kW.

Nel 1925 i soci erano 260 e tra questi figuravano i Comuni di Treppo Carnico, Sutrio, Ravascletto, Paluzza, Ligosullo e Cercivento.

All'impianto del Fontanone seguono quelli di Cima Moscardo, del 1926, e la centrale di Enfretors (1932).

Al giorno d'oggi, con circa 75 km di linee in media tensione, circa 120 km in bassa tensione, e 86 trasformatori di tensione, la rete SECAB raggiunge circa 5.200 utenze in 5 comuni dell'Alto But.
Le cinque centrali idroelettriche con una potenza installata complessiva di 10,8 MW che generano circa 44.000 di MWh all'anno di energia pulita.

Questa produzione copre totalmente il fabbisogno annuo di energia elettrica del territorio servito, con un surplus di circa 24.000 MWh che viene ceduta in parte alla società pubblica Gestore dei Servizi Energetici (GSE).
Inoltre i soci SECAB godono di notevoli benefici economici ripetto agli utenti del servizio maggior tutela. Una famiglia media risparmia il 67% in bolletta (oltre 400€ l'anno).

Utente	Potenza impegnata (kW)	Consumo annuo (kWh)	Spesa 2021 (IVA inclusa)		Risparmio Socio 2021	
			MMT	Socio		
Famiglia media	3	2.800	€ 654	€ 219	€ 435	67%
Seconda casa	3	700	€ 371	€ 222	€ 149	40%
Pubblico esercizio	10	25.920	€ 6.175	€ 2.092	€ 4.083	66%
Artigiano	30	34.290	€ 8.348	€ 3.082	€ 5.266	63%
Industria	167	427.940	€ 93.326	€ 29.275	€ 64.051	69%
Illuminaz. pubblica	-	131.145	€ 24.455	€ 11.874	€ 12.581	51%

Figura 11 *Risparmi in bolletta dei soci SECAB rispetto agli utenti del servizio maggior tutela. [10]*

Grazie alla presenza di soli impianti idroelettrici la cooperativa produce energia per il 100% da fonti rinnovabili, evita la combustione di oltre 30.000 tonnellate equivalenti di petrolio e l'immissione in atmosfera di 33.000 tonnellate di anidride carbonica.

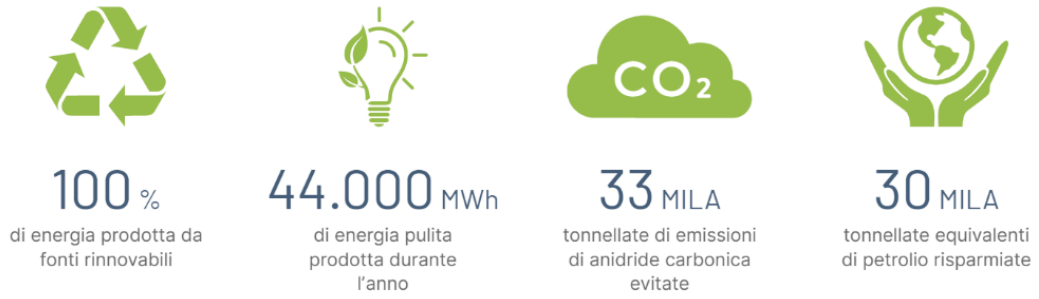

Figura 12 *Vantaggi SECAB [11]*

1.2.3 Azienda Energetica Prato Soc. Coop

La Società Coperativa fu fondata nel 1926 nel piccolo paesino Prato allo Stelvio. Il progetto iniziale fu la realizzazione dell'impianto idroelettrico "Tschrinbach" e la rete di distribuzione per poter fornire energia ai membri.

Alla cooperativa appartengono al giorno d'oggi 1.409 membri. Con una popolazione di 3.606 persone ca. '80% delle famiglie e delle aziende sono membri della cooperativa.

Attualmente la società possiede 5 impianti idroelettrici,un'impianto di biogas,i moduli di cogenerazione e un impianto fotovoltaico con i quali riesce a produrre 17.700.000 di kWh/anno, più che sufficienti per il consumo annuale nella rete del comune.

La cooperativa produce tramite tre impianti di teleriscaldamento 18.300.000 kWh di energia termica proveniente al 97% da fonti rinnovabili per 742 utenze.

Questo si traduce in una mancata emissioni di CO2 di oltre 10.000 tonnellate/anno. I soci godono di un vantaggio economico di oltre 1,1 milioni di Euro/anno.

Nel comune sono allacciati 157 impianti fotovoltaici con una potenza complessiva di 7,2 MW che forniscono 8.100.000 kWh/anno. Questo valore, considerata la popolazione locale, è tra i più alti in Italia. Al mix perfetto contribuiscono anche più di 200 impianti solari termici.

1.3 Le comunità energetiche in Italia

Secondo la XVI edizione di Comunità Rinnovabili attualmente in Italia sono complessivamente 100 le Comunità Energetiche Rinnovabili e le Configurazioni di Autoconsumo Collettivo, di cui:

- 35 Realtà effettivamente operative;
- 41 In progetto;
- 24 In movimento (stanno muovendo i loro primi passi verso la costituzione).

Delle 100, 59 sono quelle nuove, censite tra giugno 2021 e maggio 2022. Una crescita importante rispetto agli anni passati che evidenzia il crescente interesse verso questo tipo di soluzioni innovative che possono giovare all'ambiente e all'economia.

Delle 59, 39 sono Comunità Energetiche Rinnovabili e 20, invece, Configurazioni di Autoconsumo Collettivo.

Secondo il rapporto esistono almeno 1,35 milioni di impianti di energia rinnovabile distribuiti in tutto il nostro Paese con una capacità totale di 60,8 gigawatt (GW). Nel 2021 sono state installati nuovi impianti idroelettrici, eolici e fotovoltaici per una capacità complessiva di 1,35 GW.

La produzione di energia da fonti rinnovabili ,nel 2021, ha contribuito complessivamente con 115,7 terawattora (TWh) in Italia con un aumento del 1,58% rispetto al 2020. Tuttavia, questo incremento è risultato al di sotto degli obiettivi annuali prefissati ed è sicuramente influenzato dalla pandemia che ha causato una diminuzione dell'attività economica e degli investimenti nel settore delle energie rinnovabili.

I dati riportati nella nuova edizione del rapporto confermano una situazione estremamente insufficiente per affrontare il problema del caro bollette e l'emergenza climatica, nonché per liberarsi dalla dipendenza energetica estera. Inoltre esiste un rischio concreto che l'obiettivo di costruire nuovi impianti rinnovabili con capacità complessiva di 70 gigawatt entro il 2030 non venga raggiunto.

Comunità energetica	
01	CER Nuove Energie Alpine
02	Comunità Energetica Quartiere Tannino
03	Comunità Energetica Rinnovabile Basiglio A
04	Comunità energetica "Solisca"
05	"Monticello Green Hill"
06	La "CER Comunità Collinare del Friuli – San Daniele 1"
07	Energia Verde Connessa
08	Comunità Energetica Rinnovabile Gallese
09	"Verso il Futuro", la Comunità Energetica Rinnovabile del Lazio Meridionale
10	Comunità energetica di Ventotene
11	"CERossini", la comunità energetica di Montelabbate
12	AMARES, la comunità energetica di Ripalimosani
13	La comunità energetica di Foiano di Val Fortore
14	Comunità Energetica Rinnovabile e Solidale "Critaro"
15	Blue Green Energy
16	Comunità Energetica Rinnovabile e Solidale di Messina
17	Le comunità energetiche di Ragusa
18	Comunità Energetica Rinnovabile e Solidale di Sortino
19	GECO Green Energy COmmunity
20	CommOn Light
21	Comunità energetica Biddanoa E' Forru
22	Comunità energetica di Ussaramanna
23	Miracer
24	Amendolara punta sulle rinnovabili condivise
25	La comunità energetica d'imprese a Bari
26	Associazione Comunità Energetica di Fondo Saccà - E.T.S
Territori in movimento	
01	Aosta verso le comunità energetiche
02	La comunità energetica di Rudiano
03	Il progetto pilota di Ampezzo
04	La comunità energetica di Treviso
05	Roma verso le comunità energetiche
06	La comunità energetica di Gagliano Aterno
07	Il Molise dell'energia collettiva
08	La comunità energetica rinnovabile e solidale di Piaggine
09	San Giovanni a Piro punta sulle comunità energetiche
10	La Basilicata energetica e rinnovabile
11	La comunità energetica di Tiriolo
12	La comunità energetica per le periferie di Reggio Calabria
13	La comunità energetica allo Zen di Palermo
14	Il progetto REACT
Autoconsumo collettivo	
01	Gli Autoconsumatori Collettivi del Progetto Energheia – Autoconsumo Collettivo
02	Il Residence Cicogna
03	RE(Y) VENEZIA – Retail Efficency Venezia

Figura 13 *Mappatura ed elenco delle migliori esperienze sulla condivisione dell'energia secondo Legambiente [13]*

Tra le comunià energetiche che hanno puntato all'innovazione troviamo:

- **CER Nuove Energie Alpine** che rappresenta la prima comunità energetica a superare le limitazioni legate alla cabina primaria;
- **Comunità energetica di Ventotene** che è stata concepita per soddisfare le esigenze e valorizzare le potenzialità dell'isola;

- **GECO Green Energy COmmunity**, la più grande comunità energetica d'Italia.

Inoltre ci sono anche comunità energetiche come **Critaro** in Calabria, insieme a **Messina, Sortino** e **Blufi** in Sicilia, che hanno focalizzato l'attenzione sui vantaggi sociali per le persone che si trovano in situazioni di svantaggio socioeconomico.

1.3.1 CER Nuove Energie Alpine

Nel 2021 il progetto "Smart Land e Comunità Energetica: la scommessa della montagna" ha portato alla creazione dell'associazione "Comunità Energetica Valli Maira e Grana - CEVMG" che si occupa del settore energetico per i 22 comuni aderenti delle Valli.

La comunità energetica,insieme ad altri quattro co-fondatori, ovvero i comuni di Busca, Villar San Costanzo, Macra e Pradleves, ha creato l'associazione "CER Nuove Energie Alpine". La grande novità di questa associazione è che unisce diverse configurazioni di energia condivisa che normalmente sarebbero state separate come comunità energetiche distinte. Inoltre queste configurazioni sono distribuite tra i comuni serviti da cabine primarie diverse. Infine, la "CER Nuove Energie Alpine" si collega al GSE (Gestore dei Servizi Energetici) tramite una singola piattaforma gestionale dedicata.

Attualmente ci sono due configurazioni di energia condivisa attive. La prima è quella di Busca, che coinvolge tre soggetti partecipanti situati vicino all'area degli impianti sportivi del paese, come il palazzetto sportivo, la bocciofila e il teatro civico. Le utenze di questi edifici sono alimentate da un impianto fotovoltaico da 20 kW installato sulla bocciofila. Questo impianto è abbinato a un sistema di accumulo da 15 kWh per fornire energia alla struttura durante la sera, oltre a una stazione di ricarica per veicoli elettrici.

La seconda configurazione è quella di Villar San Costanzo, simile alla precedente, che è servita da un altro impianto solare fotovoltaico con una potenza nominale di 20 kW e una batteria di accumulo.

Questi progetti rappresentano una significativa innovazione nel concetto di comunità energetica, consentendo la condivisione e l'utilizzo efficiente delle risorse energetiche tra diverse strutture e comunità nella regione.

1.3.2 Comunità energetica di Ventotene

Nell'ottobre 2021 è stata istituita e inaugurata la Comunità Energetica Rinnovabile di Ventotene, un'isola di piccole dimensioni nel Mar Tirreno con circa 800 abitanti.

Figura 14 *Isola di Ventotene Foto da VisitLazio*

La creazione di questa comunità energetica è stata promossa dal Comune e dall'Università Sapienza di Roma ed è stata sviluppata grazie al finanziamento del bando regionale "Vitamina G" che ha permesso a un team di giovani ingegneri di ideare e implementare il progetto.

La comunità energetica si basa sull'utilizzo di energia solare fotovoltaica installata sui tetti dei partecipanti della comunità stessa. L'obiettivo è accedere ai finanziamenti pubblici del PNRR Isole Verdi al fine di finanziare piccoli impianti di comunità installati sui tetti delle abitazioni private, consentendo ai cittadini di beneficiare di impianti residenziali completi con sistemi di accumulo e misuratori intelligenti per l'analisi dinamica dei consumi in tempo reale.

L'obiettivo finale è trasformare Ventotene in un'isola ad alta penetrazione di energie rinnovabili con un impianto di potenza complessiva installata pari a 300kW.

1.3.3 GECO Green Energy COmmunity

Entro il 2023, il progetto GECO prevede la creazione della prima comunità energetica intelligente (smart) nell'Emilia-Romagna, nei distretti di Pilastro e Roveri, dove attualmente si consumano 430 MWh di elettricità all'anno.

Nel cuore di questa comunità ci saranno cittadini e aziende che svolgeranno un ruolo attivo (prosumer) nel processo di creazione, produzione, distribuzione e consumo di energia. L'area di sviluppo comprende una zona residenziale con 7.500 abitanti, una zona commerciale di 200.000 metri quadrati e un'area industriale di oltre 1 milione di metri quadrati.

Per il centro agroindustriale CAAB/FICO, verranno realizzati:

- Impianti fotovoltaici con una capacità totale di 4 MW sulle pensiline del parcheggio;
- Impianto fotovoltaico da 200 kW sul tetto.
- Impianto a biogas da 50 kWe e 75 kWt per lo smaltimento dei rifiuti organici.

Verranno realizzati anche :

- Impianti fotovoltaico da 100 kW su diversi edifici residenziali a scopo sociale;
- Impianti fotovoltaici da 200kW nel centro commerciale Pilastro e negli edifici condominiali adiacenti.
- Due ulteriori impianti fotovoltaici da 200 kW ciascuno sulle coperture delle imprese nella Zona Roveri.

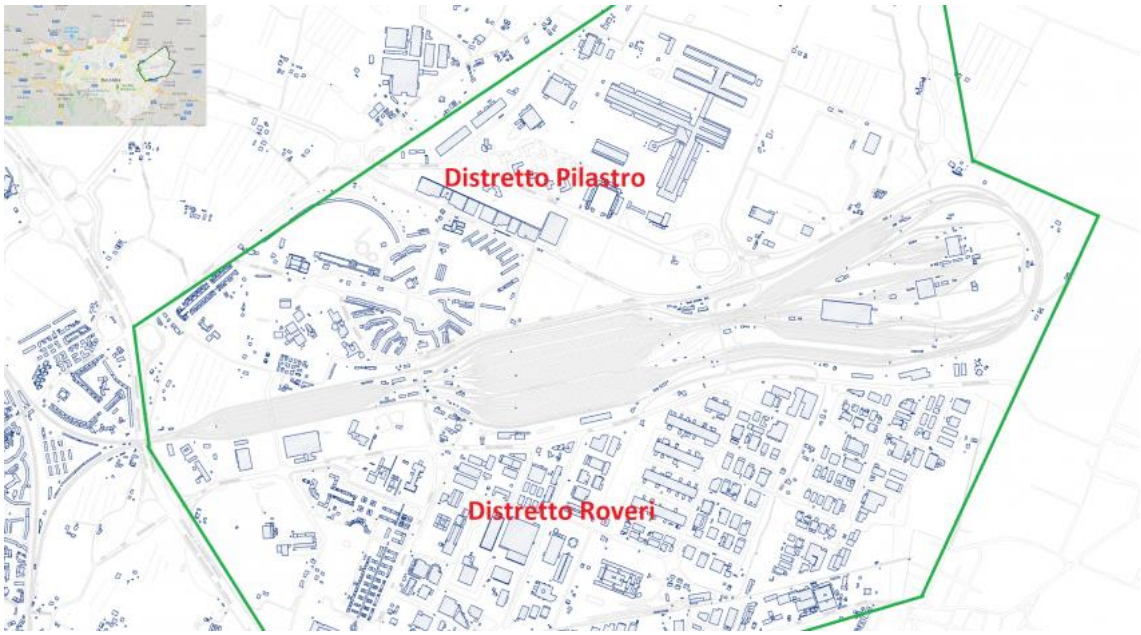

Figura 15 *Distretti Pilastro e Roveri di Bologna [15]*

Complessivamente, si prevede che entro il 2023 verranno installati impianti fotovoltaici che genereranno una potenza totale di 14 MW. Questi impianti produrranno un risparmio energetico di 120 MWh e preverranno l'emissione di 58.000 tonnellate di CO2 nell'atmosfera ogni anno.

2 Direttive sulle comunità energetiche

Le direttive Europee che regolano le CER al momento sono:

- La Direttiva 2018/2001 (**REDII**) sulla promozione dell'impiego di energia proveniente da fonti rinnovabili;
- La Direttiva 2019/944 sulle norme comuni per il mercato interno dell'elettricità (**IEM**).

Entrambe le direttive fanno parte del Clean Energy for All European Package (CEP), un insieme di misure adottate nel 2019 che mira ad adeguare il quadro politico energetico europeo per agevolare la transizione dalle fonti di combustibili fossili alle energie rinnovabili.

In Italia la legislazione nazionale ha recepito inizialmente la normativa europea (Direttiva Red II) attraverso il Decreto Legge 162/19, noto come "**Decreto Milleproroghe**", il quale è stato successivamente convertito in legge. Successivamente, sono stati introdotti il **Decreto Legislativo 199/2021** e il **Decreto Legislativo 210/2021** per completarne il quadro normativo.

In Piemonte con la **legge regionale 12/2018** viene promossa per la prima volta l'istituzione delle comunità energetiche e successivamente con la **Deliberazione della Giunta Regionale 8 marzo 2019** vengono attuati i criteri per il sostegno finanziario.

2.1 Direttiva (UE) 2018/2001 (REDII)

La Direttiva UE 2018/2001 stabilisce che gli Stati membri debbano assicurare collettivamente che entro il 2030 almeno il 32% del consumo finale lordo di energia dell'Unione provenga da fonti rinnovabili (articolo 1 e articolo 3, par. 1). Inoltre, almeno il 14% del consumo finale nel settore dei trasporti deve essere coperto da energia da fonti rinnovabili (articolo 25, par. 1).

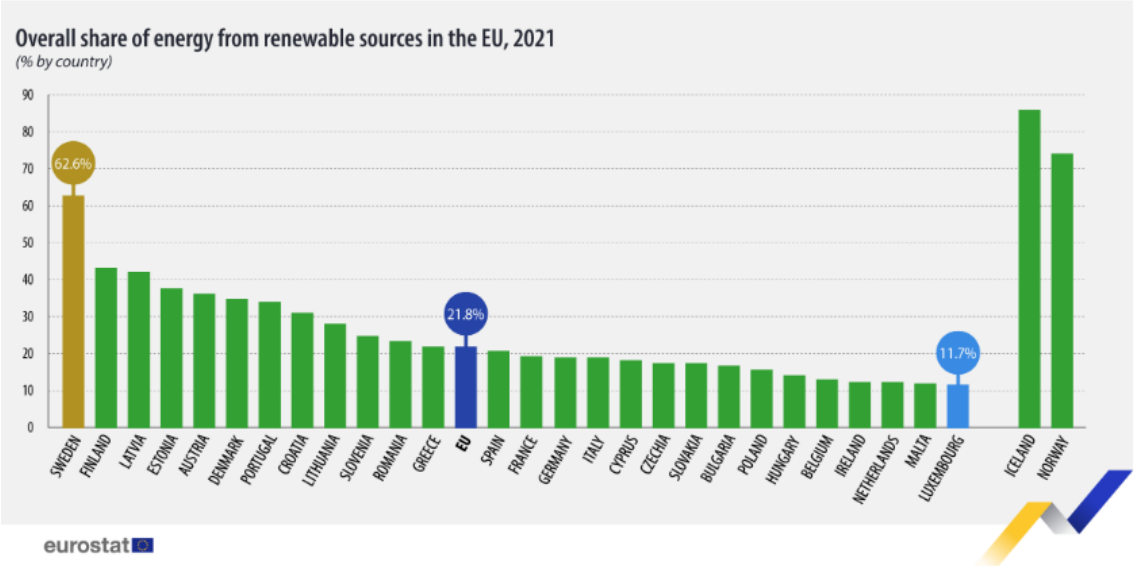

Figura 16 Consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili in Europa. [19]

Nel 2021 il consumo finale lordo di energia proviene per il 21,8% da fonti rinnovabili mentre il consumo finale lordo di energia elettrica si attesta al 37,5%.

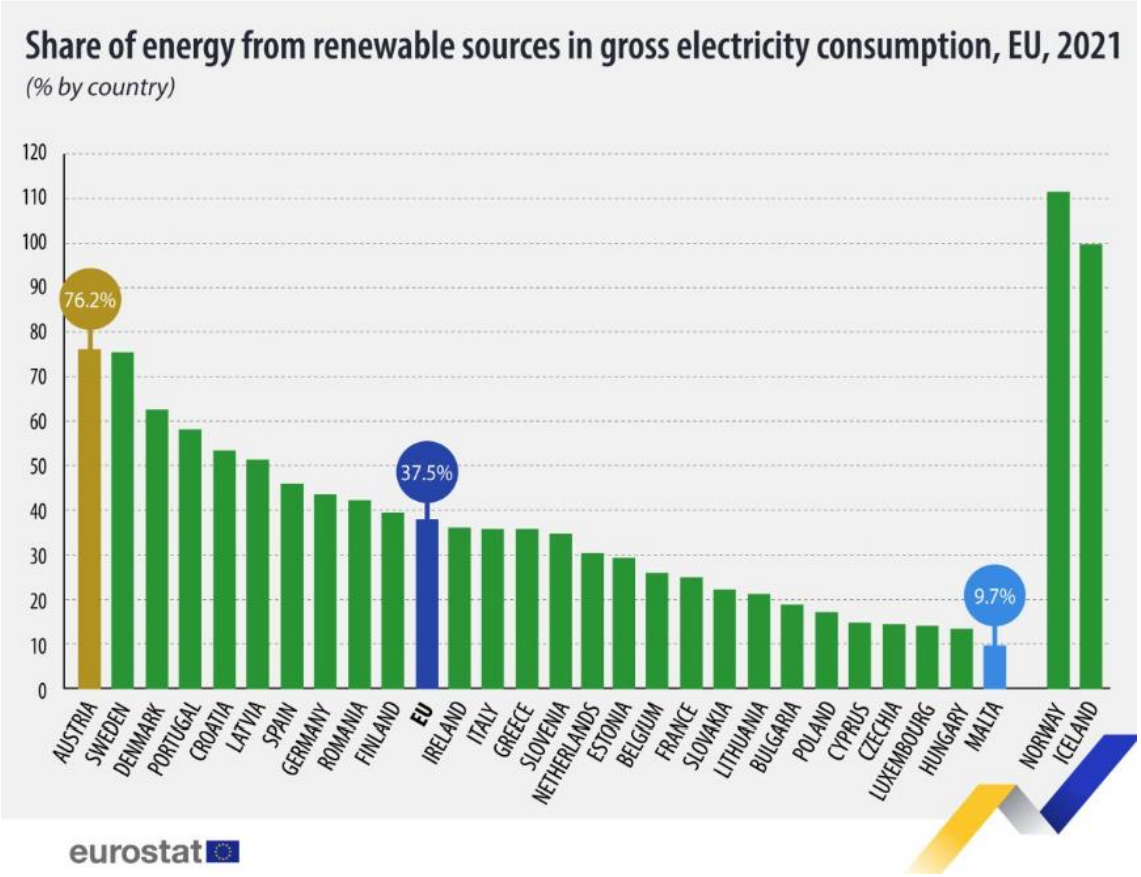

Figura 17 Consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili in Europa [19]

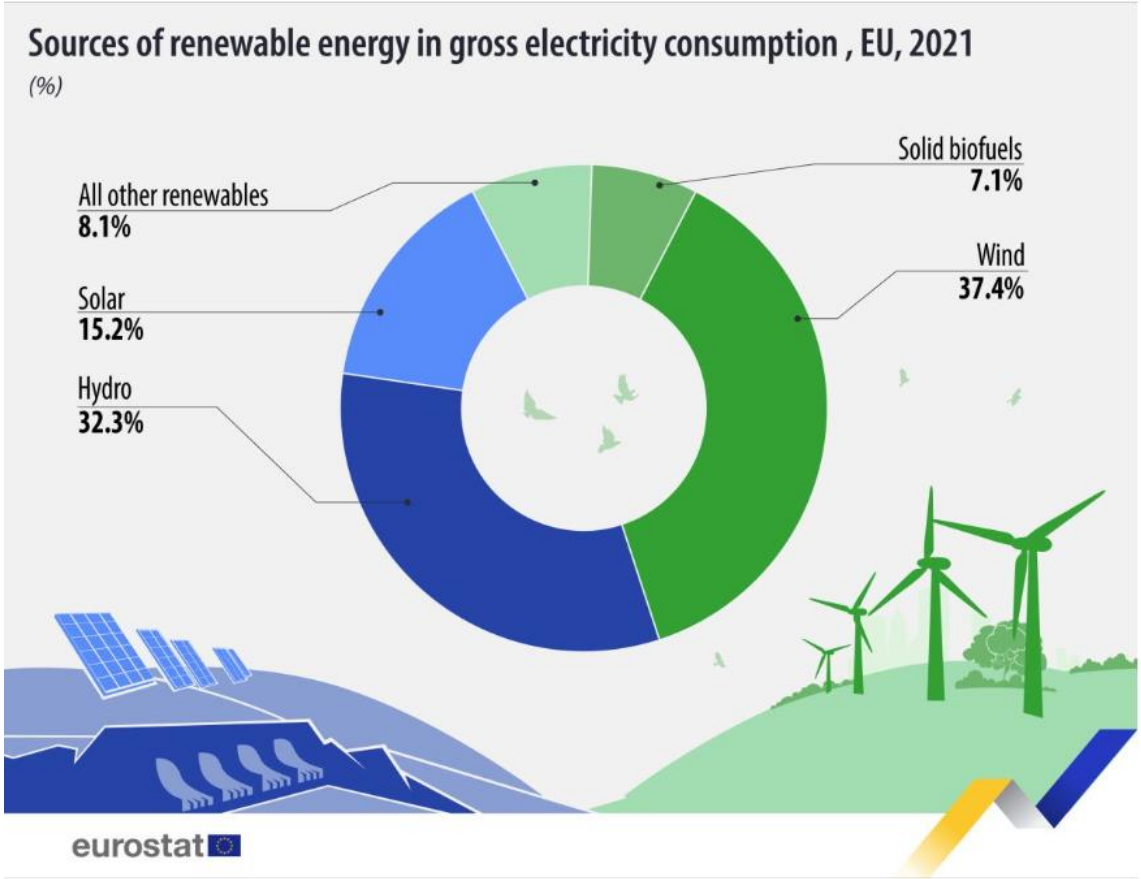

Figura 18 *Provenienza per fonte dell'energia elettrica rinnovabile in Europa. [21]*

Nel 2021 l'energia lorda rinnovabile consumata proviene per :

- 37,4% dall'eolico;
- 32,3% dall'idroelettrico;
- 15,2% dal solare;
- 8,1% da altre fonti rinnovabili;
- 7,1% biomassa solida.

Gli Stati membri sono tenuti a fissare i loro contributi nazionali per raggiungere l'obiettivo vincolante dell'UE entro il 2030 attraverso i loro Piani Nazionali Integrati per l'Energia e il Clima (PNIEC) (articolo 3, par. 1).

Questa disposizione ha carattere auto-applicativo (articolo 37) ed è già stata attuata, poiché, nel quadro del processo di governance dell'energia definito dal Regolamento UE 2018/1999, il PNIEC nazionale per il periodo 2021-2030 è

stato preparato, in seguito a una consultazione con la Commissione UE, ed è stato notificato nella sua versione definitiva alla stessa Commissione.

All'interno del Piano sono inclusi gli obiettivi per l'Italia per il 2030 in termini di consumo di energia da fonti rinnovabili. In particolare, il PNIEC prevede:

- Una percentuale del 30% di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali lordi di energia;

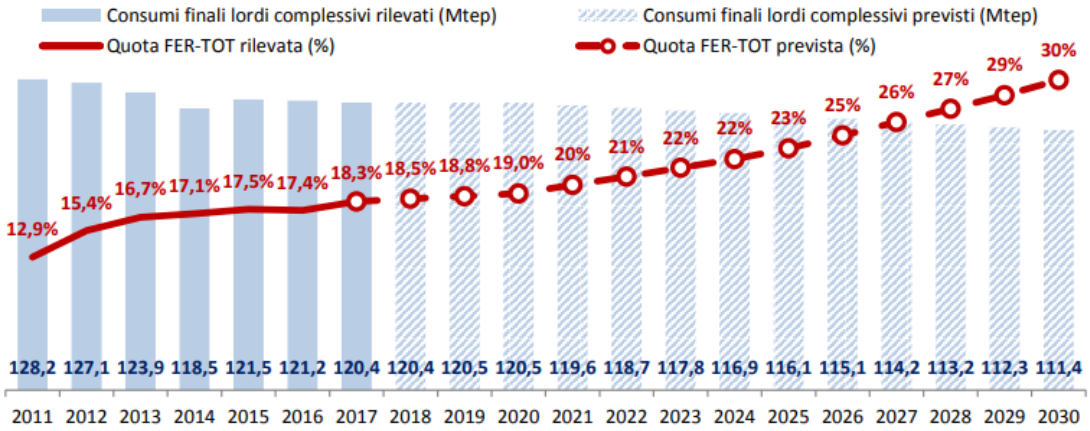

Figura 19 *Obbiettivi FER complessiva. [18]*

- Un obiettivo del 22% di energia da fonti rinnovabili nei consumi finali lordi di energia nel settore dei trasporti, che supera l'obiettivo dell'UE (14%).

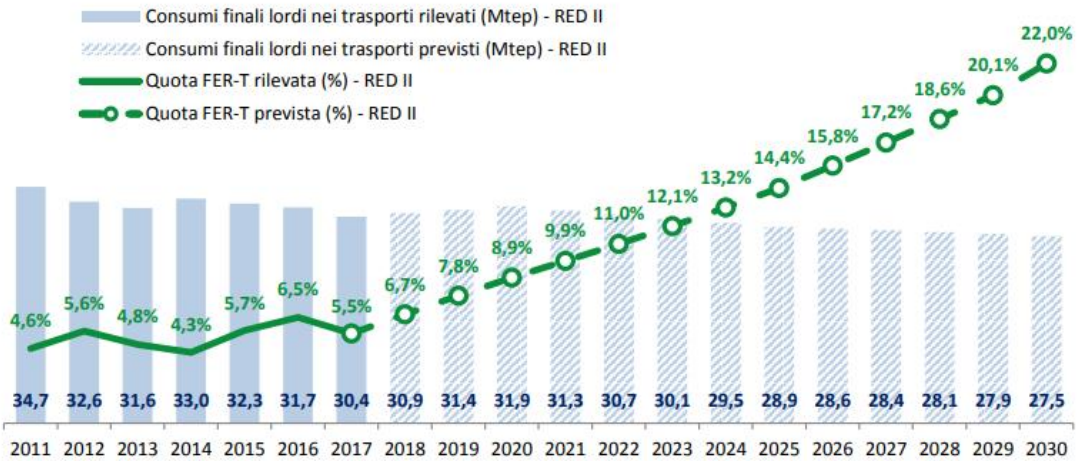

Figura 20 *Obbiettivi FER in ITALIA -Trasporti [18]*

Si tenga presente che tale obiettivo impone agli Stati membri di imporre agli operatori di carburanti di garantire che entro il 2030 almeno il 14% del consumo finale di energia nel settore dei trasporti sia coperto da energia da fonti rinnovabili (articolo 25, par. 1).

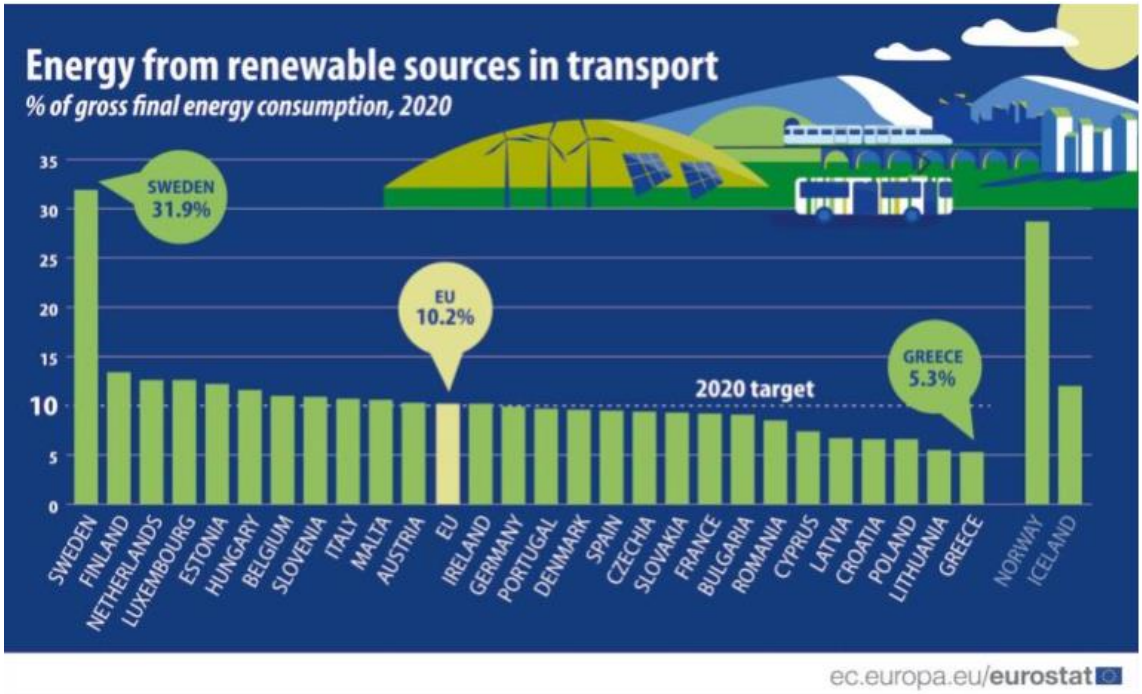

Figura 21 *Percentuale di energia rinnovabile nel settore dei trasporti. [22]*

Nel 2020 il 10% del consumo finale di energia nel settore dei trasporti è stato coperto da energia prodotta da fonti rinnovabili.

Al fine di raggiungere tali obiettivi entro il 2030, la direttiva fornisce agli Stati membri i principi e i criteri per disciplinare:

- Il sostegno finanziario all'energia elettrica da fonti rinnovabili (articoli 4-6 e 13).
- L'autoconsumo di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili (articoli 21 e 22).
- L'uso di energia da fonti rinnovabili nei settori del riscaldamento e del raffreddamento e nei trasporti (articoli 23-24 e 25-28).

- La cooperazione tra Stati membri e tra Stati membri e paesi terzi per progetti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (articoli 9-12 e 14).
- Le garanzie di origine dell'energia da fonti rinnovabili (articolo 19), le procedure amministrative per favorire la produzione da fonti rinnovabili.

2.2 Direttiva (UE) 2019/944 (IEM)

La direttiva "IEM (Internal Market for Electricity)" è stata applicata a partire dal 1° Gennaio 2021 e ha come obbiettivo quello di "stabilire le regole per la generazione, la trasmissione, la fornitura e lo stoccaggio dell'energia elettrica, e gli aspetti legati alla tutela dei consumatori al fine di creare nell'UE mercati dell'energia elettrica integrati, competitivi, orientati al consumatore, flessibili, equi e trasparenti".

I punti chiave della Direttiva sintetizzati da EUR-Lex [23] sono i seguenti:

" 1) Diritti del cliente

La direttiva chiarisce e rafforza i diritti esistenti dei clienti e ne introduce di nuovi:

- Diritto di scegliere liberamente un fornitore e le restrizioni sugli oneri derivati dal cambio di fornitore e dall'uscita, eccetto quando di conversione e di risoluzione, tranne nel caso in cui un contratto di fornitura di energia elettrica a tempo determinato e a prezzo fisso venga risolto prima della scadenza;
- Diritto di accedere ad almeno uno strumento di confronto dei prezzi che soddisfi determinati requisiti di fiducia; gli strumenti conformi gestiti privatamente possono ricevere un marchio di fiducia;

- Diritto di entrare a far parte di una comunità energetica dei cittadini, pur mantenendo tutti i diritti dei consumatori, compreso il diritto di uscire dalla comunità senza sanzioni;
- Diritto a contratti con prezzo dinamico (basato sui prezzi del mercato a pronti o del giorno prima) con almeno un fornitore e con ogni fornitore che abbia più di 200 000 clienti finali, e il diritto di essere informati circa le opportunità e i rischi derivanti;
- Diritto a un contratto di aggregazione indipendente dalla fornitura di energia elettrica;
- Diritto di produrre, consumare, immagazzinare e vendere elettricità, individualmente o tramite un aggregatore*;
- Diritto a richiedere che il contatore intelligente sia installato entro quattro mesi, mentre gli Stati membri devono garantire l'introduzione di sistemi di misurazione intelligenti, tranne nei casi in cui non sia ancora efficacia in termini di costi;
- Diritto dei clienti vulnerabili e in condizioni di povertà energetica a ricevere protezione, ma con la fissazione dei prezzi di fornitura regolati consentita solo a determinate condizioni;
- Diritto dei clienti confrontati a una disconnessione a ricevere con sufficiente anticipo informazioni sulle misure alternative, quali piani di pagamento o moratorie.

2) Bollette

Le bollette devono essere chiare, concise e presentate in modo da facilitare i confronti.

Le informazioni di fatturazione devono essere fornite almeno ogni sei mesi o una volta ogni tre mesi, se richiesto, oppure, qualora il cliente finale abbia optato per la fatturazione elettronica, e almeno una volta al mese se i contatori possono essere letti in remoto.

3) Aggregatori

Gli Stati membri devono:

- Garantire che gli aggregatori possano offrire contratti di aggregazione ai clienti senza che tali clienti debbano ottenere il consenso del loro fornitore;
- Assicurare l'equa partecipazione degli aggregatori in tutti i mercati dell'elettricità e che i gestori dei sistemi di trasmissione e distribuzione trattino gli aggregatori in modo equo con gli altri partecipanti al mercato, anche quando acquistano servizi;
- Fissare norme trasparenti nell'assegnazione di ruoli e responsabilità a tutti i partecipanti al mercato e stabilire le regole per lo scambio dei dati tra i partecipanti al mercato;
- Stabilire le regole per l'indennizzo tra aggregatori e fornitori quando l'attivazione della gestione della domanda causa uno sbilanciamento; tale compensazione è limitata a quanto strettamente necessario per coprire i costi e il calcolo di tale compensazione potrà tenere conto dei vantaggi sistematici della gestione della domanda.

4) Comunità energetiche dei cittadini

- Sono entità controllate dai soci o dai membri basate sulla partecipazione volontaria e aperta, che hanno il diritto di impegnarsi in generazione, distribuzione, fornitura, consumo, servizi di efficienza energetica o servizi di ricarica per veicoli elettrici o fornire altri servizi energetici ai membri o ai soci;
- Hanno il diritto di essere collegate alle reti di distribuzione e di essere trattate in modo non discriminatorio in termini di regolamentazione o accesso a tutti i mercati dell'elettricità;
- Hanno il diritto alla condivisione dell'energia elettrica prodotta con i propri membri sulla base di un'analisi costi-benefici trasparente delle risorse distribuite di energia;

- Hanno il diritto di gestire, qualora tale diritto venga concesso dallo Stato membro in questione, di possedere, istituire, acquistare o locare reti di distribuzione in conformità con le regole applicabili.

5) Accesso ai dati e interoperabilità

- La direttiva aggiorna le norme sull'accesso ai dati del contatore e di consumo/generazione da parte di operatori di rete, consumatori, fornitori e prestatori di servizi. Inoltre, prevede che la Commissione europea istituirà norme di interoperabilità di diritto derivato per facilitare lo scambio di dati.
- I soggetti responsabili della gestione dei dati devono garantire un accesso non discriminatorio ai dati dei contatori intelligenti nel rispetto delle norme sulla protezione dei dati.

6) Elettromobilità

- Gli Stati membri definiscono il quadro normativo necessario per agevolare la connessione dei punti di ricarica per veicoli elettrici alle reti di distribuzione.
- I gestori dei sistemi di distribuzione (DSO)* possono solo possedere, sviluppare, gestire o esercire i punti di ricarica se nessun altro organismo ha espresso interesse in una procedura di appalto aperta, soggetta all'approvazione da parte dell'autorità di regolazione e in linea con le regole d'accesso di parti terze.

7) I gestori del sistema di distribuzione (DSO):

- Sono responsabili di garantire la capacità a lungo termine del sistema di soddisfare le richieste di distribuzione di energia elettrica, compresa l'integrazione efficiente in termini di costi delle nuove installazioni di generazione di elettricità e in particolare di quelle che producono energia elettrica da fonti rinnovabili, nonché di fornire agli utenti del sistema le informazioni necessarie per un accesso e un utilizzo efficienti del sistema;
- Devono pubblicare piani di sviluppo delle reti che definiscano gli investimenti programmati per i successivi cinque-dieci anni;
- Qualora faccia parte di un'impresa verticalmente integrata, è indipendente, quantomeno sotto il profilo della forma giuridica, dell'organizzazione e del potere decisionale, da altre attività non connesse alla distribuzione;
- Non possono possedere, sviluppare, gestire o esercire impianti di stoccaggio dell'energia, tranne nei casi in cui sono soddisfatte determinate condizioni.

8) Gestori di sistemi di trasmissione:

- Deve garantire la capacità a lungo termine del sistema di soddisfare richieste di trasmissione di energia elettrica, in stretta collaborazione con i gestori dei sistemi di trasmissione e i gestori dei sistemi di distribuzione limitrofi;
- Deve gestire il funzionamento sicuro del sistema, compreso il mantenimento dell'equilibrio tra domanda e offerta di energia elettrica.
- Non possono possedere, sviluppare, gestire o esercire impianti di stoccaggio dell'energia, a condizioni simili a quelle applicate ai gestori del sistema di distribuzione.

9) Le autorità di regolazione nazionale per l'energia:

- Promuovono la cooperazione con le autorità di regolazione degli Stati membri limitrofi e con l'Agenzia dell'Unione europea per la cooperazione fra i regolatori nazionali dell'energia su problematiche quali la preparazione ai rischi, l'assegnazione di adeguate capacità di trasmissione transfrontaliere e per garantire capacità di interconnessione di livello adeguato.
- Hanno rivisto le responsabilità di sorveglianza dei centri operativi regionali e altre entità a livello regionale.**"**

2.3 Decreto legge 162/19 – Art. 42 bis

Il Decreto legge 162/19 (Milleproroghe) "recante disposizioni urgenti in materia di proroga di termini legislativi, di organizzazione delle pubbliche amministrazioni, nonché di innovazione tecnologica, convertito in Legge 8/2020, all'articolo 42 bis contiene le condizioni e le modalità consentite per attivare l'autoconsumo collettivo da fonti rinnovabili ovvero realizzare comunità energetiche rinnovabili (CER)."

Al comma 4 dell'articolo 42 bis si trovano le condizioni da rispettare per la realizzazione della comunità energetica da parte delle entità giuridiche costituite. Le condizioni sono le seguenti :

- **" a)** I soggetti partecipanti producono energia destinata al proprio consumo con impianti alimentati da fonti rinnovabili di potenza complessiva non superiore a 200 kW, entrati in esercizio dopo la data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto ed entro i sessanta giorni successivi alla data di entrata in vigore del provvedimento di recepimento della direttiva (UE) 2018/2001;

- **b)** I soggetti partecipanti condividono l'energia prodotta utilizzando la rete di distribuzione esistente. L'energia condivisa è pari al minimo, in ciascun periodo orario, tra l'energia elettrica prodotta e immessa in rete dagli impianti a fonti rinnovabili e l'energia elettrica prelevata dall'insieme dei clienti finali associati;

- **c)** L'energia è condivisa per l'autoconsumo istantaneo, che può avvenire anche attraverso sistemi di accumulo realizzati nel perimetro di cui alla lettera d) o presso gli edifici o condomìni di cui alla lettera e) ;

- **d)** Nel caso di comunità energetiche rinnovabili, i punti di prelievo dei consumatori e i punti di immissione degli impianti di cui alla lettera a) sono ubicati su reti elettriche di bassa tensione sottese, alla data di creazione dell'associazione, alla medesima cabina di trasformazione media tensione/bassa tensione (Cabine secondarie);

- **e)** Nel caso di autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente, gli stessi si trovano nello stesso edificio o condominio."

Al comma 8," l'Autorità di regolazione per energia, reti e ambiente (ARERA) adotta i provvedimenti necessari a garantire l'immediata attuazione delle disposizioni dell'articolo." La medesima Autorità alla lettera b) del comma 8 "individua, anche in via forfetaria, il valore delle componenti tariffarie disciplinate in via regolata, nonché di quelle connesse al costo della materia prima energia, che non risultano tecnicamente applicabili all'energia condivisa, in quanto energia istantaneamente autoconsumata sulla stessa porzione di rete di bassa tensione e, per tale ragione, equiparabile all'autoconsumo fisico in sito."

Al comma 9 viene affermato che "entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto, con un decreto del Ministro dello sviluppo economico verrà individuata una tariffa incentivante per la remunerazione degli impianti a fonti rinnovabili inseriti nelle configurazioni sperimentali (Autoconsumo collettivo e comunità energetiche) sulla base dei seguenti criteri:

- **a)** La tariffa incentivante è erogata dal GSE Spa ed è volta a premiare l'autoconsumo istantaneo e l'utilizzo di sistemi di accumulo;

- **b)** Il meccanismo è realizzato tenendo conto dei princìpi di semplificazione e di facilità di accesso e prevede un sistema di reportistica e di monitoraggio dei flussi economici ed energetici a cura del GSE Spa, allo scopo di acquisire elementi utili per la riforma generale del meccanismo dello scambio sul posto, da operare nell'ambito del recepimento della direttiva (UE) 2018/2001;

- **c)** La tariffa incentivante è erogata per un periodo massimo di fruizione ed è modulata fra le diverse configurazioni incentivabili per garantire la redditività degli investimenti, tenuto conto di quanto disposto dal comma 6;

- **d)** Il meccanismo è realizzato tenendo conto dell'equilibrio complessivo degli oneri in bolletta e della necessità di non incrementare i costi tendenziali rispetto a quelli dei meccanismi vigenti;

- **e)** É previsto un unico conguaglio composto dalla restituzione delle componenti di cui al comma 8, lettera b) , compresa la quota di energia condivisa e dalla tariffa incentivante di cui al presente comma."

2.4 Decreto Ministeriale 16 Settembre 2020

Il decreto è stato pubblicato dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) e tratta " l'individuazione della tariffa incentivante per la remunerazione degli impianti a fonti rinnovabili inseriti nelle configurazioni sperimentali di autoconsumo collettivo e comunità energetiche rinnovabili."

All'articolo 3 comma 1 afferma che "la quota di energia elettrica (prodotta da ciascuno degli impianti a fonti rinnovabili facenti parte delle configurazioni consentite) che viene condivisa ha diritto per un periodo di 20 anni ad una tariffa incentivante in forma di tariffa premio pari a:

- **a)** 100 €/MWh nel caso in cui l'impianto di produzione faccia parte di una configurazione di autoconsumo collettivo;
- **b)** 110 €/MWh nel caso in cui l'impianto faccia parte di una comunità energetica rinnovabile."

All'articolo 4 comma 1 afferma che " l'istanza di accesso alla tariffa di cui all'art. 3 è effettuata con le modalità previste dal punto 4.2 della deliberazione ARERA n. 318/2020/R/eel del 4 agosto 2020."

Il punto 4.2 della deliberazione ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente) n. 318/2020/R/eel afferma che "i soggetti che intendono beneficiare del servizio di valorizzazione e incentivazione dell'energia elettrica condivisa devono presentare istanza al GSE per il tramite del referente, utilizzando uno schema definito dal GSE positivamente verificato dal Direttore della Direzione Mercati Energia all'Ingrosso e Sostenibilità Ambientale dell'Autorità."

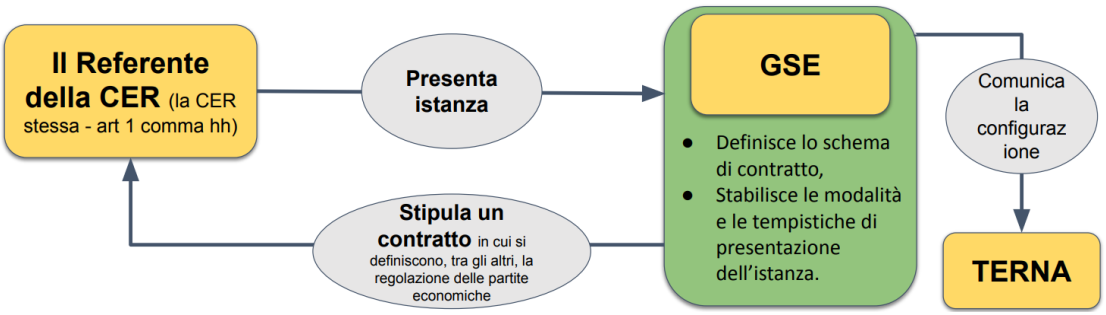

Figura 22 Processo burocratico per accedere agli incentivi sull'energia elettrica condivisa [28]

2.5 Decreto Legislativo 199/2021

Il Decreto "mira all'attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili."

L'articolo 8 del decreto presenta un aggiornamento, rispetto all'articolo 42-bis del decreto-legge 30 dicembre 2019, della "regolamentazione sugli incentivi per gli impianti a fonti rinnovabili inseriti in configurazioni di autoconsumo collettivo o in comunità energetiche rinnovabili di potenza non superiore a 1 MW, sulla base dei seguenti criteri direttivi:

- **a)** Possono accedere all'incentivo gli impianti a fonti rinnovabili che hanno singolarmente una potenza non superiore a 1 MW e che entrano in esercizio in data successiva a quella di entrata in vigore del presente decreto;

- **b)** Per autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente e comunità energetiche rinnovabili l'incentivo è erogato solo in riferimento alla quota di energia condivisa da impianti e utenze di consumo connesse sotto la stessa cabina primaria;

- **c)** L'incentivo è erogato in forma di tariffa incentivante attribuita alla sola quota di energia prodotta dall'impianto e condivisa all'interno della configurazione;

- **d)** Nei casi di cui alla lettera **b)** per i quali la condivisione è effettuata sfruttando la rete pubblica di distribuzione, è previsto un unico conguaglio, composto dalla restituzione delle componenti di cui all'articolo 32, comma 3, lettera a), compresa la quota di energia condivisa, e dall'incentivo di cui al presente articolo;

	RECEPIMENTO TRANSITORIO (Art. 42bis del D.L. 162/2019)	RECEPIMENTO DEFINITIVO (D.L. 199/2021)
Taglia massima singolo impianto	200 kW	1000 kW
Estensione territoriale	utenti di bassa tensione (BT) afferenti alla stessa cabina (cabina secondaria)	utenti di media tensione (MT) afferenti alla stessa cabina (cabina primaria)
Membri che possono aderire	privati, enti territoriali e autorità locali compresi comuni, PMI	privati, enti territoriali e autorità locali compresi comuni, Università, PMI, enti di ricerca e formazione, enti religiosi, enti del terzo settore e di protezione ambientale
Anno di realizzazione impianti da FER	possono accedere solo i nuovi impianti (entrati in esercizio dal 1° marzo 2020)	possibilità di includere impianti antecedenti alla data di entrata in vigore del decreto legislativo 199/2021

Figura 23 *Aggiornamenti portati dal D.L. 199/2021 [28]*

- **e)** La domanda di accesso agli incentivi è presentata alla data di entrata in esercizio e non è richiesta la preventiva iscrizione a bandi o registri;

- **f)** L'accesso all'incentivo è garantito fino al raggiungimento di contingenti di potenza stabiliti, su base quinquennale, in congruenza con il raggiungimento degli obiettivi di cui all'articolo 3."

Limitatamente alla produzione di energia elettrica derivante da impianti fotovoltaici, la tariffa premio terrebbe in considerazione i diversi livelli di insolazione, prevedendo un incremento di 10 Euro/MWh per le regioni del Nord e di 4 Euro/MWh per quelle del Centro.

Nel caso in cui la quota di energia condivisa fosse pari o superiore al 70% dell'energia prodotta, la quota residua di energia potrebbe essere liberamente venduta dal produttore.

Nel caso, invece, in cui tale quota fosse inferiore al predetto limite del 70%, sull'energia elettrica eccedentaria venduta sarebbe previsto un tetto di prezzo pari a 80 Euro/MWh.

Inoltre è individuato da ARERA un rimborso per minori costi di sistema derivanti dalla condivisione di energia pari a 9€/MWh.

Una comunità energetica al Nord riceverà quindi circa 179€ per ogni MWh che viene prodotto da fotovoltaico e condiviso. In questo calcolo è stato considerato un prezzo di vendita medio di 50€/MWh.

2.6 Normative in Piemonte

Nell'articolo 2 della Legge Regionale 12/2018 sulla "Promozione dell'istituzione delle comunità energetiche" vengono definiti i criteri per la costituzione di una comunità energetica. Tra questi :

"

- Alle comunità energetiche, possono partecipare soggetti pubblici e privati.

- Le comunità energetiche acquisiscono e mantengono la qualifica di soggetti produttori di energia se annualmente la quota dell'energia

prodotta destinata all'autoconsumo da parte dei membri non è inferiore al 70 per cento del totale."

La Deliberazione della Giunta Regionale n. 18-8520 dell'8 Marzo 2019 rappresenta l'attuazione della legge regionale 12/2018. Di seguito sono riportati i criteri per la formazione di una comunità energetica descritti nella Delibera.

Figura 24 *Quadro normativo in Piemonte [28]*

" Un singolo comune può alternativamente:

- Proporre l'istituzione di una comunità energetica e farne parte in quanto produttore e consumatore di energia;

- Proporre l'istituzione di una comunità energetica senza farne parte;

- Aderire ad una comunità energetica esistente e farne parte.

I membri della medesima comunità energetica essere sottesi ad una cabina primaria di trasformazione.

Costituiscono requisiti minimi per la costituzione di una comunità energetica:

- Il consumo annuo elettrico pari ad almeno 0,5 GWh desumibile dall'analisi di un periodo temporale rappresentativo (almeno gli ultimi due anni);

- Almeno la metà della quota minima del 70% di energia prodotta destinata all'autoconsumo,inteso come bilancio energetico dei punti di connessione alla rete pubblica, dovrà essere costituita da energia prodotta da fonti energetiche rinnovabili disponibili localmente;

- La presenza di una pluralità di soggetti produttori e consumatori di energia elettrica."

3 Associazione Temporanea di Scopo "Comunità Energetica del Pinerolese"

L'Associazione Temporanea di Scopo (ATS) "Comunità energetica del Pinerolese" è stata costituita il 27 Ottobre del 2021,inzialmente dai comuni di Scalenghe,Vigone,Cantalupa,Frossasco,Roletto e San Pietro Val Lemina , con lo scopo di "promuovere la Green Economy sul territorio Pinerolese e le sue valli attraverso la creazione di una rete di Comuni e Unione di Comuni, italiani e europei, e comunità energetiche che elabori progetti di sviluppo tecnologico dell'energia pulita, cercando di massimizzare l'approccio al concetto di "energia distribuita" ".

Al giorno d'oggi i comuni aderenti all'ATS sono 41. I comuni sono suddivisi in sette cluster differenti in base alla zona geografica di appartenenza.

Figura 25 Cluster del Pinerolese [38]

I sette cluster sono:

1. Via Lattea (blu);
2. Val Germanasca (giallo);
3. Val Pellice (arancione);
4. Val Chisone bassa (magenta);

5. Val Noce (verde scuro);
6. Pianura Nord (verde chiaro);
7. Pianura Sud (viola).

3.1 Selezione comuni

Nel Decreto Legislativo 199/2021 all'articolo 8 lettera b) è stabilito che :

- "Per autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente e comunità energetiche rinnovabili l'incentivo è erogato solo in riferimento alla quota di energia condivisa da impianti e utenze di consumo connesse sotto la stessa cabina primaria".

Di conseguenza, in questo studio è stata analizzata l'intera area del Pinerolese in modo da individuare i comuni che sono sottesi ad un'unica cabina primaria e che hanno fornito abbastanza informazioni di consumo per effettuare uno studio di fattibilità di comunità energetica.

I comuni che soddisfano entrambe le condizioni in ordine alfabetico sono:

- Airasca (Area: AC001E01149);
- Cantalupa (Area:AC001E01148);
- Cumiana (Area:AC001E01157);
- Inverso Pinasca (Area:AC001E01152);
- Moretta (Area:AC001E01133);
- Roletto (Area:AC001E01148).

Figura 26 *Cabina Primaria Airasca*

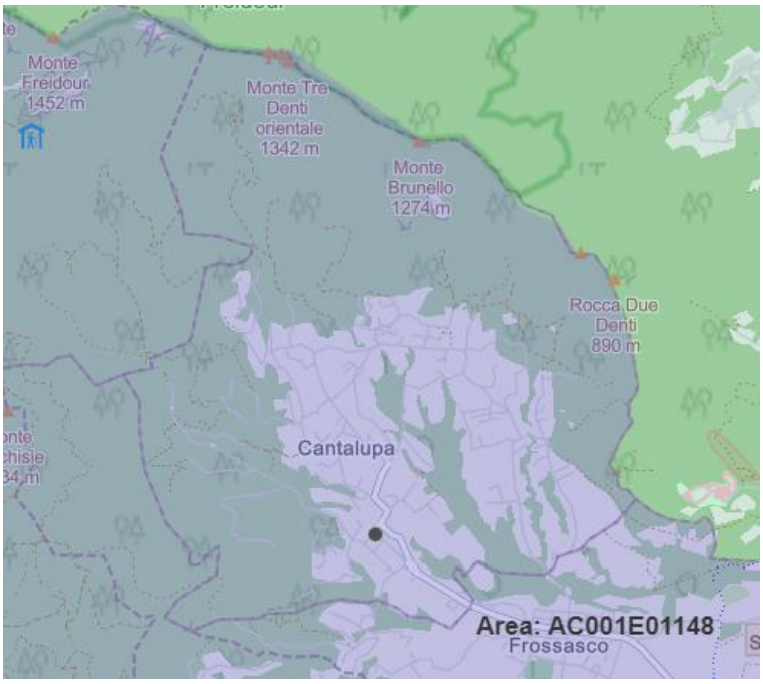

Figura 27 *Cabina Primaria Cantalupa*

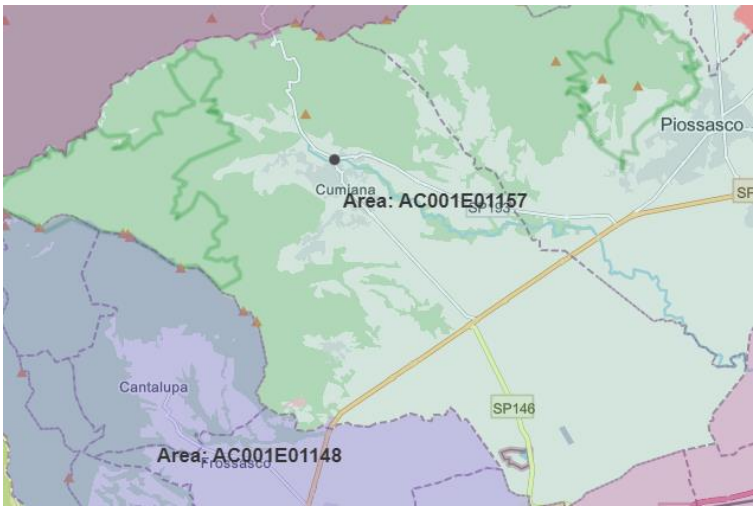

Figura 28 *Cabina Primaria Cumiana*

Figura 29 *Cabina Primaria Inverso Pinasca*

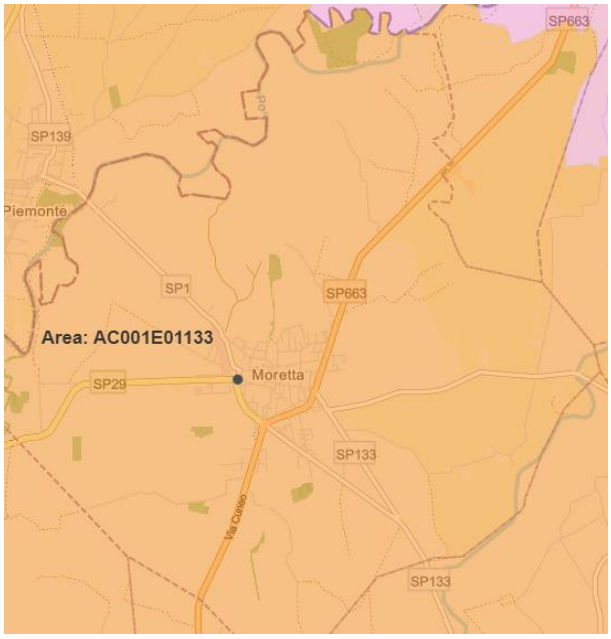

Figura 30 *Cabina Primaria Moretta*

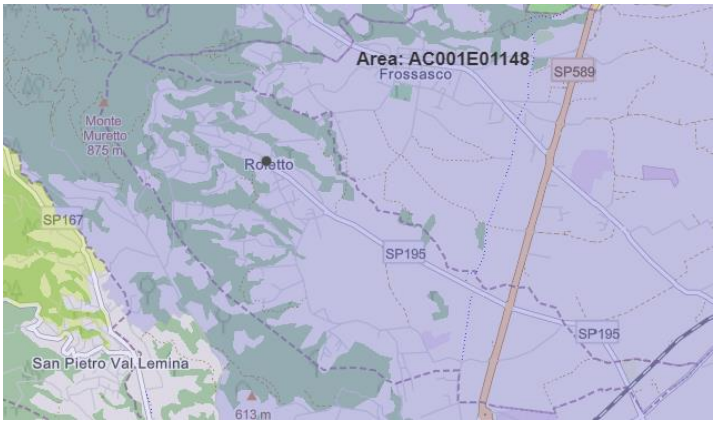

Figura 31 *Cabina Primaria Roletto*

Per i sei comuni sono state condotte una serie di attività, tra cui:

- Analisi tecnica: questa fase si è concentrata sull'identificazione degli edifici con un potenziale ottimale per la produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici. È stata poi effettuata una valutazione approfondita del flusso energetico all'interno della comunità, considerando lo scambio e condivisione di energia tra gli edifici.
- Analisi economica: è stata condotta una valutazione degli aspetti finanziari legati alla realizzazione della comunità energetica. Questa analisi ha considerato i costi di implementazione, gli incentivi disponibili, i potenziali ricavi derivanti dalla vendita dell'energia prodotta e altri fattori economici rilevanti.

Se entrambe le analisi, sia quella tecnica che quella economica, hanno dato esito positivo, si può confermare la fattibilità dell'implementazione di una comunità energetica a livello comunale.

Successivamente, è stata effettuata un'ulteriore analisi specifica per i comuni di Cantalupa e Roletto, che condividono la stessa cabina primaria. In questa fase, è stata ipotizzata la creazione di una comunità energetica che coinvolge entrambi i comuni, al fine di massimizzare gli effetti positivi della condivisione di energia e promuovere una gestione più efficiente delle risorse energetiche.

3.2 Analisi tecnica

Analisi tecnica si concentra sullo studio dei flussi energetici all'interno di una comunità energetica al fine del calcolo di indici che permettono di effettuare una valutazione ottimale sulla fattibilità di comunità energetica.

L'analisi svolta inizia partendo dal potenziale di energia elettrica producibile da fotovoltaico nei diversi comuni. Per il calcolo del potenziale di energia elettrica producibile è stata svolta un analisi tramite software Gis mirata al calcolo di irradiazione solare mensile nei tetti degli edifici di ogni comune. Per l'analisi è stato utilizzato un DSM (Digital Surface Model) con un'accuratezza di 5 metri.

Una volta calcolata l'irradiazione solare mensile è stata successivamente calcolata l'iradiazione solare annuale ed è stato imposto un valore soglia di 1400 $\frac{kWh}{m^2 * anno}$. Il valore soglia permette ,tramite analisi puntuale, di selezionare le aree dei tetti ben esposte in cui sia superato il valore soglia e di conseguenza permette il calcolo delle aree disponibili all'installazione di pannelli fotovoltaici.

Figura 32 *Irradiazione solare annuale Airasca*

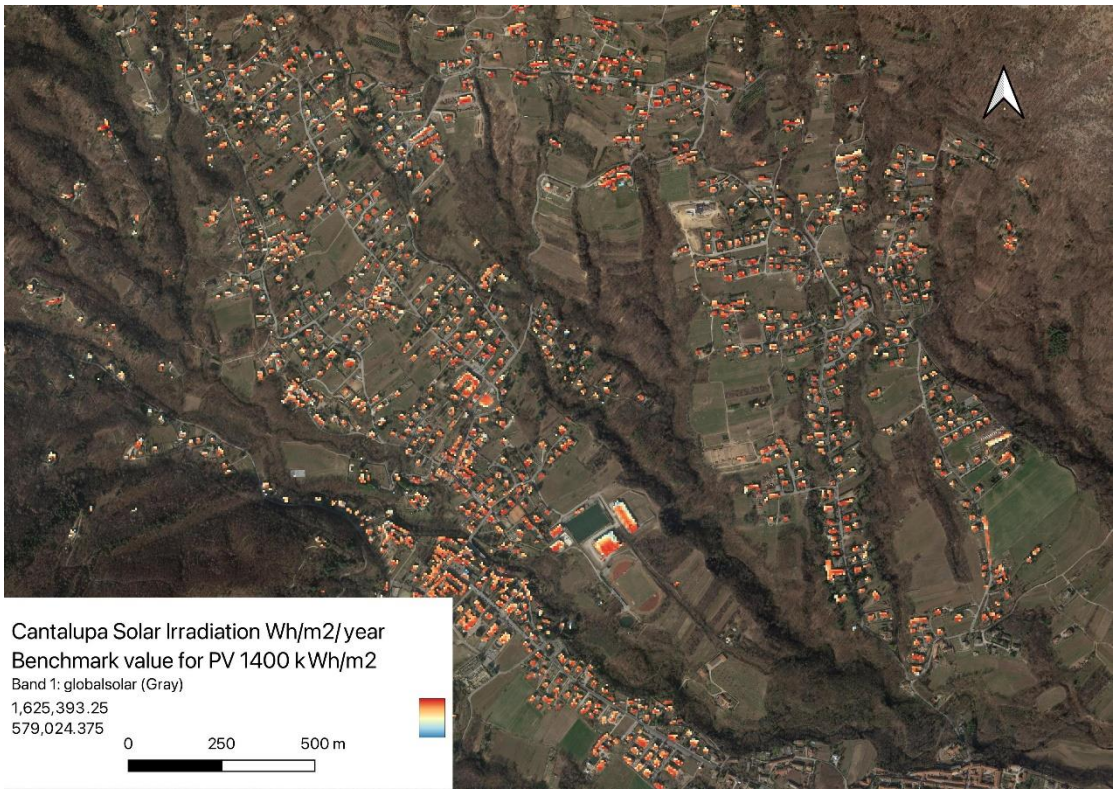

Figura 33 *Irradiazione solare annuale Cantalupa*

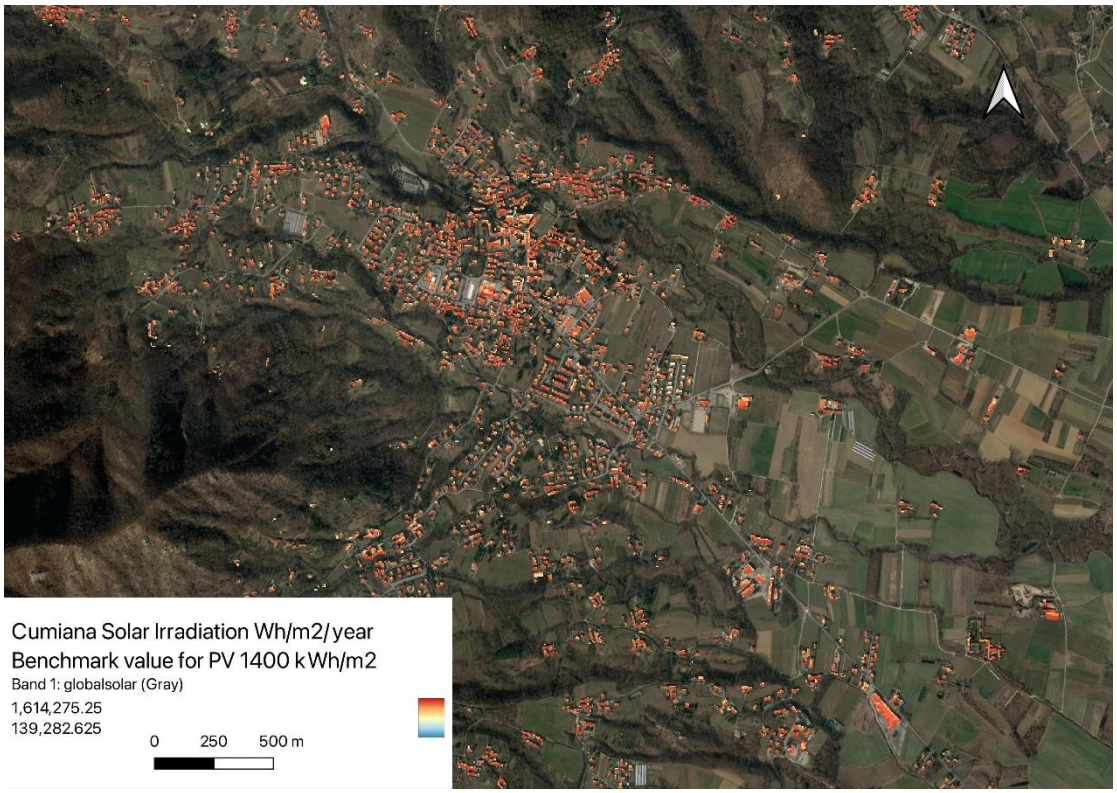

Figura 34 *Irradiazione solare annuale Cumiana*

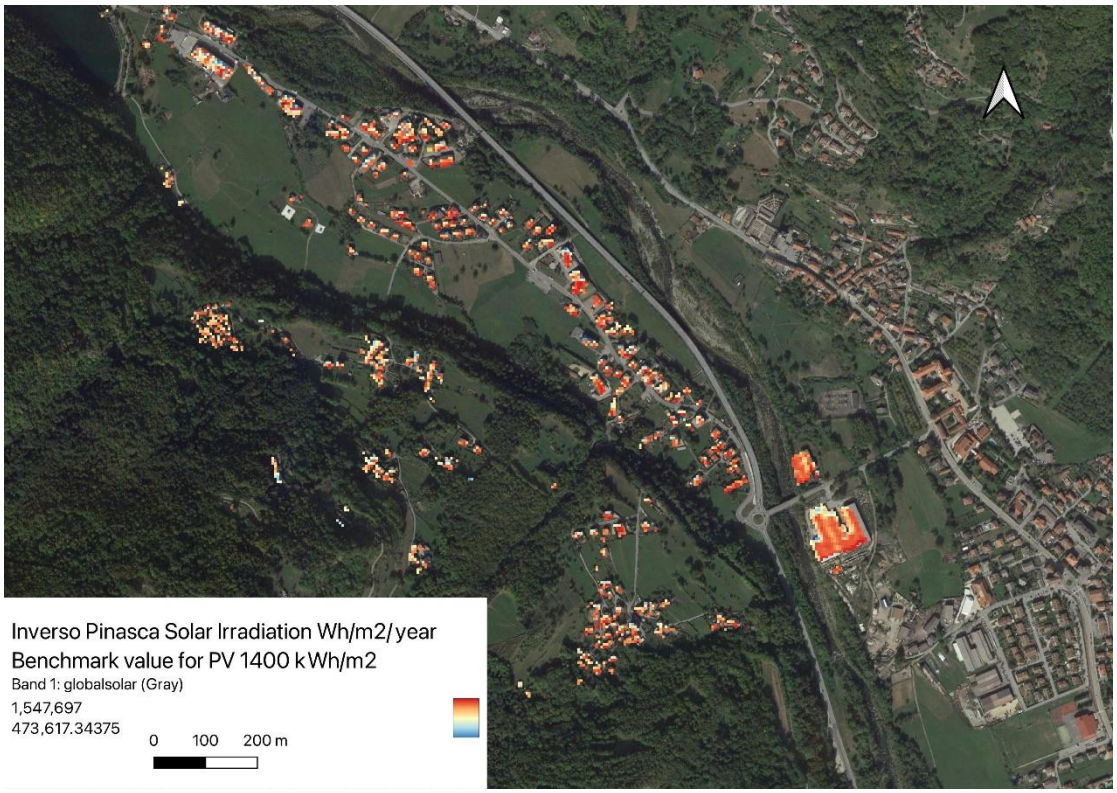

Figura 35 *Irradiazione solare annuale Inverso Pinasca*

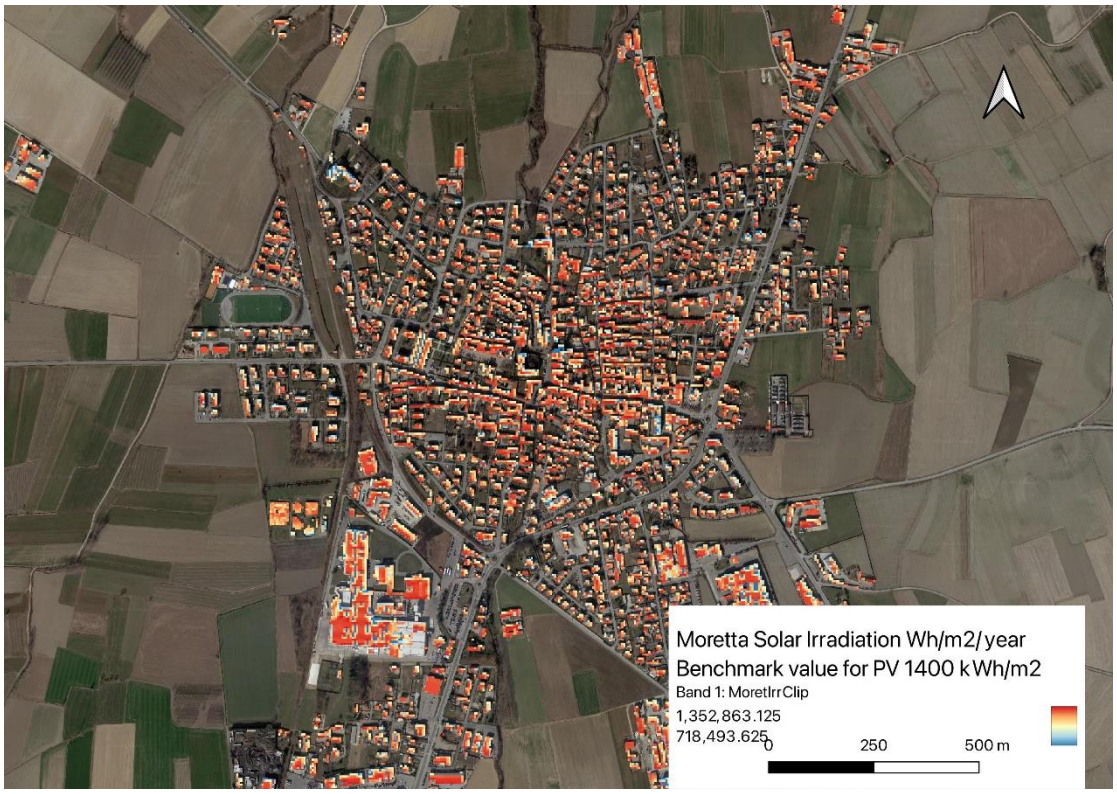

Figura 36 *Irradiazione solare annuale Moretta*

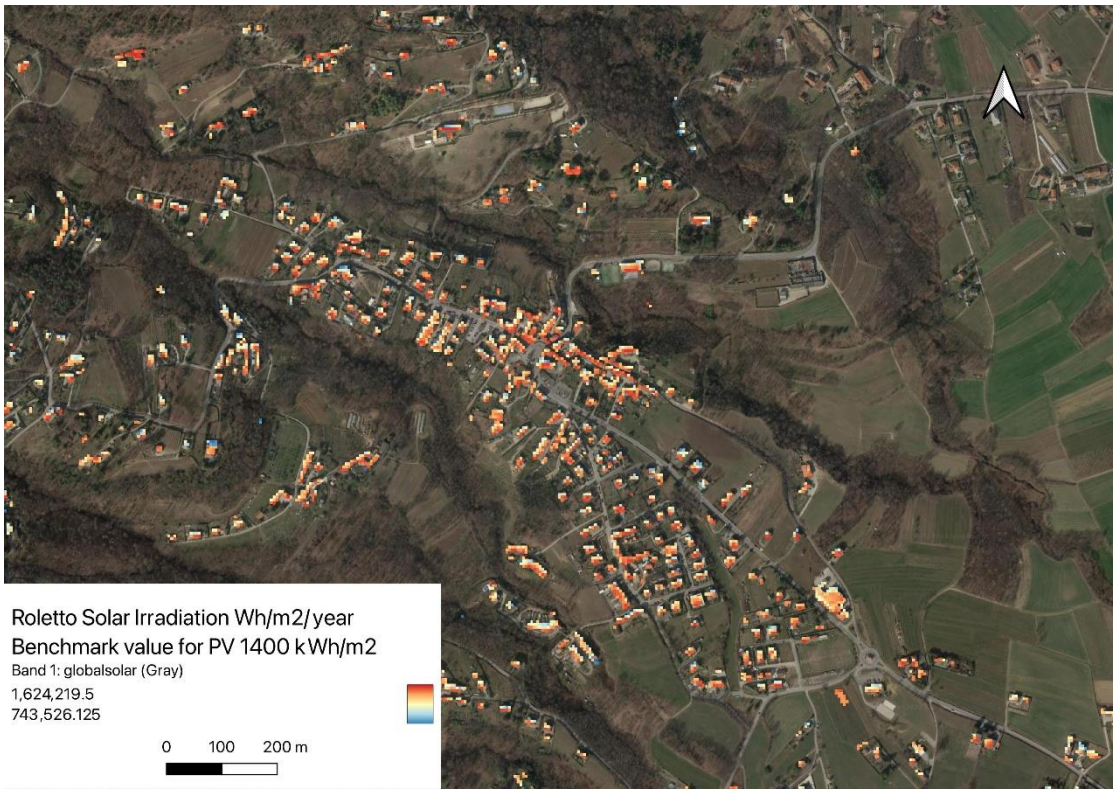

Figura 37 *Irradiazione solare annuale Roletto*

Dopo aver calcolato le aree nei tetti è stato calcolato il potenziale installabile in kW di fotovoltaico installabile. L'area lorda necessaria per installare un certo numero di kilowatt (kW) di impianto fotovoltaico dipende da diversi fattori, tra cui l'efficienza dei moduli fotovoltaici, l'orientamento e l'inclinazione dei pannelli solari, la densità di potenza e le possibili ombre o restrizioni del sito. Per il calcolo è stata stimata un area lorda di 8m^2 per kW installato e un efficienza dei moduli del 20%.

Avendo calcolato il potenziale installabile è stato infine calcolata l'energia elettrica producibile per ciascun edificio dal solo fotovoltaico.

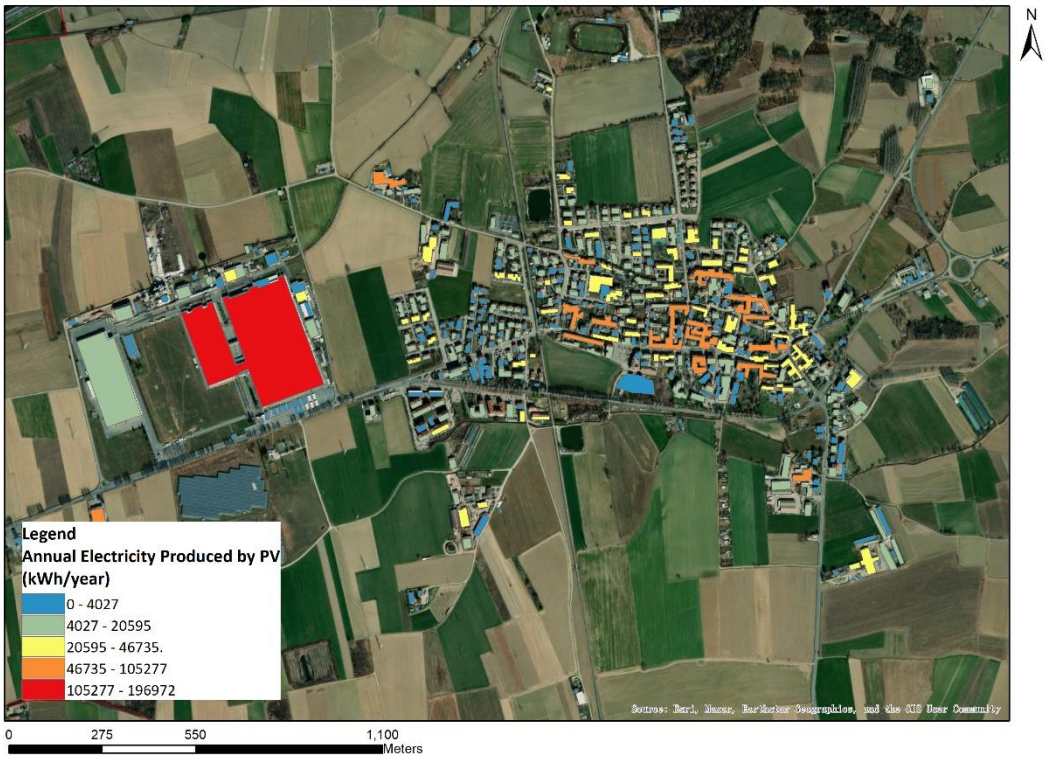

Figura 38 *Energia elettrica producibile annualmente da fotovoltaico Airasca*

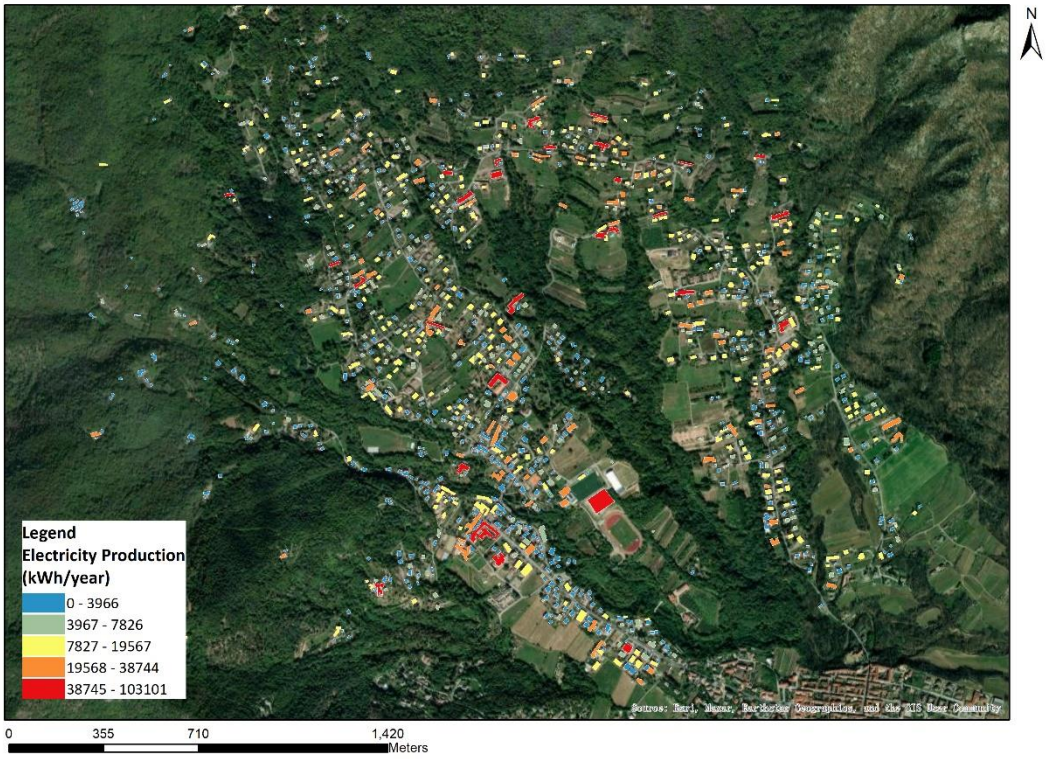

Figura 39 *Energia elettrica producibile annualmente da fotovoltaico Cantalupa*

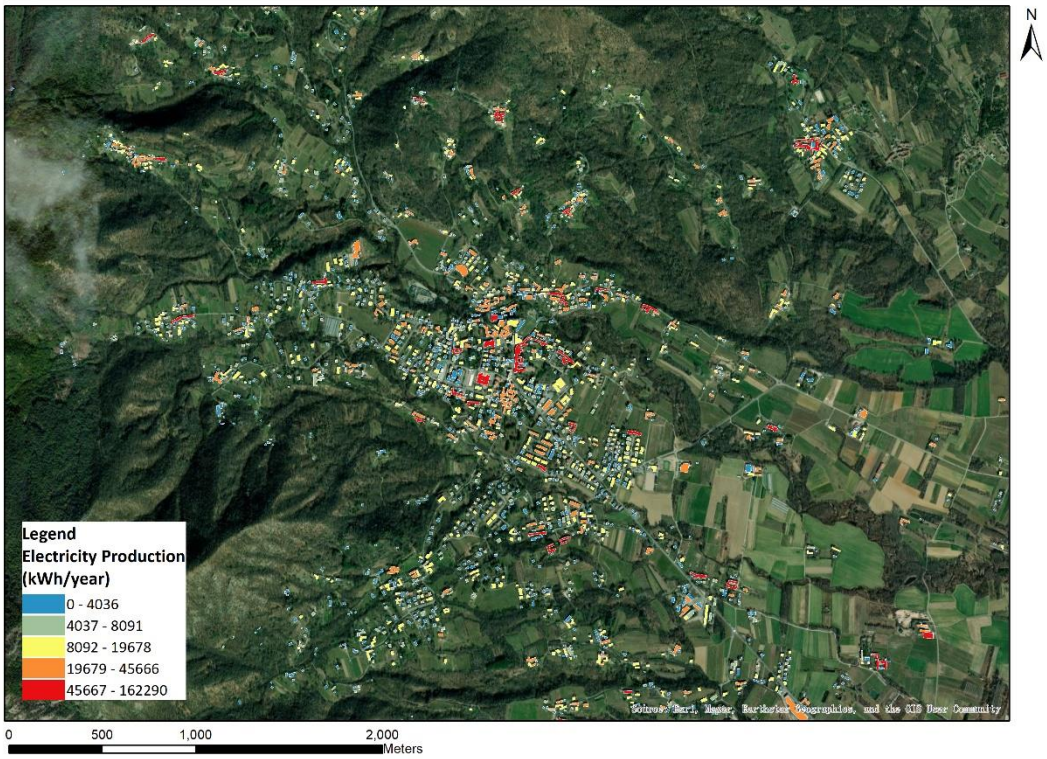

Figura 40 *Energia elettrica producibile annualmente da fotovoltaico Cumiana*

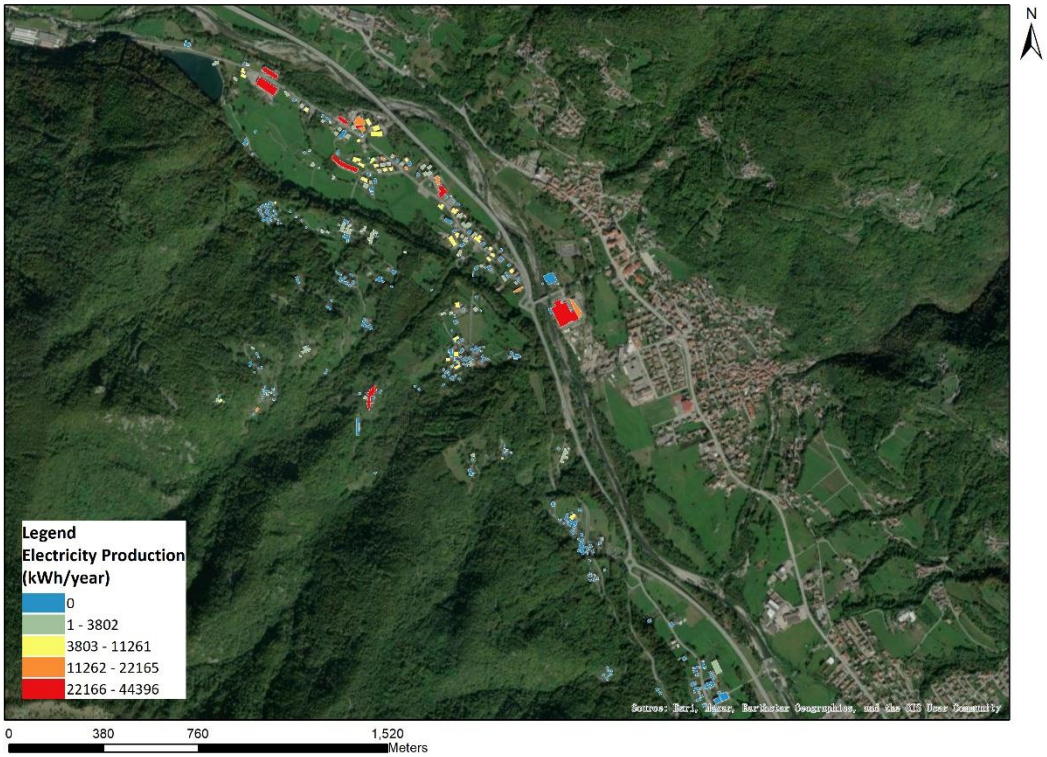

Figura 41 *Energia elettrica producibile annualmente da fotovoltaico Inverso Pinasca*

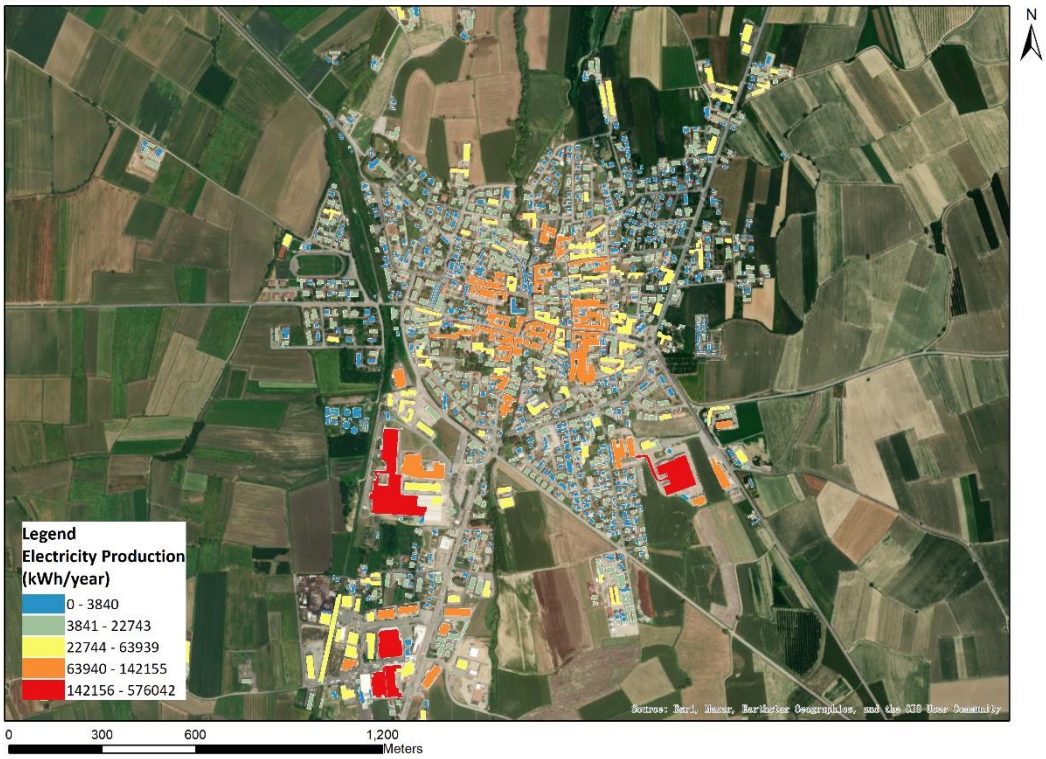

Figura 42 *Energia elettrica producibile annualmente da fotovoltaico Moretta*

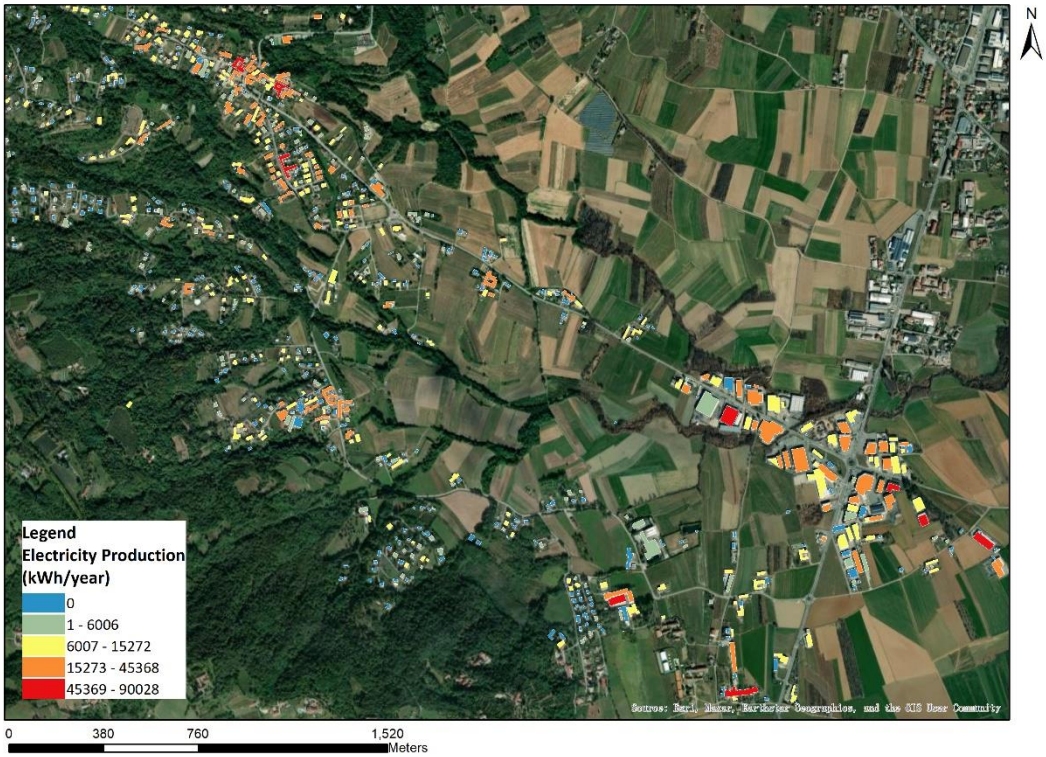

Figura 43 *Energia elettrica producibile annualmente da fotovoltaico Roletto*

Grazie alla collaborazione con Acea Pinerolese ,che gestisce sul territorio una pluralità di servizi, sono stati individuati per ciascun comune gli edifici municipali ed eventuali terreni di proprietà del comune che hanno assicurato la disponibilità all'installazione di fotovoltaico.

COMUNI	CLUSTER	N° Edifici	DESCRIZIONE
Cantalupa	Val Noce Pedemontana	2	Municipio
			Palazzetto dello sport
Roletto	Val Noce Pedemontana	5	Edificio di proprietà ma utenza intestata al gestore
			AIB/sala Consiglio
			Terreno
			Magazzino operai
			Palestra/Scuola
Cumiana	Val Noce Pedemontana	4	Terreno
			Fabbricato
			Fabbricato
			Fabbricato
Inverso Pinasca	Val Chisone	3	Municipio
			Polivalente
			Coworking
Airasca	Pianura Nord	8	Scuola Materna
			Polifunzionale
			Scuola elementare
			Palestra/Scuola
			Scuola media
			Ex centro anziani
			Comune + Archivi
			Impianti sportivi
Moretta	Pianura Sud	8	Scuola materna
			Scuola elementare
			Scuola media
			Casa di riposo
			Impianti sportivi
			Municipio
			Cimitero
			Caserma Carabinieri

Figura 44 *Edifici municipali disponibili all'installazione di fotovoltaico*

Gli edifici municipali sono stati i primi analizzati al fine della creazione della comunità energetica.

Successivamente sono stati aggregrati alla comunità un numero di edifici residenziali ,variabili da comune a comune, che entreranno nella comunità come prosumer.

Partendo dall'energia producibile mensilmente è stato calcolato per gli edifici analizzati il profilo di produzione oraria annuale.

Completata l'analisi di produzione si è successivamente passati all'analisi dei consumi. Per gli edifici municipali grazie al bando NEXT GEN WE si è in possesso dei consumi annuali e mensili per fasce orarie.

I consumi analizzati sono relativi all'anno 2019 poiché rispetto al 2020 e 2021 presentano una maggiore completezza di dati. Inoltre sia il 2020 che il 2021 rappresentano degli anni in cui i consumi sono stati modificati a causa delle restrizioni conseguenza della pandemia vissuta. Il 2019 contiene quindi degli ottimi dati al fine dell'analisi dei consumi.

Le fasce di consumo orario sono così suddivise:

- F1 dal lunedì al venerdì dalle 8:00 alle 19:00 ;
- F2 dal lunedì al venerdì dalle 7:00 alle 8:00 e dalle 19:00 alle 23:00 ed il sabato dalle 7:00 alle 23:00;
- F3 dal lunedì al sabato da 00:00 alle 7:00 e dalle 23:00 alle 24:00 e per tutte le ore della giornata di domenica e festivi.

Partendo dei consumi per fasce orarie si è poi ipotizzata l'ora di apertura e chiusura di tutti gli edifici municipali analizzati e creato per ognuno di essi un profilo di consumo orario annuale. Gli orari di apertura ipotizzati sono i seguenti:

- Municipio dalle 8 alle 18 da lunedì a venerdì;
- Scuola materna dalle 7 alle 17 dal lunedì al venerdì;
- Scuola primaria dalle 7 alle 17 dal lunedì al venerdì;
- Scuola secondaria dalle 7 alle 15 dal lunedì al venerdì;
- Impianti sportivi dalle 15 alle 23 dal lunedì a domenica escluso i festivi;
- Cooworking dalle 8 alle 17 dal lunedì al venerdì;

Si è inoltre tenuto conto per gli edifici scolastici dei calendari scolastici della regione piemonte 2018/2019 e 2019/2020 al fine del calcolo effettivo dei giorni scolastici tenendo conto della settimana corta.

Nel calendario scolastico del 2019 i giorni scolastici sono 189 e 176 i giorni festivi. I giorni lavorativi ammontano invece a 253.

Lo studio dei consumi per gli edifici residenziali parte invece dalla banca-dati Siatel. Estraendo i dati degli edifici domestici residenziali è stato possibile analizzare il numero di utenze e il loro consumo annuale.

Partendo dalla banca-dati sono state escluse le utenze che nell'anno in considerazione non hanno condiviso i dati per tutti i 12 mesi. Filtrate quindi le utenze che possegono tutti i dati mensili sono stati analizzati i consumi medi e mediani degli utenti domestici residenti ed infine è stato deciso il profilo tipo dell'utente per ogni comune. È stato inoltre calcolato il valore medio e mediano del consumo annuale per superficie media delle abitazioni residenti.

Utente	Consumo medio (kWh/year)	Consumo medio per metro quadro (kWh/year/m^2)	Consumo mediano (kWh/year)	Consumo mediano per metro quadro (kWh/year/m^2)	Profilo tipo (kWh/year)
RES	2.306	24,8	2.087	22,5	2.087

Tabella 1 *Consumo medio e mediano e profilo tipo degli utenti domestici residenti – Airasca*

N° Abitazioni residenti	Superficie totale delle abitazioni residenti (m^2)	Superficie media abitazioni residenti (m^2)
1711	180227	105

Tabella 2 *Dati edifici residenziali -Airasca*

Utente	Consumo medio (kWh/year)	Consumo medio per metro quadro (kWh/year/m^2)	Consumo mediano (kWh/year)	Consumo mediano per metro quadro (kWh/year/m^2)	Profilo tipo (kWh/year)
RES	2.317	20,9	2.122	19,1	2.122

Tabella 3 *Consumo medio e mediano e profilo tipo degli utenti domestici residenti – Cantalupa*

N° Abitazioni residenti	Superficie totale delle abitazioni residenti (m^2)	Superficie media abitazioni residenti (m^2)
1049	116413	111

Tabella 4 *Dati edifici residenziali -Cantalupa*

Utente	Consumo medio (kWh/year)	Consumo medio per metro quadro (kWh/year/m^2)	Consumo mediano (kWh/year)	Consumo mediano per metro quadro (kWh/year/m^2)	Profilo tipo (kWh/year)
RES	2.236	21,6	2.024	19,5	2.024

Tabella 5 *Consumo medio e mediano e profilo tipo degli utenti domestici residenti – Cumiana*

N° Abitazioni residenti	Superficie totale delle abitazioni residenti (m^2)	Superficie media abitazioni residenti (m^2)
3380	350313	103

Tabella 6 *Dati edifici residenziali -Cumiana*

Utente	Consumo medio (kWh/year)	Consumo medio per metro quadro (kWh/year/m^2)	Consumo mediano (kWh/year)	Consumo mediano per metro quadro (kWh/year/m^2)	Profilo tipo (kWh/year)
RES	1.769	22,2	1.644	20,6	1.644

Tabella 7 *Consumo medio e mediano e profilo tipo degli utenti domestici residenti – Inverso Pinasca*

N° Abitazioni residenti	Superficie totale delle abitazioni residenti (m^2)	Superficie media abitazioni residenti (m^2)
349	27856	78

Tabella 8 *Dati edifici residenziali -Inverso Pinasca*

Utente	Consumo medio (kWh/year)	Consumo medio per metro quadro (kWh/year/m^2)	Consumo mediano (kWh/year)	Consumo mediano per metro quadro (kWh/year/m^2)	Profilo tipo (kWh/year)
RES	2.201	20,9	1.978	18,8	1.978

Tabella 9 *Consumo medio e mediano e profilo tipo degli utenti domestici residenti – Moretta*

N° Abitazioni residenti	Superficie totale delle abitazioni residenti (m^2)	Superficie media abitazioni residenti (m^2)
1711	180227	105

Tabella 10 *Dati edifici residenziali -Moretta*

Utente	Consumo medio (kWh/year)	Consumo medio per metro quadro (kWh/year/m^2)	Consumo mediano (kWh/year)	Consumo mediano per metro quadro (kWh/year/m^2)	Profilo tipo (kWh/year)
RES	2.197	18,3	1.978	16,4	1.978

Tabella 11 *Consumo medio e mediano e profilo tipo degli utenti domestici residenti – Roletto*

N° Abitazioni residenti	Superficie totale delle abitazioni residenti (m^2)	Superficie media abitazioni residenti (m^2)
825	99178	120

Tabella 12 *Dati edifici residenziali -Roletto*

Dopo aver determinato il profilo di consumo annuale dell'utente residente tipo per ogni comune, si è proceduto al calcolo del profilo orario di consumo per ogni ora della giornata. Per fare ciò, ci si è basati su un profilo di

consumo medio tipo fornito da ACEA Pinerolese, che tiene conto delle diverse stagioni e delle differenze tra i giorni feriali e festivi.

Utilizzando il profilo di consumo medio tipo fornito da ACEA Pinerolese come punto di partenza, è stato adattato il consumo annuale per ciascun comune, in base alle sue caratteristiche specifiche. Ciò ha consentito di stimare il profilo di consumo orario annuale per il comune considerato.

Questo approccio ha permesso di ottenere un quadro dettagliato del consumo energetico domestico per ogni ora della giornata, personalizzato per ciascun comune. Queste informazioni sono fondamentali per una migliore gestione del sistema energetico e una pianificazione più accurata della distribuzione dell'energia elettrica, tenendo conto delle caratteristiche e delle abitudini di consumo specifiche di ogni comunità.

La scelta degli edifici residenziali da includere nella comunità energetica di ogni comune dipende da diversi fattori chiave. Uno di questi è l'irradiazione solare annua sul tetto, che dovrebbe essere di almeno 1400 $\frac{kWh}{m^2 * anno}$ per garantire una produzione energetica ottimale.

È importante considerare l'esposizione del tetto disponibile per l'installazione dei pannelli fotovoltaici. Idealmente, la porzione di tetto dovrebbe essere esposta a sud o est per massimizzare l'assorbimento di energia solare. Tuttavia, in base all'inclinazione dei tetti, potrebbe essere valutata anche un'esposizione ad ovest. L'esposizione ovest può essere vantaggiosa se si desidera massimizzare la produzione di energia nel pomeriggio, mentre un'orientazione est può essere preferibile per sfruttare al massimo l'irradiazione solare del mattino.

Dalle prime analisi condotte è emerso che negli edifici in cui la superficie disponibile non consentiva l'installazione di almeno 2 kW di capacità fotovoltaica, l'autoconsumo individuale risultava limitato e la domanda energetica non coperta era significativa. Questa situazione comporta il rischio

che l'investimento nel sistema fotovoltaico non si ripaghi entro un periodo di 20 anni.

In altre parole, se la superficie disponibile per l'installazione dei pannelli solari è insufficiente per raggiungere una capacità minima di 2 kW, la produzione energetica generata potrebbe non essere sufficiente per soddisfare la domanda di energia dell'edificio, rendendo l'autoconsumo inefficiente. Ciò comporta la necessità di attingere all'energia dalla rete elettrica tradizionale per coprire la differenza, aumentando così i costi e riducendo i vantaggi economici del sistema fotovoltaico.

Nell'effettuare la scelta degli edifici residenziali è di fondamentale importanza valutare attentamente la superficie disponibile e la domanda energetica dell'edificio. Pertanto, è stata determinata una linea guida che prevede che la porzione di superficie disponibile debba consentire l'installazione di circa 3 kW di capacità per utente, al fine di massimizzare i ricavi ottenibili dall'impianto. In termini pratici, ciò corrisponde a una superficie approssimativa di 24 metri quadrati.

Dopo aver calcolato i profili orari di produzione e consumo per gli edifici selezionati, siamo passati al calcolo dell'autoconsumo singolo (SC - Self Consumption) e della Over-Production (OP) per ciascun edificio.

Il concetto di autoconsumo (**SC - Self Consumption**) si riferisce alla quantità di energia che viene prodotta localmente e consumata istantaneamente sul posto. Questa componente riveste un ruolo fondamentale all'interno di una comunità energetica, in quanto da essa derivano significativi risparmi economici. L'autoconsumo consente di ridurre i costi dell'energia elettrica, poiché l'energia prodotta internamente viene utilizzata direttamente, evitando così l'acquisto di energia dalla rete elettrica esterna. Il Self-Consumption è calcolato come:

- $\boldsymbol{SC} = \boldsymbol{TC}$ se $\boldsymbol{TP} > \boldsymbol{TC}$; Eq.(1)
- $\boldsymbol{SC} = \boldsymbol{TP}$ se $\boldsymbol{TP} < \boldsymbol{TC}$. Eq.(2)

Dove :

- $\boldsymbol{TC}$ è il consumo di energia elettrica in una determinata ora del giorno;
- $\boldsymbol{TP}$ è la produzione di energia elettrica in una determinata ora del giorno.

Nel caso in cui la quantità di energia prodotta istantaneamente sia superiore a quella consumata, si verifica una situazione di sovraproduzione. Tale sovraproduzione viene condivisa all'interno della comunità energetica e messa a disposizione degli altri partecipanti. Questa energia in eccesso viene considerata come over-production.

L'over-production può essere utilizzata per l'autoconsumo collettivo all'interno della comunità energetica oppure può essere venduta. Tuttavia, la scelta ottimale è rappresentata dall'autoconsumo collettivo, poiché comporta numerosi vantaggi. Innanzitutto, si ottiene una significativa riduzione degli impatti ambientali poiché si utilizza l'energia prodotta internamente da fonti rinnovabili all'interno della comunità stessa. Inoltre, vi sono notevoli vantaggi economici derivanti dagli incentivi previsti dal decreto legge 199/2021 per la condivisione dell'energia in eccesso.

In sintesi, privilegiare l'autoconsumo collettivo all'interno della comunità energetica non solo riduce l'impatto ambientale, ma offre anche notevoli benefici economici grazie agli incentivi forniti dal decreto legge 199/2021.

L'Over-Production può quindi essere calcolato come:

- $\boldsymbol{OP = TP - SC}.$ Eq.(3)

La somma delle sovraproduzioni di tutti gli edifici prosumer all'interno di una comunità energetica rappresenterà la quantità di energia che potrà essere autoconsumata collettivamente. Prima di calcolare l'autoconsumo collettivo (Collective Self-Consumption - CSC), è necessario determinare la quantità di

energia che non viene coperta dal Self-Consumption, ovvero la domanda non soddisfatta (Uncovered Demand - UD).

L'Uncovered-Demand può essere calcolato come :

- $\boldsymbol{UD = TC - SC}.$ Eq.(4)

Conoscendo sia l'over-production che l'uncovered demand per ogni ora del giorno, è possibile calcolare l'autoconsumo collettivo (Collective Self-Consumption - CSC) di conseguenza. Il CSC rappresenta la quantità di energia che viene autoconsumata all'interno della comunità energetica, tenendo conto della sovraproduzione disponibile e della domanda non soddisfatta.

Il calcolo del CSC viene effettuato selezionando il valore minimo tra l'Uncovered Demand e l'Over-Production per ogni ora del giorno. In questo modo si ottiene la quantità di energia in eccesso disponibile per l'autoconsumo collettivo. Utilizzando il CSC, la comunità energetica può massimizzare l'utilizzo dell'energia prodotta internamente, riducendo la dipendenza dalla rete elettrica esterna e massimizzando i vantaggi economici e ambientali derivanti dall'autoconsumo collettivo.

- $\boldsymbol{CSC = Min(UD; OP)}$ Eq.(5)

L'energia elettrica in eccesso dell'Over-Production che non viene autoconsumata dalla comunità energetica rappresenta la "still Over Production" (sOP). Questa energia eccedente viene venduta alla rete nazionale, ma poiché non può beneficiare degli incentivi previsti per l'autoconsumo o la condivisione interna alla comunità energetica, è preferibile che la quantità di sOP sia limitata.

Limitare la quantità di sOP è vantaggioso per diversi motivi. In primo luogo, riduce la dipendenza dalla vendita di energia alla rete nazionale, consentendo

una maggiore indipendenza energetica della comunità. In secondo luogo, limitando la sOP, si può massimizzare l'autoconsumo collettivo e sfruttare al meglio l'energia prodotta internamente, ottenendo maggiori benefici economici e ambientali.

È quindi importante ottimizzare la pianificazione e l'utilizzo delle risorse energetiche all'interno della comunità energetica per minimizzare la quantità di sOP e massimizzare l'autoconsumo collettivo. In questo modo, si possono raggiungere sia vantaggi economici che ambientali significativi.

- $\boldsymbol{sOP = OP - CSC}$ Eq.(6)

Per gli utenti che si uniscono alla comunità energetica come consumatori, cioè coloro che non dispongono di un impianto di produzione di energia elettrica, uno dei parametri chiave per valutare i flussi energetici è la "still uncovered demand", ovvero la domanda energetica non ancora soddisfatta.

Lo still uncovered demand rappresenta la quantità di energia richiesta dai consumer che non può essere coperta dall'energia disponibile per l'autoconsumo collettivo. Questa energia mancante deve essere quindi fornita dalla rete elettrica nazionale.

Il monitoraggio e la gestione dello still uncovered demand sono fondamentali per garantire che la comunità energetica sia in grado di soddisfare le esigenze energetiche di tutti i consumatori e di ottimizzare l'uso delle risorse disponibili. Ridurre lo still uncovered demand può comportare una maggiore efficienza energetica e un minore ricorso all'energia esterna, contribuendo così a ridurre i costi e gli impatti ambientali associati.

- $\boldsymbol{sUD = CSC - TC}$ Eq.(7)

Dove:

- TC rappresenta il consumo totale dei consumer.

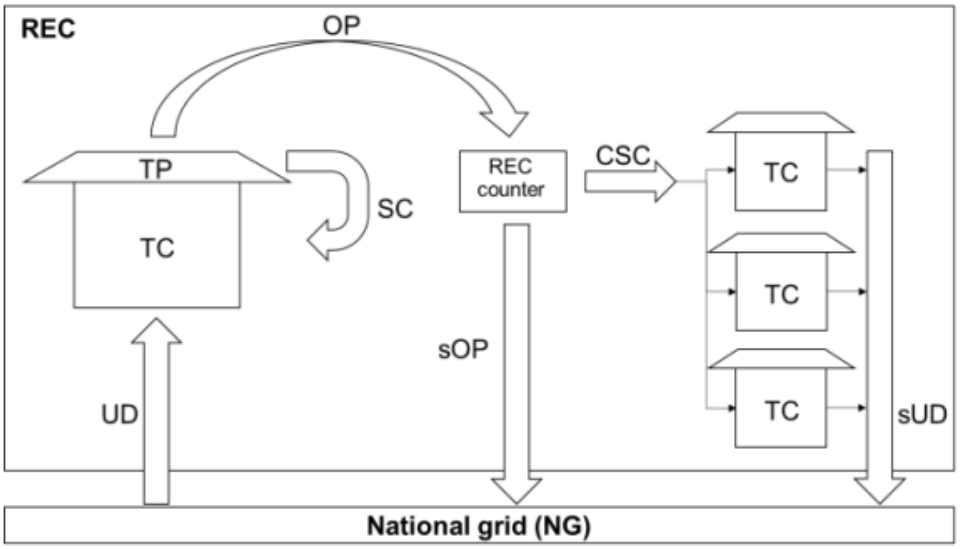

Figura 45 Flussi energetici all'interno di una comunità energetica [39]

Il calcolo dei flussi energetici all'interno di una comunità energetica consente di analizzare l'efficacia della sua implementazione. Tuttavia, per una valutazione completa, è necessario calcolare due indici specifici:

- Self-Sufficiency Index (SSI): Questo indice consente di valutare il grado di autosufficienza della comunità energetica confrontando il peso dell'autoconsumo individuale (SC) e dell'autoconsumo collettivo (CSC) sul consumo energetico totale della comunità. L'indice SSI misura quanto la comunità sia in grado di soddisfare le proprie esigenze energetiche attraverso l'autoconsumo interno anziché dipendere dalla rete elettrica esterna. Un valore elevato dell'indice SSI indica un alto livello di autosufficienza energetica della comunità.

- Self-Consumption Index (SCI): Questo indice permette di valutare il livello di autoconsumo all'interno della comunità energetica,

confrontando il peso dell'autoconsumo individuale (SC) e dell'autoconsumo collettivo (CSC) sulla produzione energetica totale della comunità. L'indice SCI fornisce un'indicazione su quanto l'energia prodotta internamente venga effettivamente utilizzata all'interno della comunità, sia a livello individuale che collettivo. Un valore elevato dell'indice SCI indica un alto grado di utilizzo dell'energia prodotta localmente all'interno della comunità.

Questi due indici, SSI e SCI, consentono di valutare l'efficacia e la sostenibilità dell'autoconsumo individuale e collettivo all'interno della comunità energetica, fornendo una misura dell'autosufficienza energetica e del grado di utilizzo dell'energia prodotta localmente.

- $\boldsymbol{SSI} = \frac{(\boldsymbol{SC}+\boldsymbol{CSC})}{\boldsymbol{TC}}$ Eq.(8)
- $\boldsymbol{SCI} = \frac{(\boldsymbol{SC}+\boldsymbol{CSC})}{\boldsymbol{TP}}$ Eq.(9)

Nell'analisi effettuata, non sono considerati sistemi di accumulo energetico. Questa assenza di sistemi di accumulo comporterà inevitabilmente un valore basso dell'indice di autosufficienza (SSI), poiché durante le ore serali e notturne non sarà presente una produzione di energia. Tuttavia, l'attenzione si concentrerà sul raggiungimento di un alto indice di autoconsumo (SCI), al fine di coinvolgere un maggior numero di utenti all'interno della comunità energetica e condividere l'energia prodotta.

Nonostante la mancanza di sistemi di accumulo, l'obiettivo è massimizzare l'uso dell'energia prodotta internamente durante le ore di produzione. Ciò consentirà di massimizzare il coinvolgimento dei consumatori nella comunità energetica e di condividere il più possibile l'energia generata. Inoltre, vale la pena sottolineare che anche i consumatori all'interno della comunità energetica possono beneficiare di riduzioni in bolletta grazie all'eliminazione degli oneri di distribuzione dell'energia.

Pur considerando le limitazioni dovute all'assenza di sistemi di accumulo, l'obiettivo principale rimane quello di creare una comunità energetica sostenibile e resiliente, ottimizzando l'uso delle risorse energetiche disponibili e massimizzando i benefici per tutti i partecipanti.

Per ogni comune, sono stati elaborati diversi scenari al fine di valutare le dinamiche energetiche all'interno della comunità. Nel primo scenario, sono stati considerati solo gli utenti prosumer, ossia coloro che producono energia all'interno della comunità. Negli scenari successivi, sono stati aggiunti anche i consumer, ovvero gli utenti che consumano energia ma non dispongono di un impianto di produzione.

L'obiettivo di introdurre i consumer negli scenari successivi è quello di aumentare l'energia condivisa e l'indice di autoconsumo (SCI). L'inclusione dei consumer consente di sfruttare al massimo le potenzialità della comunità energetica, promuovendo la condivisione di energia tra i partecipanti.

3.3 Analisi economica

L'analisi economica consente di valutare in modo accurato la sostenibilità dei costi degli investimenti per la comunità, fornendo anche una visione chiara del periodo di recupero dell'investimento.

Attraverso l'analisi economica, siamo in grado di valutare attentamente l'impatto finanziario che gli investimenti avranno sulla comunità. Questo processo coinvolge la valutazione dei costi associati all'investimento, inclusi quelli iniziali e quelli ricorrenti, nonché l'identificazione delle fonti di finanziamento disponibili.

Inoltre, l'analisi economica ci consente di determinare il tempo di pareggio dell'investimento. Questo rappresenta il periodo di tempo necessario affinché i benefici generati dall'investimento superino i costi iniziali. Attraverso questa valutazione, possiamo comprendere meglio la redditività dell'investimento e la sua potenziale influenza sull'economia della comunità.

I costi dell'investimento iniziale dipendono dal costo degli impianti di produzione e dalla relativa installazione. I costi utilizzati al variare della potenza installata sono i seguenti [39] :

- 2.000€ per kW installato per impianti fino a 6kW ;
- 1.600€ per kW installato per impianti da 6 a 20kW ;
- 1.000€ per kW installato per impianti maggiori di 20kW;

Oltre a questo costo vi è il costo per la costituzione della comunità energetica rinnovabile che ammonta a circa 5.000€.

I costi di investimento sono soggetti a incentivi statali derivanti:

- Per gli investimenti municipali dall'art. 30 del D.L 34/2019;

- Per gli investimenti domestici dalla legge di bilancio del 2023 D.L. 197/2022.

Nel D.L. 34/2019 all'articolo 30 *"Contributi ai comuni per interventi di efficientamento energetico e sviluppo territoriale sostenibile"* vengono introdotti degli incentivi per i comuni in base al numero di abitanti. Per comuni con numero di abitanti :

- Inferiore a 2000 e da 2000 a 5000 un incentivo pari a 50.000€;
- Da 5.000 a 10.000 un incentivo pari a 70.000€;
- Da 10.000 a 20.000 un incentivo pari a 90.000€;
- Da 20.000 a 50.000 un incentivo pari a 130.000€;
- Da 50.000 a 100.000 un incentivo pari a 170.000€;
- Da 100.000 a 250.000 un incentivo pari a 210.000€;
- Maggiore di 250.000 un incentivo pari a 250.000€.

Nella legge di bilancio del 2023 entrata in vigore il 16 Gennaio 2023 continua la proposta del "*Bonus ristrutturazioni"* che permette di usufruire di una detrazione fiscale pari al 50% delle spese sostenute per l'installazione e il progetto per un tetto massimo che arriva a 96.000€ per unità condominiale. Con la legge di bilancio del 2023 viene però eliminata la possibilità di cessione del credito e quindi lo sconto in fattura immediato. La detrazione verrà divisa in 10 rate e sarà erogata presentanto la dichiarazione dei redditi.

Il costo globale sarà quindi:

- $C_G = C_I + \sum_{i=1}^{\tau}[C_{E,i} * R_d(i)]$ Eq.(10)

Dove:

- C_I è il costo di investimento iniziale;
- $C_{E,i}$ è il costo annuale dell'energia;
- R_d è il fattore di attualizzazione;

Il costo annuale dell'energia è calcolato come la differenza tra spese e ricavi annuali.

- $Spese\ annuali = (UD + CSC) * E_{NG}$ Eq.(11)
- $Ricavi\ annuali = OP * R_{NG} + CSC * REC_{inc} + SC * E_{NG}$ Eq.(12)

Dove:

- E_{NG} è il costo dell'energia (0,2385 c€/kWh) [42];
- R_{NG} è il ricavo per l'energia immessa in rete (0,13 c€/kWh prezzo medio annuale) [43];
- REC_{inc} è il ricavo per l'energia condivisa nella comunità energetica (0,12 c€/kWh).

Dopo aver calcolato il Pay Back Period (che rappresenta il periodo in anni entro la quale l'investinto viene recuperato) è stato inoltre analizzato per ogni comune:

- Il costo globale ai 20 anni dall'investimento in funzione di Self-Sufficiency Index -SSI;
- Il costo globale ai 20 anni dall'investimento 20 anno per in funzione riduzione delle emissioni dei gas serra;
- Il tasso interno di rendimento (TIR) su 20 anni.

3.4 Risultati

Di seguito si presentano i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica ed economica condotta per ciascun comune preso in esame. Ogni comune è costituito da una combinazione di edifici municipali e residenziali che agiscono come produttori di energia (prosumer) e un mix di edifici residenziali e industriali che agiscono come consumatori di energia. L'obiettivo è quello di identificare la soluzione ottimale al fine di massimizzare l'autoconsumo collettivo, promuovere l'auto-sufficienza energetica e ridurre le emissioni di gas serra.

3.4.1 Airasca

Partendo dagli otto edifici municipali, tra cui tre scuole, una palestra, un edificio polifunzionale, un impianto sportivo, il municipio e un ex centro anziani sono stati successivamente individuati i migliori edifici residenziali, un totale di 25, in cui risiedono 70 famiglie, ideali per l'installazione di pannelli fotovoltaici. Sulla base di queste selezioni, è stata concepita l'idea di creare una Comunità Energetica Locale (CER) che all'inizio è composta esclusivamente da prosumer, cioè edifici che producono e consumano energia (**Scenario 1**).

La potenza installabile ammonta a 461kW di cui:

- 108 kW su edifici municipali;
- 353 kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 593.400€ di cui :

- 112.000€ per gli edifici municipali;
- 481.400€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 3.439€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	28	16,4	7,6	2,5	37%	62%
2	24	26,1	9,0	1,8	45%	41%
3	23	47,8	10,2	0,6	48%	23%
4	20	63,1	10,6	0,5	56%	18%
5	20	76,4	11,8	0,4	61%	16%
6	17	77,6	9,7	0,1	60%	13%
7	16	78,3	9,0	0,1	56%	12%
8	16	69,5	8,2	0,1	52%	12%
9	19	53,2	9,0	0,2	49%	17%
10	23	32,9	9,3	1,4	47%	32%
11	25	18,2	8,1	2,3	41%	57%
12	25	12,9	7,0	1,8	36%	69%
Annuale	**255**	**572**	**110**	**12**	**48%**	**21%**

Tabella 13 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 1 Airasca*

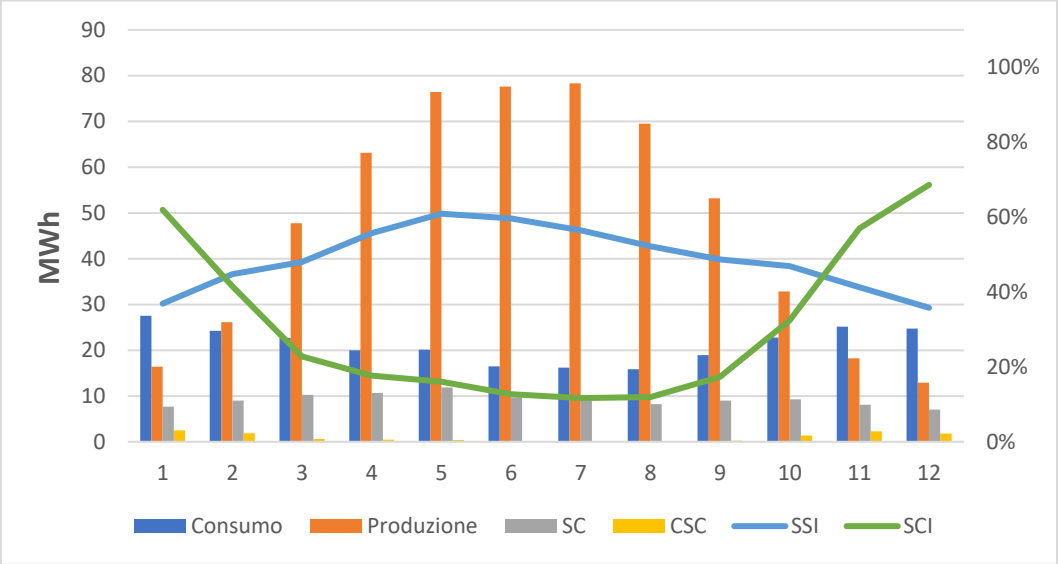

Figura 46 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno-Scenario 1 Airasca*

È evidente che i prosumer raggiungono un elevato livello di autosufficienza (SSI), che ammonta al 48% su base annua e raggiunge il 61% nel mese di maggio. Ciò significa che i prosumer dipendono meno dalla rete nazionale (52%) e riescono a ridurre i costi associati all'acquisto di energia dalla rete. L'indice di autoconsumo (SCI) dipende molto dalla stagionalità, come si può notare in precedenza, con i mesi invernali che registrano un indice più alto, con

un picco del 69% a dicembre, a causa della minore produzione di energia in quel periodo.

L'over-production è pari a 462 MWh di questi:

- 12 MWh verranno condivisi e consumati dai prosumer;
- 450 MWh rappresenteranno lo still over-production;

Con l'obbiettivo di condividere lo still over-production vengono creati altri scenari al fine di massimizzare l'energia condivisa.

Nello scenario 2 viene introdotto un consumer di tipo industriale al fine di massimizzare il consumo di energia nelle fasce di produzione. Il consumer industriale aggiunto ha un consumo annuo di 451MWh.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	67	16,4	7,6	6,3	21%	85%
2	60	26,1	9,0	12,2	35%	81%
3	60	47,8	10,2	24,1	57%	72%
4	56	63,1	10,6	28,4	70%	62%
5	59	76,4	11,8	30,6	71%	56%
6	52	77,6	9,7	31,4	79%	53%
7	57	78,3	9,0	35,9	79%	57%
8	53	69,5	8,2	31,3	74%	57%
9	56	53,2	9,0	20,8	53%	56%
10	64	32,9	9,3	17,3	42%	81%
11	61	18,2	8,1	6,2	24%	78%
12	60	12,9	7,0	4,0	18%	85%
Annuale	**706**	**572**	**110**	**248**	**51%**	**63%**

Tabella 14 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 2 Airasca*

Come è possibile notare sia l'indice di autoconsumo che quello di autosufficienza aumentano rispetto al caso precedente a causa dell'aumento del collective self-consumption nonostante vi sia un aumento consistente dei consumi.

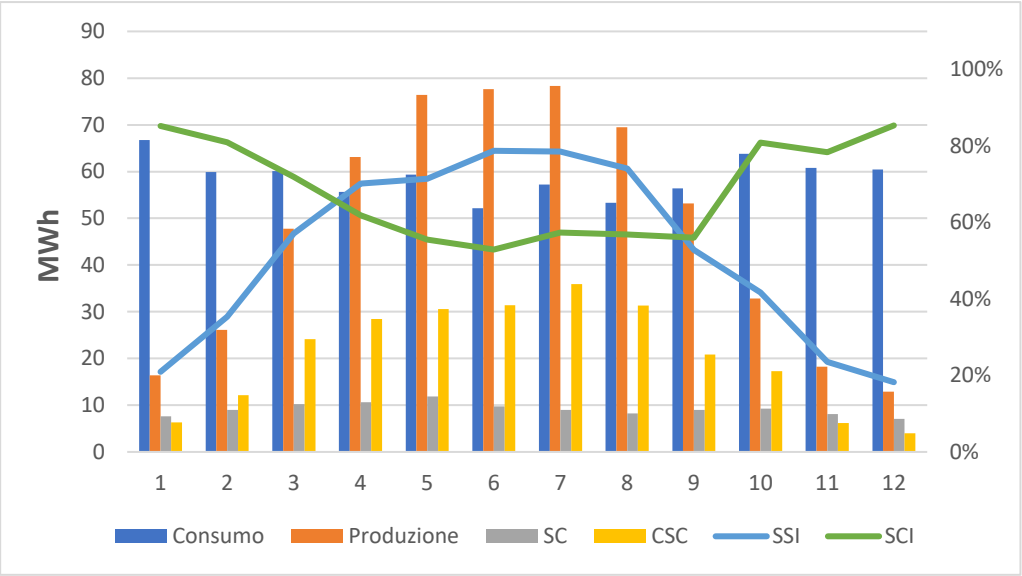

Figura 47 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno-Scenario 2 Airasca*

Il self-consumption index non viene però saturato nonostante vi sia un uguaglianza tra lo still over-production e il consumo del consumer industriale e ciò perché il consumer industriale presenta consumi azzerati per le giornate di sabato, domenica e festivi. Lo still over-production in questo caso ammonta a 214 MWh.

Nello scenario 3 vengono aggiunti 600 consumer residenziali.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	187	16,4	7,6	8,8	9%	100%
2	168	26,1	9,0	17,1	16%	100%
3	163	47,8	10,2	37,5	29%	100%
4	156	63,1	10,6	50,1	39%	96%
5	162	76,4	11,8	60,4	45%	95%
6	147	77,6	9,7	59,3	47%	89%
7	155	78,3	9,0	62,7	46%	92%
8	152	69,5	8,2	55,1	42%	91%
9	156	53,2	9,0	41,1	32%	94%
10	166	32,9	9,3	23,6	20%	100%
11	166	18,2	8,1	10,1	11%	100%
12	181	12,9	7,0	5,9	7%	100%
Annuale	**1958**	**572**	**110**	**432**	**28%**	**95%**

Tabella 15 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 3 Airasca*

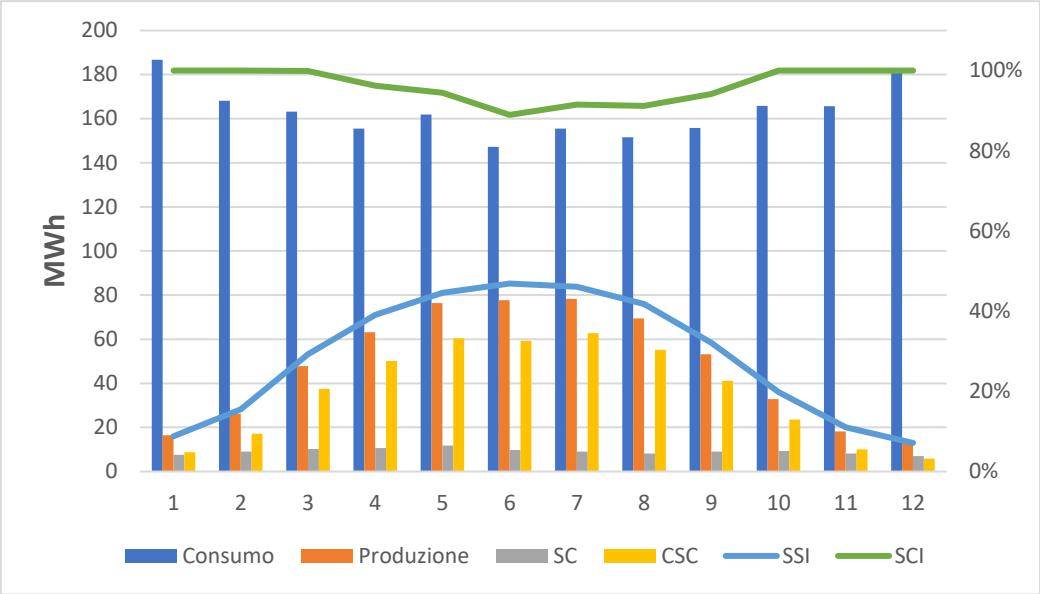

Figura 48 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 3 Airasca*

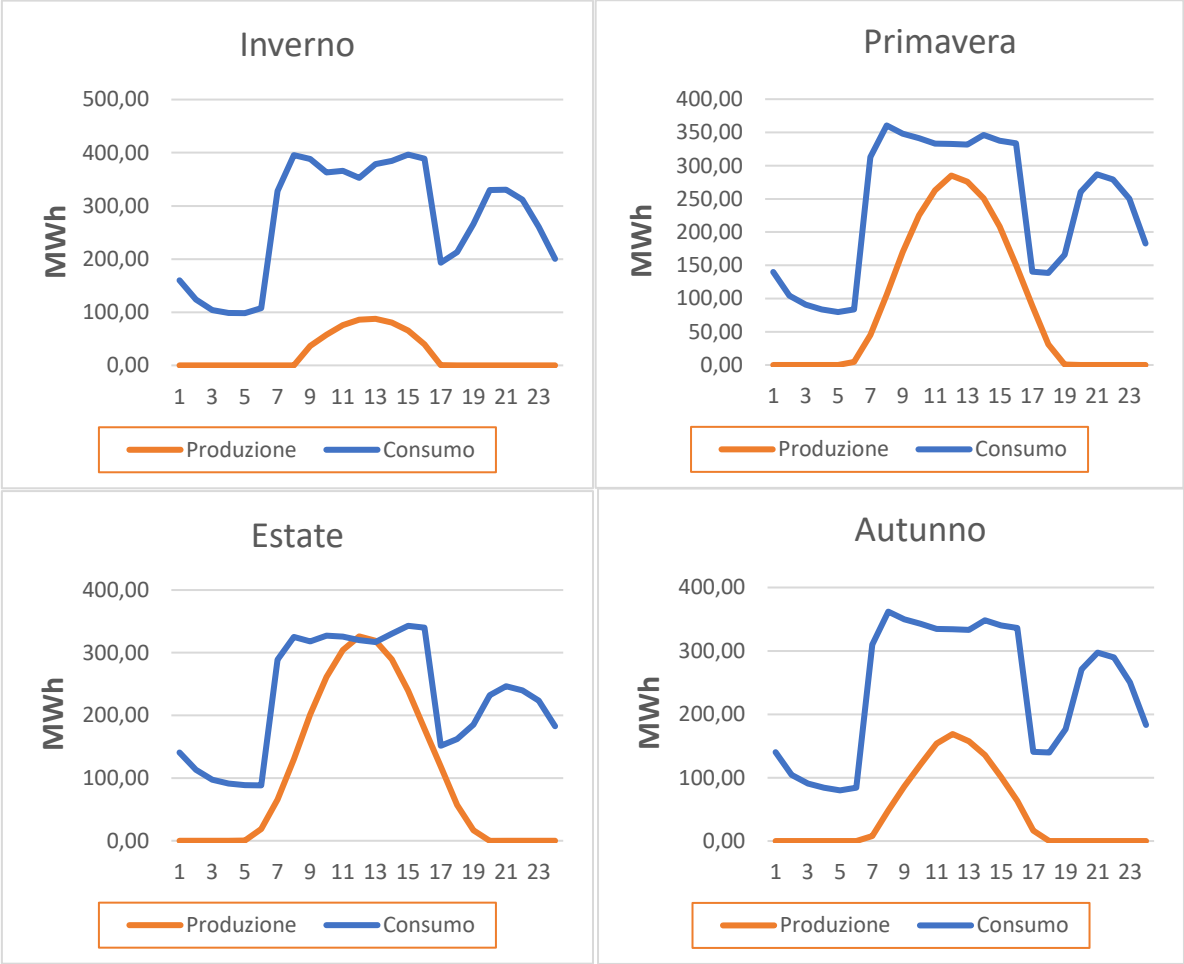

Figura 49 *Profili di consumo e di produzione oraria in giorni lavorativi per stagione.*

In questo scenario viene raggiunto l'indice di autoconsumo massimo (95%). L'indice di autosufficienza ha un leggero calo dovuto all'aumento dei consumi annuali totali. Lo still over-production si riduce fino a 30MWh.

Infine, è stato formulato uno scenario 4 considerando che solo il 50% dei 26 edifici selezionati fosse effettivamente interessato a partecipare alla comunità energetica. Questo significa che solo la metà di questi edifici sarebbe coinvolta attivamente nel sistema di scambio energetico all'interno della comunità. È importante considerare questa variabile per valutare l'effettiva partecipazione e coinvolgimento degli edifici nella CER e adattare di conseguenza la pianificazione e l'implementazione delle strategie energetiche.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	120	10,2	5,4	4,8	8%	100%
2	108	16,1	6,5	9,6	15%	100%
3	106	29,1	7,6	21,0	27%	98%
4	100	38,1	7,8	27,7	36%	93%
5	105	45,8	8,6	33,3	40%	92%
6	94	46,4	6,7	33,4	43%	87%
7	101	46,9	6,0	36,1	42%	90%
8	97	41,8	5,3	31,7	38%	88%
9	100	32,3	6,4	24,7	31%	96%
10	109	20,2	6,9	13,3	19%	100%
11	107	11,3	5,8	5,5	11%	100%
12	114	8,0	4,8	3,2	7%	100%
Annuale	**1261**	**346**	**78**	**244**	**26%**	**93%**

Tabella 16 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 4 Airasca*

La potenza installabile per lo scenario 4 ammonta a 272kW di cui:

- 108 su edifici municipali;
- 164 su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 340.200€ di cui :

- 112.000€ per gli edifici municipali;
- 228.200€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 3.803€);

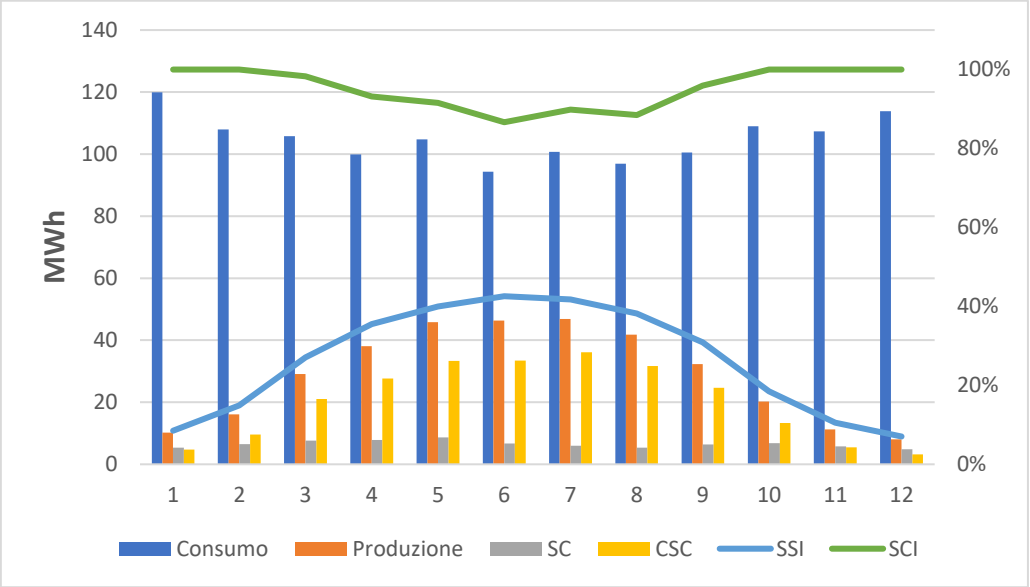

Figura 50 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 4 Airasca*

Nello scenario 4 sono stati consierati la metà dei prosumer residenziali, la metà dei consumer residenziali rispetto al caso 4 (300) e il consumer industriale del caso 4.

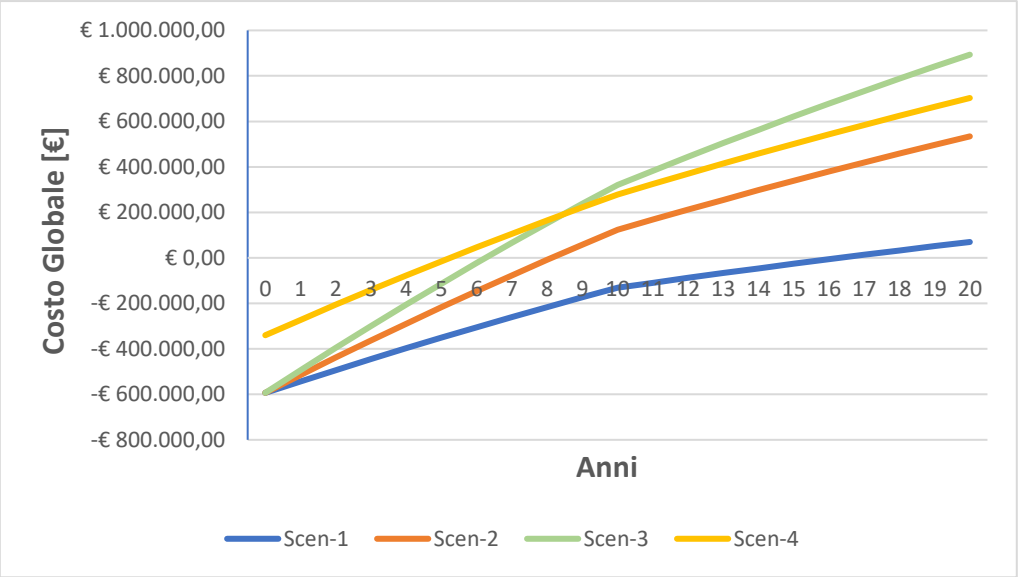

Figura 51 *Payback period per gli scenari sopra considerati*

Tra i diversi scenari considerati, lo scenario 4 si dimostra il più vantaggioso in termini di ritorno sull'investimento, poiché raggiunge il punto di pareggio entro il quinto anno. Lo scenario 3 richiede invece un periodo di 6 anni per raggiungere il pareggio, mentre lo scenario 2 richiede 8 anni. Il primo scenario, invece, si rivela il meno favorevole dal punto di vista del ritorno di capitale.

Analizzando il tasso interno di rendimento a 20 anni è possibile notare che:

- Lo scenario 4 presenta un TIR annualizzato del 14%;
- Lo scenario 3 presenta un TIR annualizzato del 10%;
- Lo scenario 2 presenta un TIR annualizzato del 3%;
- Lo scenario 1 presenta un TIR annualizzato del 1%;

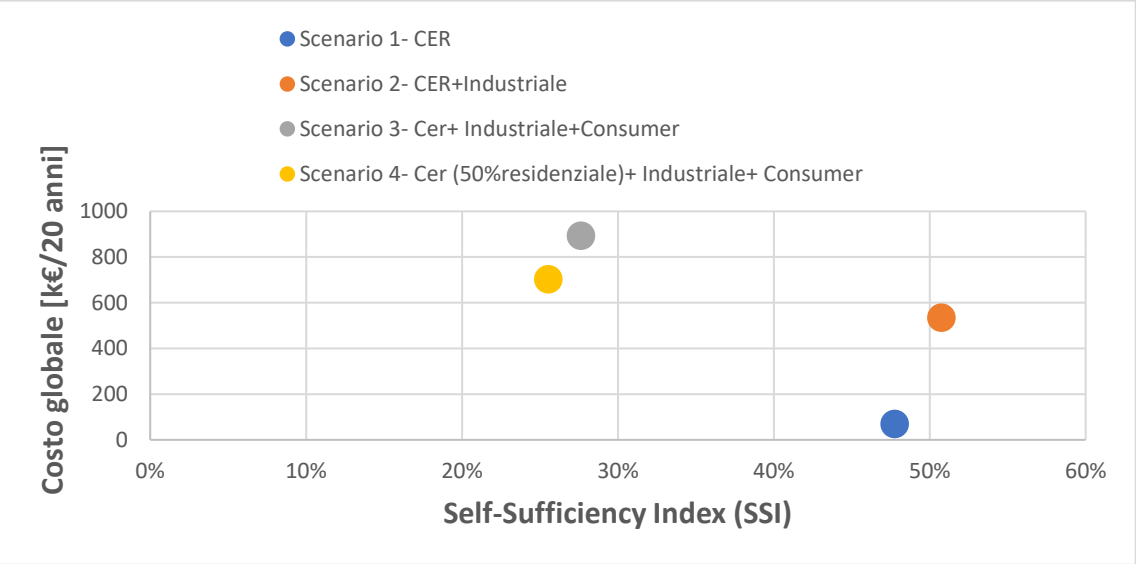

Figura 52 *Costo globale ai 20 anni in funzione dell'indice di autosufficienza SSI*

Lo scenario 3 e il 4 presentano un autosufficienza minore ,intorno al 28% , rispetto allo scenario 1 e 2 (50% circa). Il costo globale però è notevolmente a favore degli scenari 3 e 4.

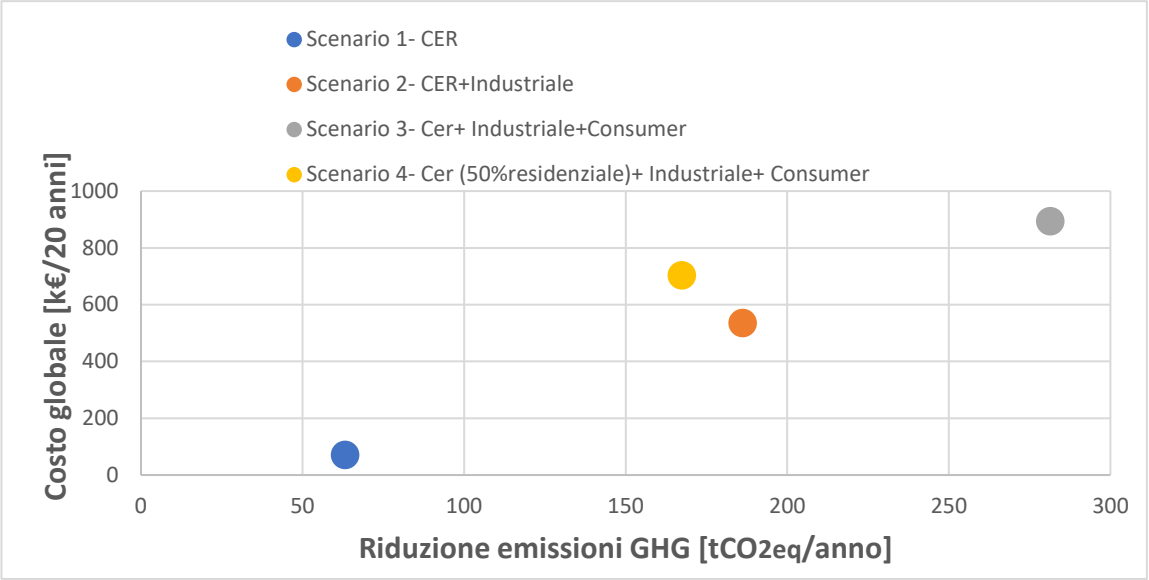

Figura 53 *Costo globale ai 20 anni in funzione della riduzione di emissioni di gas serra*

Lo scenario 3 rappresenta il miglior compromesso a livello ambientale poiché aiuterebbe a ridurre le emissioni annue di ben 282 tCO2eq/anno.

3.4.2 Cantalupa

Partendo dai due edifici municipali (municipio e palazzetto dello sport) sono stati successivamente individuati i migliori edifici residenziali, un totale di 36, in cui risiedono 73 famiglie, ideali per l'installazione di pannelli fotovoltaici. Sulla base di queste selezioni, è stata concepita l'idea di creare una Comunità Energetica Locale (CER) che all'inizio è composta esclusivamente da prosumer, cioè edifici che producono e consumano energia (**Scenario 1**).

La potenza installabile ammonta a 493kW di cui:

- 46 kW su edifici municipali;
- 447 kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 635.800€ di cui :

- 1.500€ per gli edifici municipali;
- 634.300€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 4.345€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	30	16,6	6,5	2,9	32%	57%
2	27	26,4	8,0	2,5	38%	39%
3	27	49,7	9,7	1,9	43%	24%
4	24	66,6	10,2	1,8	50%	18%
5	24	81,1	12,1	1,5	56%	17%
6	22	82,5	11,5	1,2	58%	15%
7	21	83,2	11,0	0,9	57%	14%
8	20	73,4	9,7	0,4	51%	14%
9	21	55,7	9,1	0,4	46%	17%
10	23	33,5	7,8	1,1	40%	27%
11	23	18,4	6,8	1,4	36%	45%
12	25	13,0	6,2	1,6	31%	60%
Annuale	**286**	**600**	**109**	**18**	**44%**	**21%**

Tabella 17 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 1 Cantalupa*

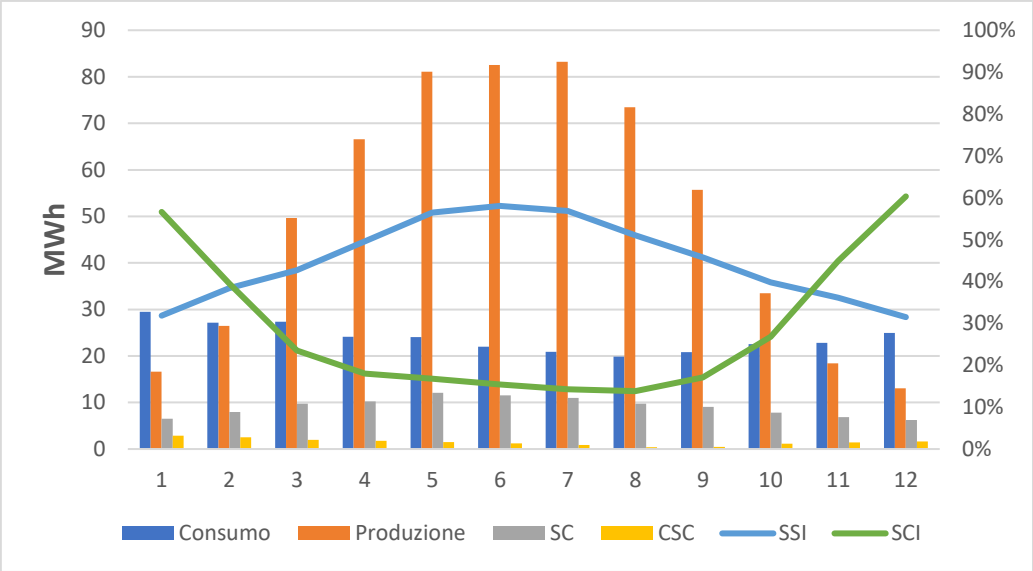

Figura 54 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno-Scenario 1 Cantalupa*

Il livello di autosufficienza (SSI) annuale è del 48% su base annua e raggiunge il 58% nel mese di giugno. L'indice di autoconsumo (SCI) annuale è del 21%.

L'over-production è pari a 491 MWh di questi:

- 18 MWh verranno condivisi e consumati dai prosumer;
- 473 MWh rappresenteranno lo still over-production;

Con l'obbiettivo di condividere lo still over-production vengono creati altri scenari al fine di massimizzare l'energia condivisa. Nello scenario 2 vengono introdotti gli edifici municipali e industriali che fungeranno da consumer.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	39	16,6	6,5	6,4	33%	78%
2	35	26,4	8,0	7,0	42%	56%
3	35	49,7	9,7	6,9	48%	33%
4	31	66,6	10,2	6,9	56%	26%
5	31	81,1	12,1	6,6	60%	23%
6	28	82,5	11,5	6,5	63%	22%
7	28	83,2	11,0	6,8	64%	21%
8	26	73,4	9,7	5,6	58%	21%
9	28	55,7	9,1	6,0	54%	27%
10	32	33,5	7,8	7,4	48%	46%
11	33	18,4	6,8	5,5	38%	67%
12	34	13,0	6,2	4,6	32%	83%
Annuale	**380**	**600**	**109**	**76**	**49%**	**31%**

Tabella 18 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 2 Cantalupa*

Nello scenario 2 è possibile notare un aumento del 5% del self-sufficiency index e un aumento del 10% del self-consumption index rispetto allo scenario 1. L'indice SSI raggiunge il massimo del 60% a maggio.

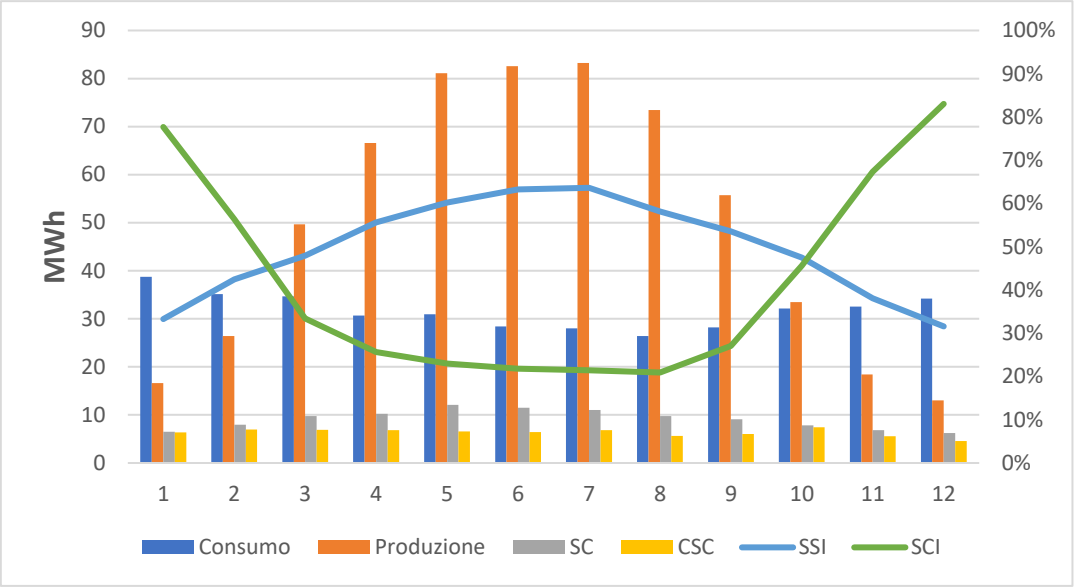

Figura 55 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno-Scenario 2 Cantalupa*

Per aumentare l'indice di autoconsumo nello scenario 3 sono stati aggiunti 700 consumer residenziali. Nello scenario 3 la percentuale di partecipanti residenziali alla comunità energetica ammonta al 74% del totale dei residenti.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	181	16,6	6,5	10,1	9%	100%
2	163	26,4	8,0	18,5	16%	100%
3	157	49,7	9,7	38,3	30%	97%
4	150	66,6	10,2	47,8	39%	87%
5	153	81,1	12,1	53,3	43%	81%
6	140	82,5	11,5	50,4	44%	75%
7	143	83,2	11,0	51,6	44%	75%
8	142	73,4	9,7	48,5	41%	79%
9	147	55,7	9,1	42,4	35%	92%
10	154	33,5	7,8	25,6	22%	100%
11	157	18,4	6,8	11,6	12%	100%
12	177	13,0	6,2	6,8	7%	100%
Annuale	**1864**	**600**	**109**	**405**	**28%**	**86%**

Tabella 19 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 3 Cantalupa*

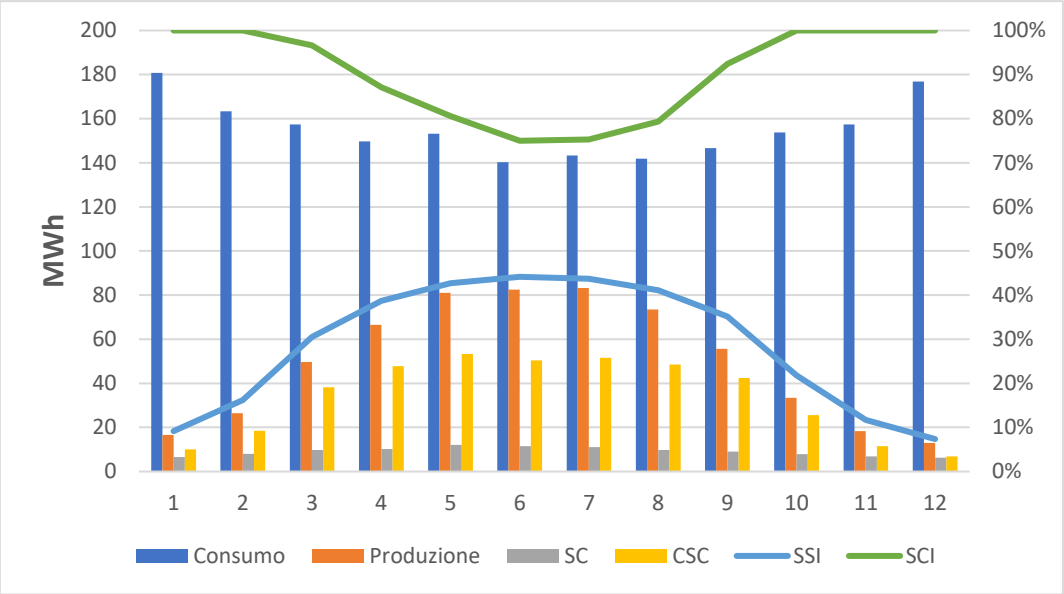

Figura 56 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 3 Cantalupa*

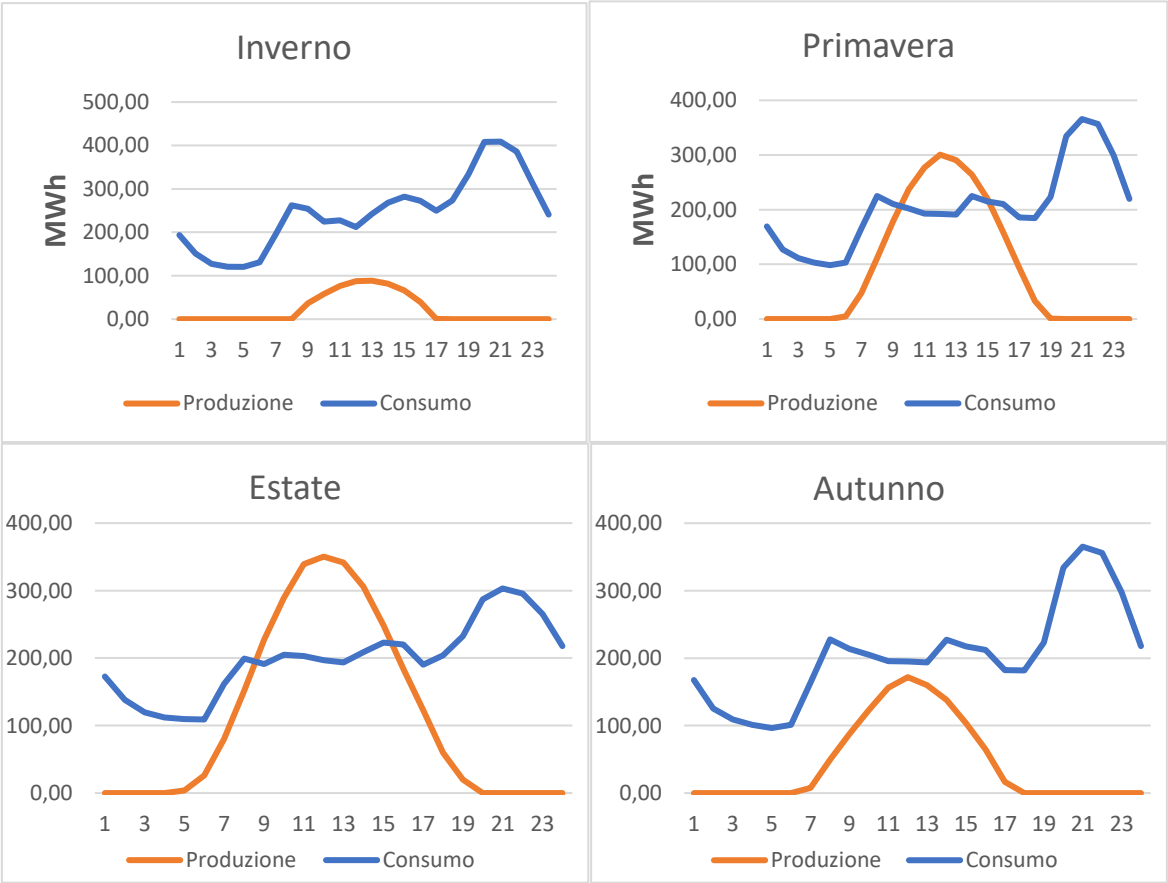

Figura 57 *Profili di consumo e di produzione oraria in giorni lavorativi per stagione.*

In questo scenario viene raggiunto l'indice di autoconsumo massimo (86%). Lo still over-production si riduce a 86MWh.

Viene successivamente proposto uno scenario 4 in cui si considera la partecipazione del 50% dei prosumer residenziali precedentemente scelti.

La potenza installabile per lo scenario 4 ammonta a 305kW di cui:

- 46 kW su edifici municipali;
- 259 kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 350.800€ di cui :

- 1.500€ per gli edifici municipali;
- 349.300€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 4.700€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	113	10,3	4,1	6,2	9%	100%
2	102	16,4	5,3	11,1	16%	100%
3	98	30,7	6,9	23,2	31%	98%
4	93	41,1	7,2	29,1	39%	88%
5	94	50,1	8,6	32,5	43%	82%
6	87	51,0	8,3	30,6	45%	76%
7	88	51,4	7,8	31,6	45%	77%
8	86	45,4	6,7	29,5	42%	80%
9	90	34,4	6,2	26,0	36%	94%
10	95	20,7	5,2	15,5	22%	100%
11	97	11,4	4,3	7,1	12%	100%
12	108	8,1	3,8	4,3	7%	100%
Annuale	**1152**	**371**	**74**	**247**	**28%**	**87%**

Tabella 20 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 4 Cantalupa*

Lo scenario 4 presenta valori uguali rispetto allo scenario 3 del Self-sufficiency Index e un Self-consumption maggiore dell'1%.

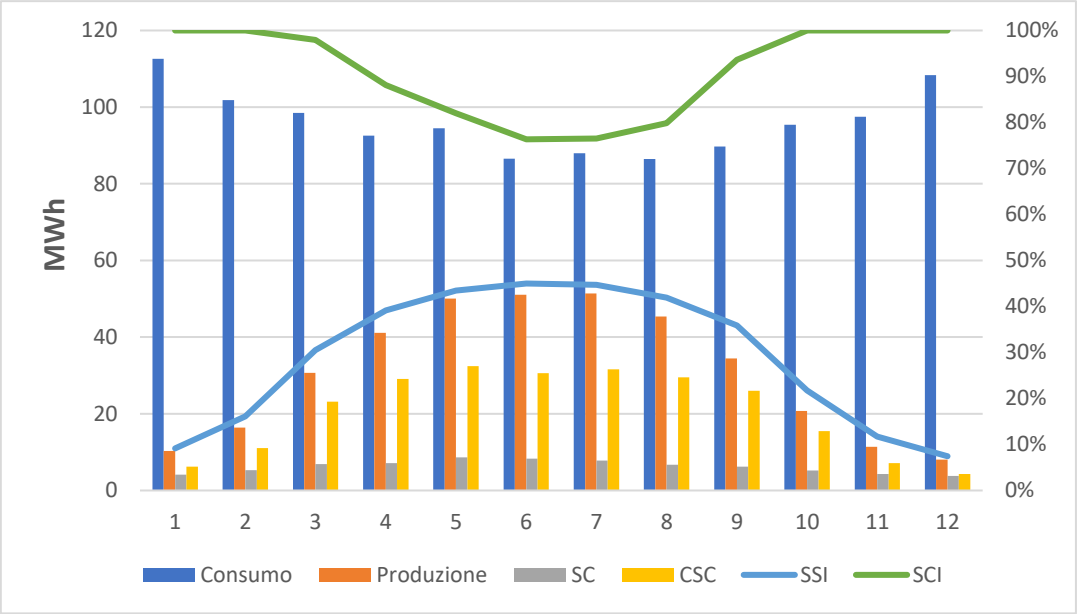

Figura 58 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 4 Cantalupa*

Nell'ultimo scenario sono stati considerati gli edifici municipali e industriali considerati nello scenario 3 e un numero di conusmer residenziali pari a 350. Lo still over-production annuale è di 50MWh.

Figura 59 *Payback period per gli scenari sopra considerati*

Come è possibile notare gli scenari 3 e 4 hanno un periodo di ritorno degli investimenti pressochè uguale poiché entrambi rientrano all'inizio del quinto anno. Gli scenari 1 e 2 hanno un payback period rispettivamente di 8 e 7 anni.

Analizzando il tasso interno di rendimento in 20 anni è possibile notare che:

- Lo scenario 4 presenta un TIR annualizzato del 14%;
- Lo scenario 3 presenta un TIR annualizzato del 14%;
- Lo scenario 2 presenta un TIR annualizzato del 3%;
- Lo scenario 1 presenta un TIR annualizzato del 0,4%.

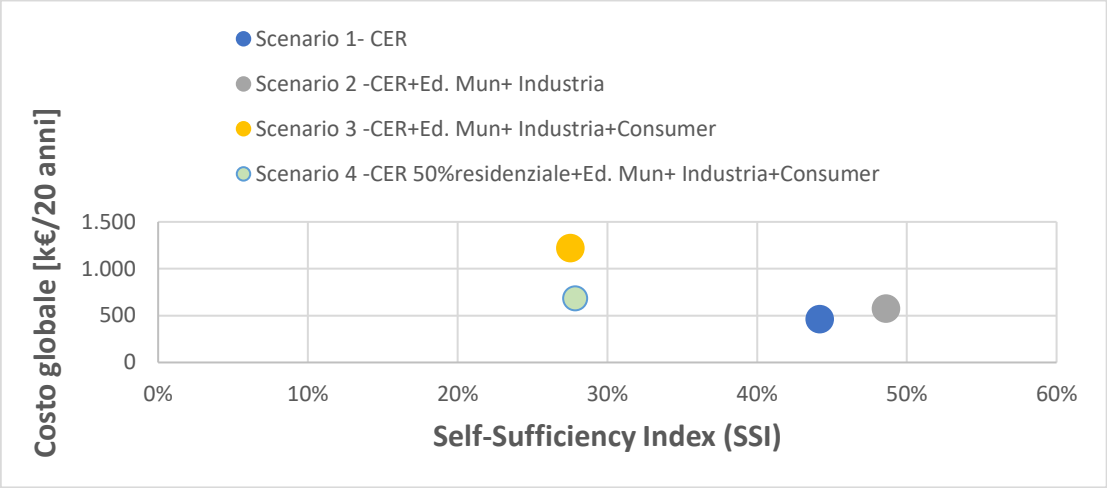

Figura 60 *Costo globale ai 20 anni in funzione dell'indice di autosufficienza SSI*

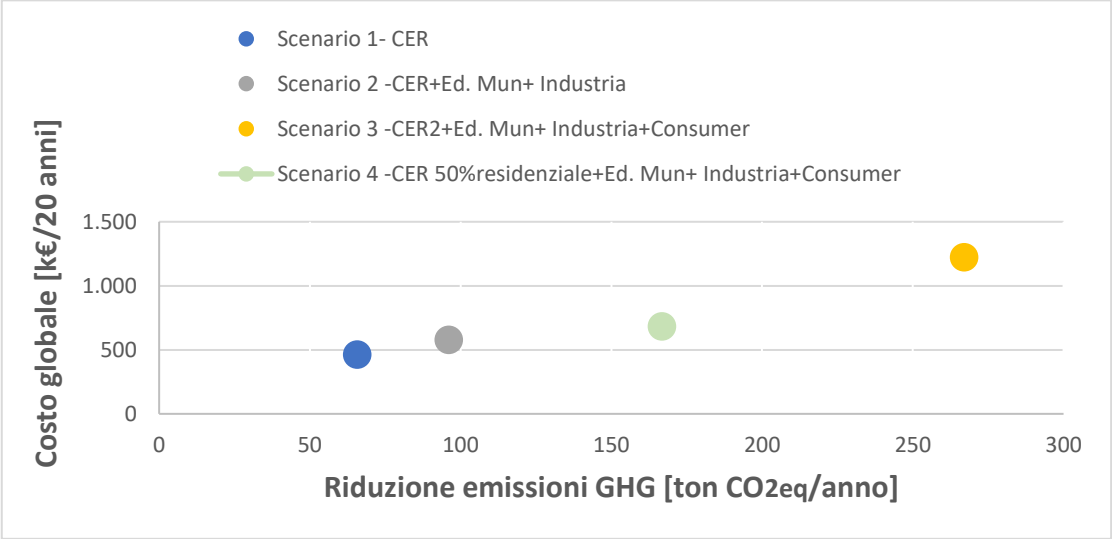

Figura 61 *Costo globale ai 20 anni in funzione della riduzione di emissioni di gas serra*

3.4.3 Cumiana

Partendo dai 3 edifici municipali (2 fabbricati e un ex scuola) e un terreno disponibile da 150.000mq sono stati successivamente individuati i migliori edifici residenziali, un totale di 31, in cui risiedono 87 famiglie, ideali per l'installazione di pannelli fotovoltaici. Sulla base di queste selezioni, è stata concepita l'idea di creare una Comunità Energetica Locale (CER) che all'inizio è composta esclusivamente da prosumer, cioè edifici che producono e consumano energia (Scenario 1). La potenza installabile ammonta a 712kW di cui:

- 149 kW su edifici municipali;
- 563 kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 1.200.000€ di cui :

- 199.600€ per gli edifici municipali;
- 1.000.400€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 5.749€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	17	30,4	5,5	0,0	34%	18%
2	15	42,8	6,1	0,1	41%	14%
3	14	73,7	6,5	0,2	48%	9%
4	14	93,5	6,8	0,1	51%	7%
5	14	111,4	7,8	0,1	57%	7%
6	13	113,7	7,5	0,1	57%	7%
7	14	115,9	7,5	0,1	56%	7%
8	14	103,6	7,1	0,1	53%	7%
9	14	80,2	6,4	0,1	48%	8%
10	14	52,1	5,9	0,2	44%	12%
11	14	31,3	5,7	0,0	40%	18%
12	17	25,0	5,6	0,1	34%	23%
Annuale	**172**	**874**	**78**	**1**	**46%**	**9%**

Tabella 21 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 1 Cumiana*

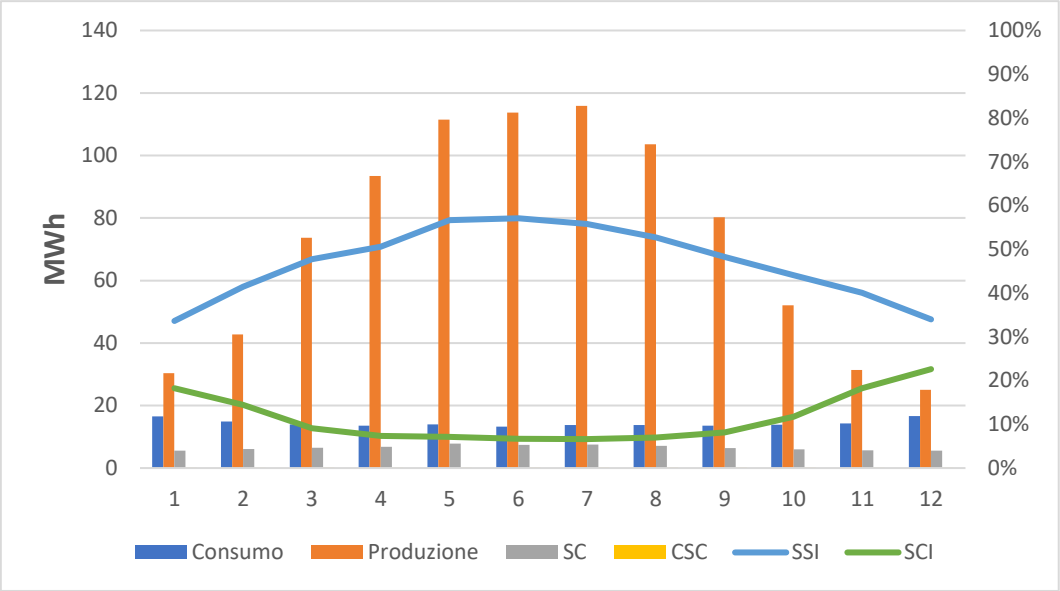

Figura 62 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno-Scenario 1 Cumiana*

L'indice di autosufficienza raggiunto nello scenario 1 dai prosumer è pari al 46% annuo con un massimo del 57% raggiunto a maggio e giugno. L'indice di autoconsumo è molto basso e a causa di ciò si ha uno still over-production pari a 795 MWh. Vengono allora aggiunti i restanti edifici municipali (consumo annuo 162MWh) e gli edifici industriali (consumo annuo 549MWh) per creare lo scenario 2.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	84	30,4	5,5	19,1	29%	81%
2	75	42,8	6,1	27,5	45%	79%
3	75	73,7	6,5	41,7	64%	65%
4	71	93,5	6,8	45,2	73%	56%
5	75	111,4	7,8	46,7	73%	49%
6	67	113,7	7,5	46,3	81%	47%
7	73	115,9	7,5	51,1	80%	51%
8	68	103,6	7,1	45,1	77%	50%
9	70	80,2	6,4	42,8	71%	61%
10	78	52,1	5,9	35,4	53%	79%
11	73	31,3	5,7	17,9	32%	75%
12	75	25,0	5,6	14,1	26%	79%
Annuale	**883**	**874**	**78**	**433**	**58%**	**59%**

Tabella 22 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 2 Cumiana*

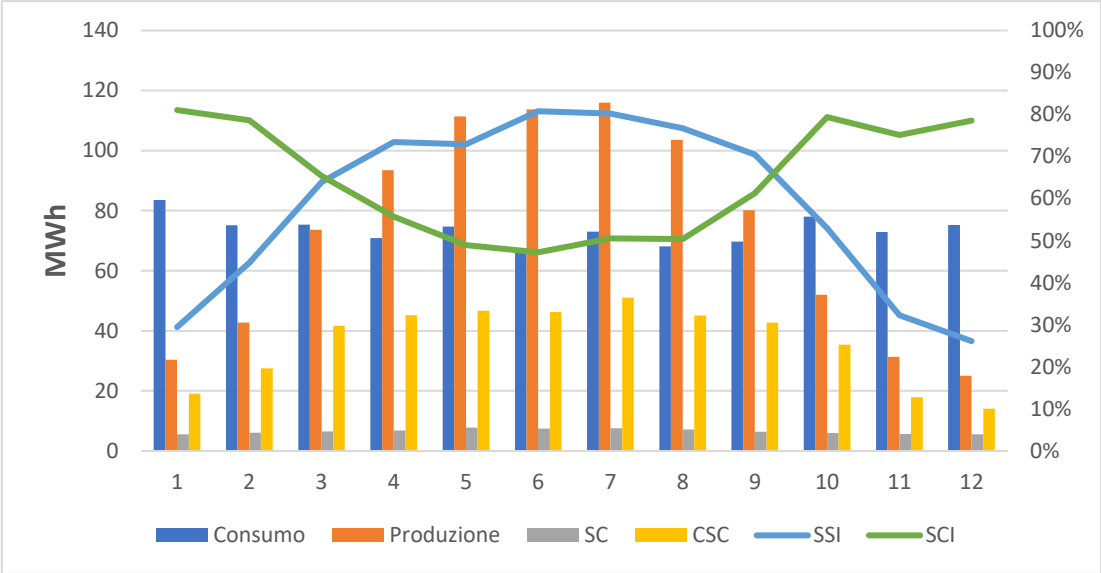

Figura 63 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno-Scenario 2 Cumiana*

Nello scenario 2 si ha un aumento di entrambi gli indici dovuto ad un aumento di ben 432MWh del collective self-consumption. L'indice di autoconsumo raggiunge il picco dell'81% a gennaio. Ciò sta a significare che l'energia ancora disponibile alla condivisione a gennaio è il 19% del totale prodotto nel mese considerato. Lo still over-production in questo caso ammonta a 363 MWh. Viene creato successivamente uno scenario 3 per diminuire lo still over-production disponibile e aumentare l'energia autoconsumata collettivamente.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	239	30,4	5,5	24,8	13%	100%
2	215	42,8	6,1	36,7	20%	100%
3	207	73,7	6,5	65,5	35%	98%
4	199	93,5	6,8	80,2	44%	93%
5	206	111,4	7,8	92,4	49%	90%
6	191	113,7	7,5	87,9	50%	84%
7	203	115,9	7,5	92,6	49%	86%
8	197	103,6	7,1	83,2	46%	87%
9	197	80,2	6,4	70,4	39%	96%
10	209	52,1	5,9	46,1	25%	100%
11	207	31,3	5,7	25,6	15%	100%
12	232	25,0	5,6	19,5	11%	100%
Annuale	**2503**	**874**	**78**	**725**	**32%**	**92%**

Tabella 23 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 3 Cumiana*

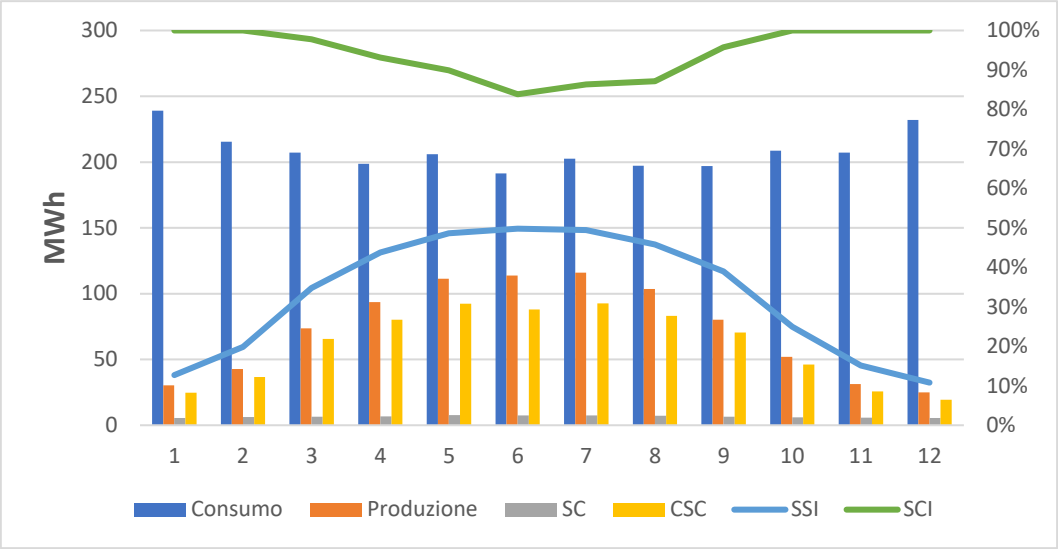

Figura 64 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 3 Cumiana*

Nello scenario 3 si raggiunge il massimo dell'indice di autoconusumo grazie all'aggiunta di ben 800 consumer residenziali. In questo scenario si ha la partecipazione sia attiva che passiva del 26% degli utenti domestici residenti. Naturalmente si ha un calo dell'indice di autosufficienza dovuto all'aumento dei consumi. Lo still-over production diminiusce fino a 71MWh.

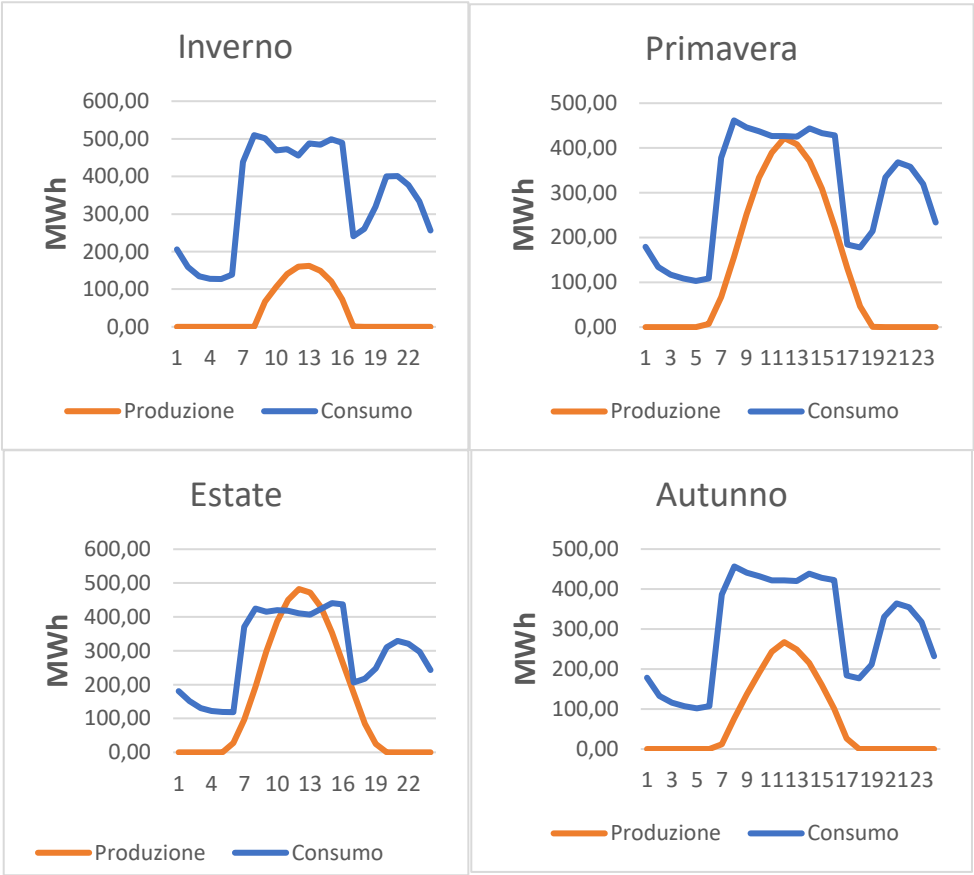

Figura 65 *Profili di consumo e di produzione oraria in giorni lavorativi per stagione.*

Viene infine creato uno scenario 4 in cui si ipotizza che degli edifici residenti scelti per la produzione di energia il solo 50% sia interessato.

La potenza installabile per lo scenario 4 ammonta a 385kW di cui:

- 149 kW su edifici municipali;
- 236 kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 587.200€ di cui :

- 149.600€ per gli edifici municipali;
- 437.600€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 4.400€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	155	19,1	3,3	15,8	12%	100%
2	139	24,8	3,6	21,2	18%	100%
3	136	41,0	3,8	36,0	29%	97%
4	129	50,5	4,0	42,9	36%	93%
5	135	59,5	4,5	50,2	41%	92%
6	124	61,0	4,3	48,5	43%	87%
7	132	62,7	4,4	51,8	43%	90%
8	127	56,3	4,1	45,4	39%	88%
9	128	43,9	3,7	38,0	33%	95%
10	138	29,5	3,4	26,0	21%	100%
11	134	18,8	3,3	15,4	14%	100%
12	147	16,2	3,2	12,9	11%	100%
Annuale	**1622**	**483**	**46**	**404**	**28%**	**93%**

Tabella 24 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 4 Cumiana*

In quest'ultimo scenario sono stati considerati oltre alla metà dei prosumer residenziali gli edifici municipali e industriali considerati nello scenario 3 come consumer e 400 consumer residenziali. Il collective self-consumption rappresenta l'84% della produzione da parte della comunità energetica. Lo still over-production è pari a 33MWh.

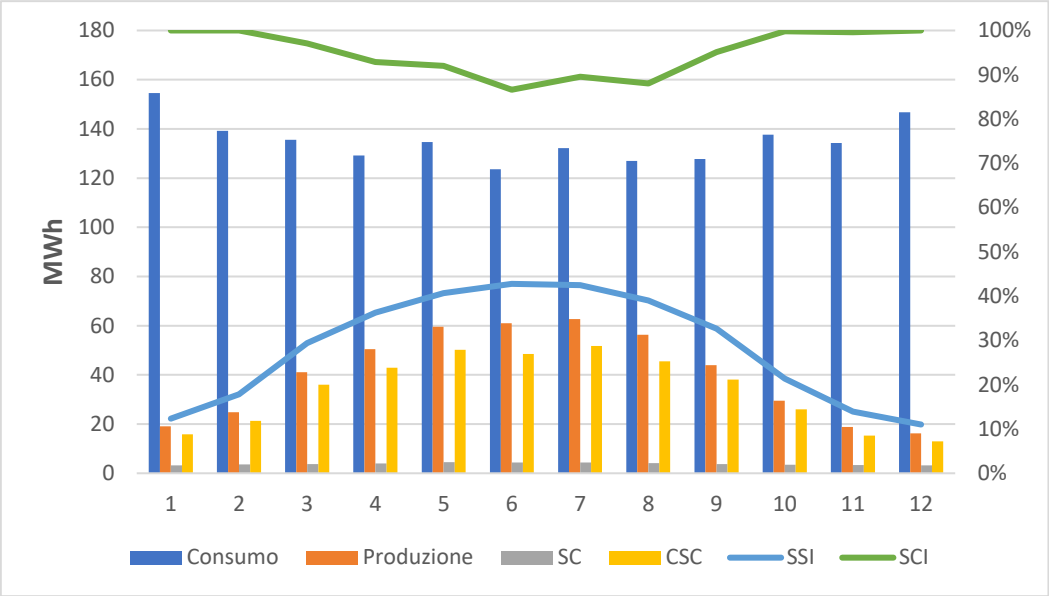

Figura 66 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 4 Cumiana*

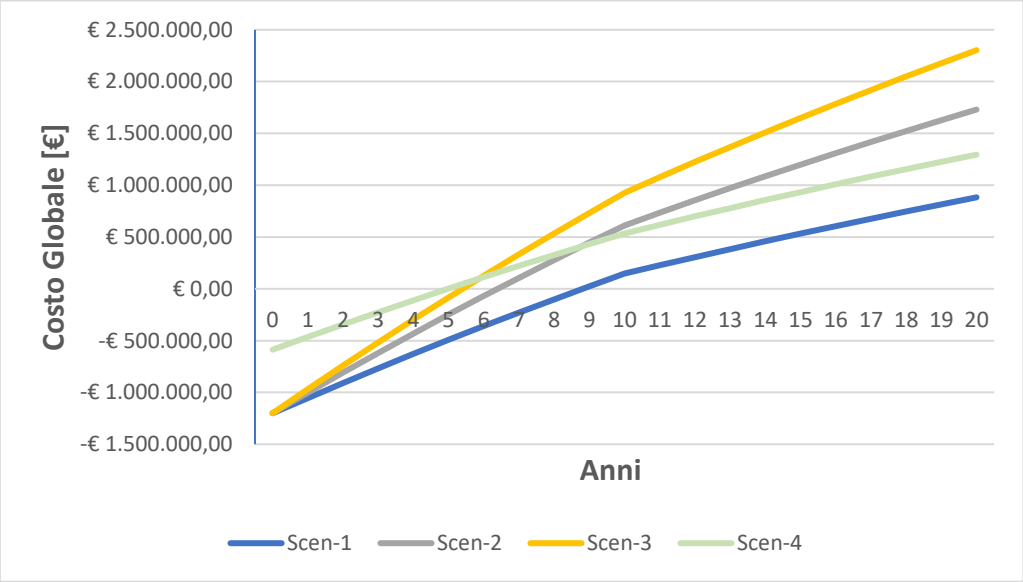

Figura 67 *Payback period per gli scenari sopra considerati*

Lo scenario 4 risulta essere il più favorevole dal punto di vista del ritorno di capitale infatti nel corso del quarto anno raggiunge il pareggio. Lo scenario 3 rientra nell'investimento nel corso del quinto anno mentre gli scenari 2 e 1 rispettivamente in 6 e 8 anni.

L'indice TIR al ventesimo anno per i vari scenari è pari a:

- 16% per lo scenario 4;

- 14% per lo scenario 3;
- 9% per lo scenario 2;
- 0,1% per lo scenario 1;

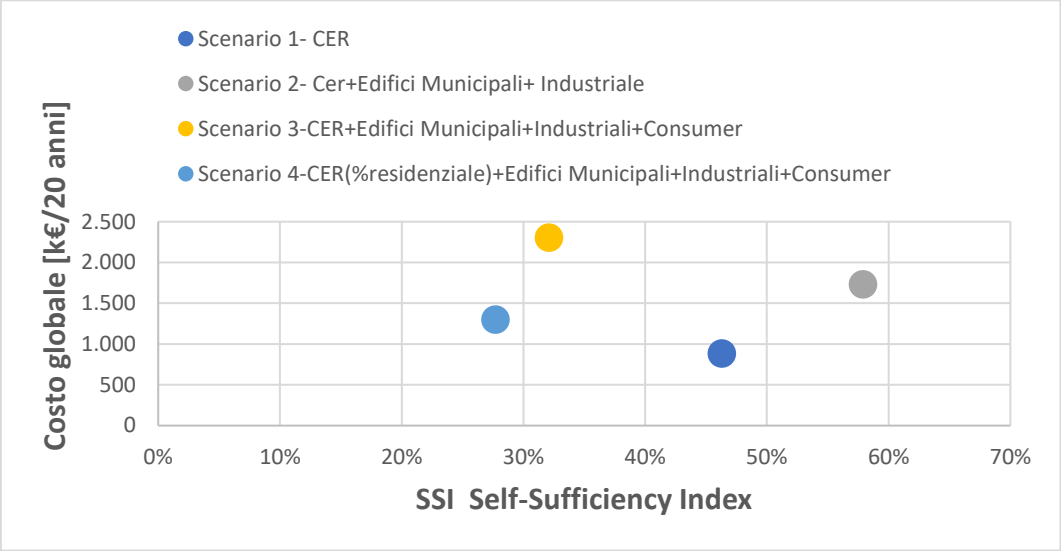

Figura 68 *Costo globale ai 20 anni in funzione dell'indice di autosufficienza SSI*

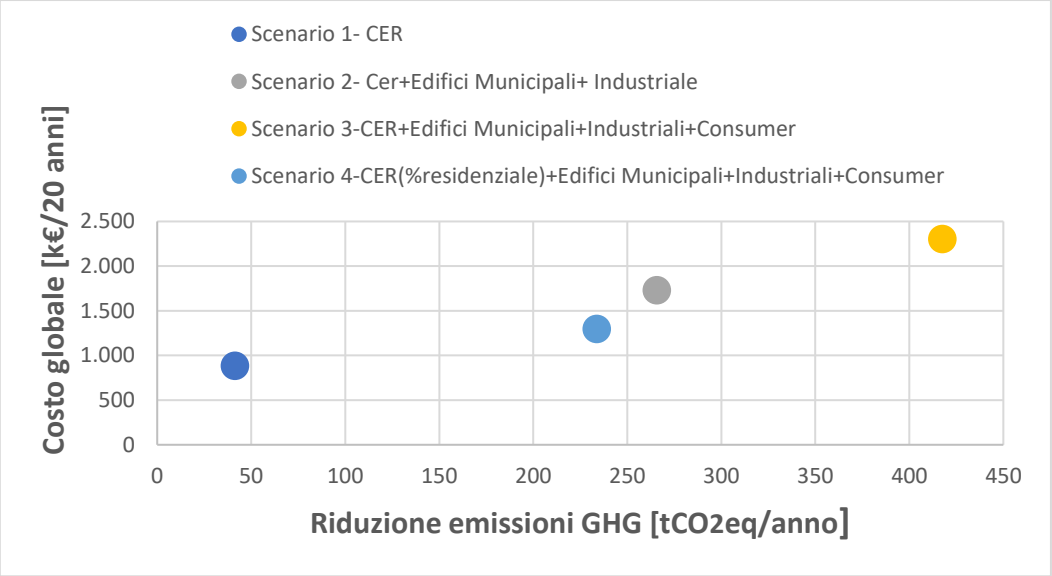

Figura 69 *Costo globale ai 20 anni in funzione della riduzione di emissioni di gas serra*

Lo scenario 3 rappresenta il compromesso migliore per l'ambiente poiché potrebbe ridurre le emissioni di gas serra annuali di ben 418tCo_{2eq}.

3.4.4 Inverso Pinasca

Partendo dai 3 edifici municipali (municipio,polivalente e coworking) sono stati successivamente individuati i migliori edifici residenziali, un totale di 14, in cui risiedono 16 famiglie, ideali per l'installazione di pannelli fotovoltaici. Sulla base di queste selezioni, è stata concepita l'idea di creare una Comunità Energetica Locale (CER) che all'inizio è composta esclusivamente da prosumer, cioè edifici che producono e consumano energia (Scenario 1). La potenza installabile ammonta a 109kW di cui:

• 47 kW su edifici municipali;

• 63 kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 123.000€ di cui :

• 11.800€ per gli edifici municipali;

• 111.200€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 3.973€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	5	3,2	1,6	0,2	37%	56%
2	4	5,5	1,8	0,1	44%	35%
3	4	10,4	1,8	0,0	49%	18%
4	4	14,3	1,9	0,0	55%	14%
5	4	17,5	2,1	0,0	59%	12%
6	4	17,9	2,0	0,0	58%	11%
7	4	18,0	2,0	0,0	57%	11%
8	4	15,8	1,9	0,0	54%	12%
9	3	11,8	1,6	0,0	50%	14%
10	4	7,0	1,6	0,0	45%	23%
11	4	3,6	1,5	0,1	41%	44%
12	4	2,5	1,4	0,1	34%	62%
Annuale	**46**	**128**	**21**	**1**	**48%**	**17%**

Tabella 25 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 1 Inverso Pinasca*

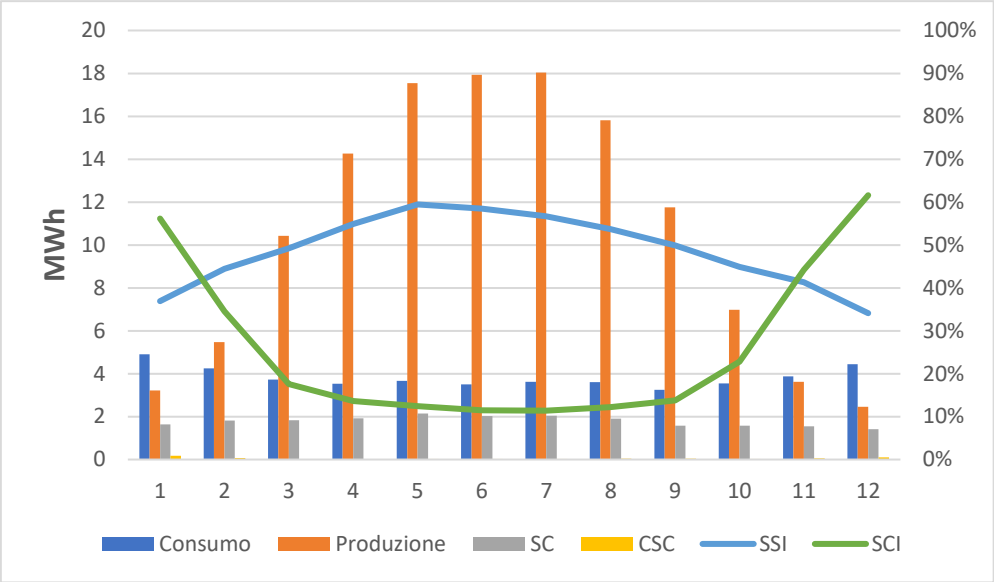

Figura 70 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno-Scenario 1 Inverso Pinasca*

L'indice di autosufficienza raggiunta dai prosumer è pari al 48% annuo con massimo del 59% a maggio. L'indice di autoconsumo è pari al 17% e ciò comporta uno still over-production pari a 106MWh. Nello scenario 2 vengono aggiunti edifici industriali con consumi annuali pari a 9,5MWh e 200 consumer residenziali al fine di aumentare l'indice SCI e il CSC.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	38	3,2	1,6	1,6	9%	100%
2	34	5,5	1,8	3,7	16%	100%
3	29	10,4	1,8	8,0	34%	94%
4	28	14,3	1,9	9,7	41%	81%
5	29	17,5	2,1	10,8	44%	74%
6	33	17,9	2,0	11,9	43%	78%
7	35	18,0	2,0	12,4	42%	80%
8	34	15,8	1,9	11,3	39%	84%
9	28	11,8	1,6	8,7	37%	88%
10	29	7,0	1,6	5,4	24%	100%
11	30	3,6	1,5	2,1	12%	100%
12	38	2,5	1,4	1,1	6%	100%
Annuale	**384**	**128**	**21**	**87**	**28%**	**85%**

Tabella 26 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 2 Inverso Pinasca*

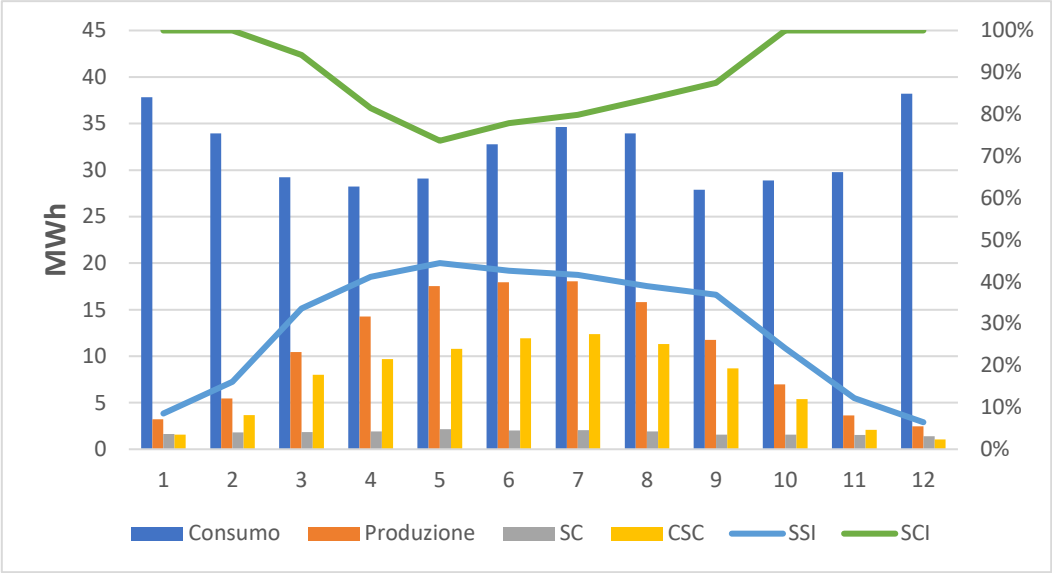

Figura 71 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 2 Inverso Pinasca*

Nello scenario 2 si ha un decremento dell'indice di autosufficienza dovuto all'aumento consistente dei consumi annuali. Al contrario l'indice di autoconsumo aumente molto poiché il collective self-consumption aumenta molto portando lo still over-production a 20MWh.

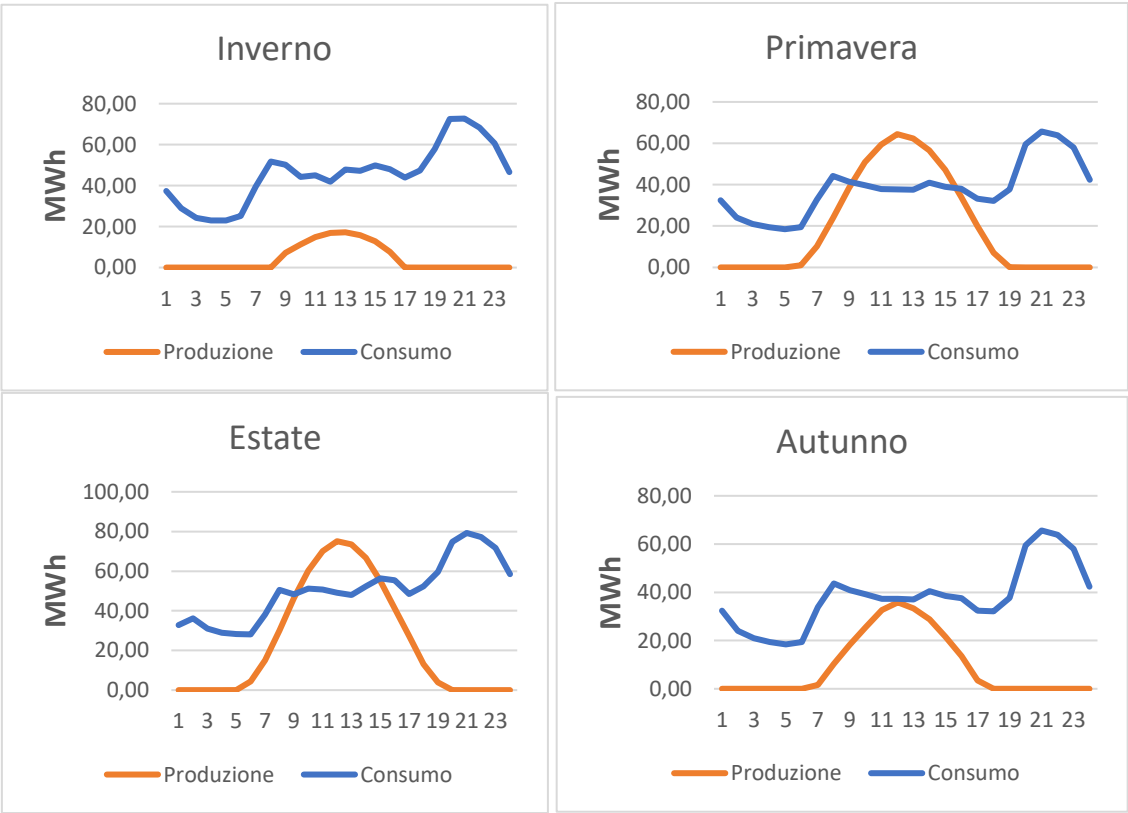

Figura 72 *Profili di consumo e di produzione oraria in giorni lavorativi per stagione.*

Viene infine creato un terzo scenario in cui si ipotizza che il solo 50% degli edifici residenziali scelti sia interessato all'installazione di impianti di produzione. La potenza installabile per lo scenario 4 ammonta a 75kW di cui:

- 47 kW su edifici municipali;
- 28 kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 63.000€ di cui :

- 11.200€ per gli edifici municipali;
- 51.800€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 3.600€);

Nello scenario 3 sono stati considerati i consumer industriali dello scenario 2 e 100 consumer residenziali.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	20	2,2	1,2	1,0	11%	100%
2	18	3,7	1,3	2,4	20%	100%
3	16	7,0	1,3	4,8	39%	87%
4	15	9,6	1,4	5,5	45%	71%
5	16	11,8	1,5	6,0	48%	64%
6	17	12,1	1,3	6,7	47%	67%
7	18	12,2	1,3	7,0	46%	69%
8	18	10,6	1,2	6,5	43%	72%
9	15	7,9	1,1	5,0	41%	77%
10	16	4,7	1,1	3,5	30%	98%
11	16	2,4	1,1	1,3	15%	100%
12	20	1,6	0,9	0,7	8%	100%
Annuale	**205**	**86**	**15**	**50**	**32%**	**76%**

Tabella 27 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 3 Inverso Pinasca*

Anche in questo caso lo still over-production e intorno ai 20MWh. L'indice di autosufficienza è maggiore rispetto al caso precedente mentre l'indice di autoconsumo è leggeremente inferiore.

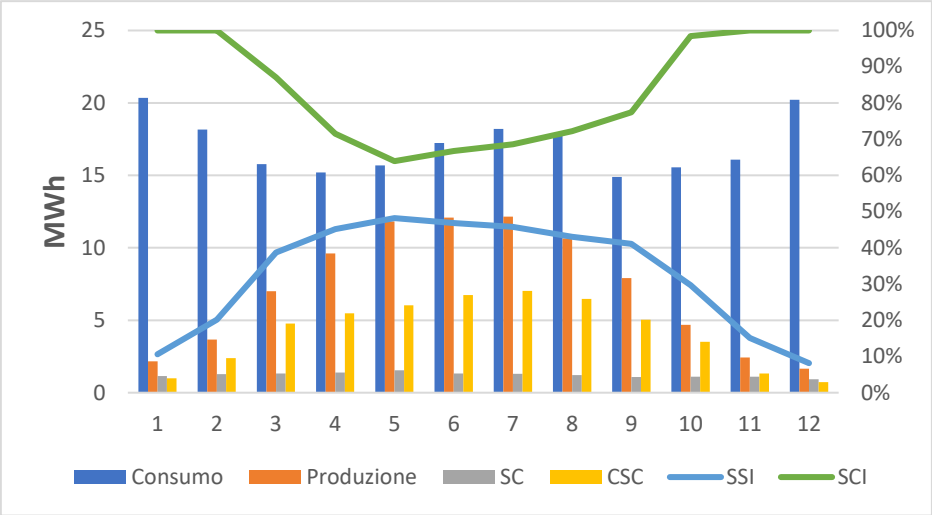

Figura 73 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 3 Inverso Pinasca*

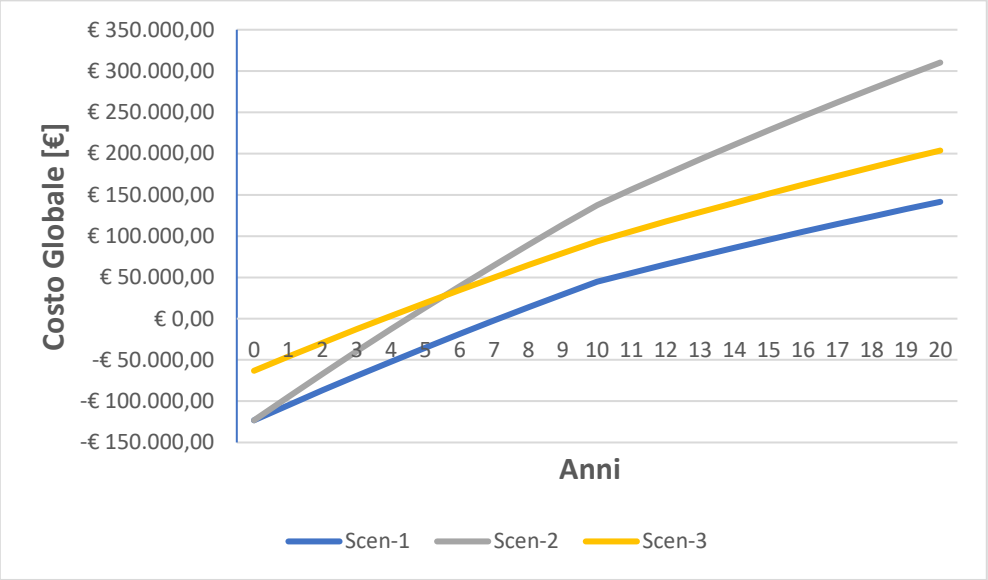

Figura 74 *Payback period per gli scenari sopra considerati*

Lo scenario 3 risulta essere il più conveniente dal punto di vista del ritorno dell'investimento poiché in soli 3 anni è possibile arrivare al pareggio. Lo scenario 2 impiega 4 anni mentre lo scenario 1 ben 7 anni.

L'indice TIR (Tasso Interno di Rendimento) al ventesimo anno per i vari scenari è pari a:

- 24% per lo scenario 3;
- 19% per lo scenario 2;
- 6% per lo scenario 1.

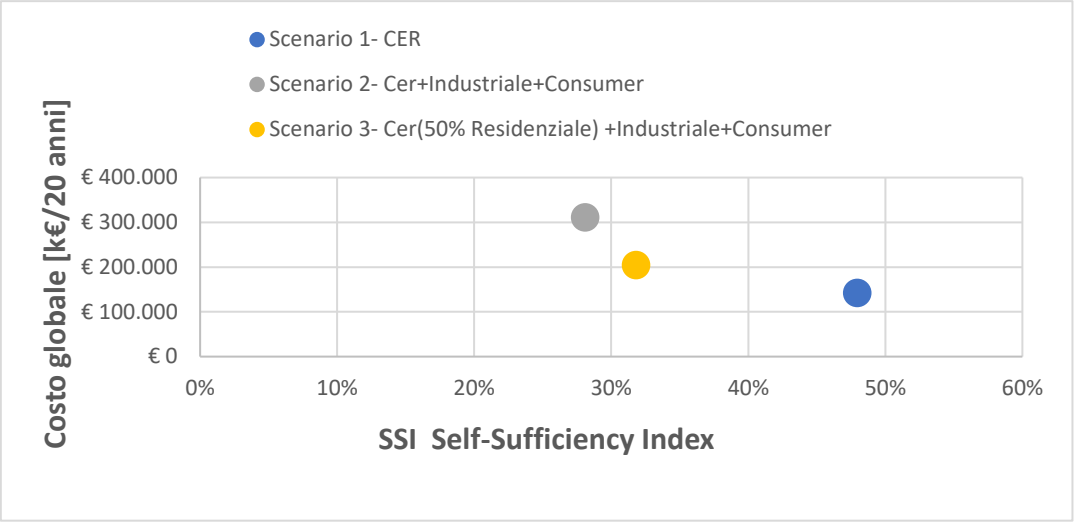

Figura 75 *Costo globale ai 20 anni in funzione dell'indice di autosufficienza SSI*

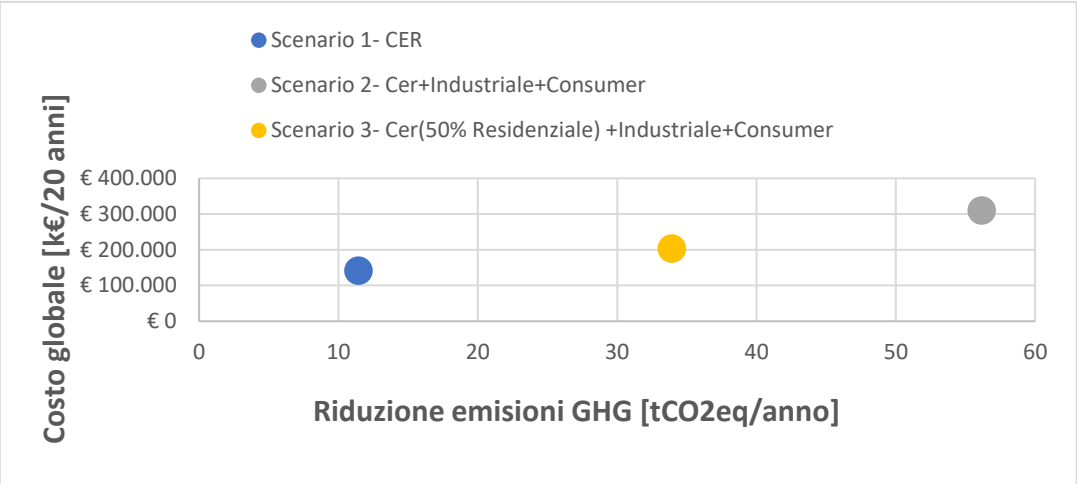

Figura 76 *Costo globale ai 20 anni in funzione della riduzione di emissioni di gas serra*

Lo scenario 2 rappresenta il miglior compromesso dal punto di vista ambientale poiché permetterebbe la riduzione di emissioni di gas serra di ben 52tCO2 ogni anno.

3.4.5 Moretta

Partendo da 8 edifici municipali sono stati successivamente individuati i migliori edifici residenziali, un totale di 39, in cui risiedono 81 famiglie, ideali per l'installazione di pannelli fotovoltaici. Sulla base di queste selezioni, è stata concepita l'idea di creare una Comunità Energetica Locale (CER) che all'inizio è composta esclusivamente da prosumer, cioè edifici che producono e consumano energia (Scenario 1). La potenza installabile ammonta a 613kW di cui:

• 116kW su edifici municipali;

• 497kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 1.170.000€ di cui :

• 170.000€ per gli edifici municipali;

• 1.000.000€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 6.200€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	50	23,0	8,5	9,3	36%	77%
2	43	36,7	9,9	8,7	44%	51%
3	41	67,1	11,6	8,4	49%	30%
4	37	88,8	12,0	8,5	55%	23%
5	37	107,7	13,8	8,7	61%	21%
6	32	109,6	11,8	7,2	60%	17%
7	31	110,5	11,2	7,0	59%	17%
8	31	97,8	10,6	6,5	55%	17%
9	34	74,7	11,0	7,2	54%	24%
10	42	46,1	10,8	9,7	49%	45%
11	45	25,6	8,6	9,3	40%	70%
12	47	18,2	7,8	7,8	33%	86%
Annuale	**470**	**806**	**128**	**99**	**48%**	**28%**

Tabella 28 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 1 Moretta*

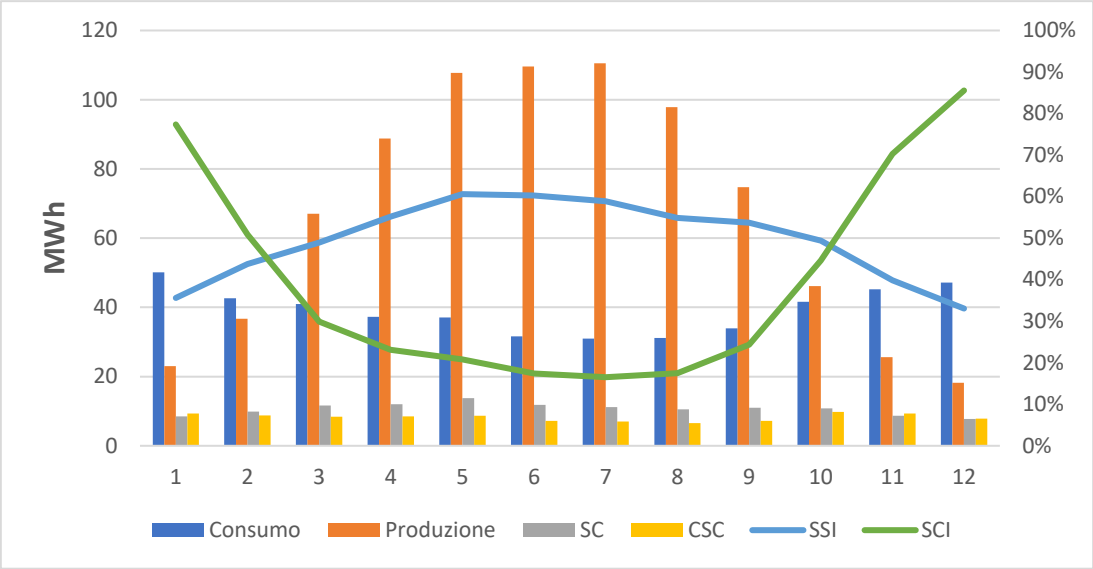

Figura 77 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 1 Moretta*

L'indice di autosufficienza raggiunta dai prosumer è pari al 48% annuo con massimo del 61% a maggio. L'indice di autoconsumo è pari al 28% e ciò comporta uno still over-production pari a 579MWh. Nello scenario 2 vengono aggiunti edifici industriali con consumi annuali pari a 326MWh al fine di massimizzare il collective self-consumption.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	78	23,0	8,5	11,9	26%	89%
2	68	36,7	9,9	20,3	44%	82%
3	68	67,1	11,6	28,7	59%	60%
4	63	88,8	12,0	31,0	68%	48%
5	65	107,7	13,8	31,9	70%	42%
6	57	109,6	11,8	31,6	76%	40%
7	61	110,5	11,2	34,9	76%	42%
8	58	97,8	10,6	31,0	71%	42%
9	61	74,7	11,0	29,7	67%	54%
10	71	46,1	10,8	25,6	51%	79%
11	71	25,6	8,6	11,9	29%	80%
12	73	18,2	7,8	8,5	22%	89%
Annuale	**796**	**806**	**128**	**297**	**53%**	**53%**

Tabella 29 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 2 Moretta*

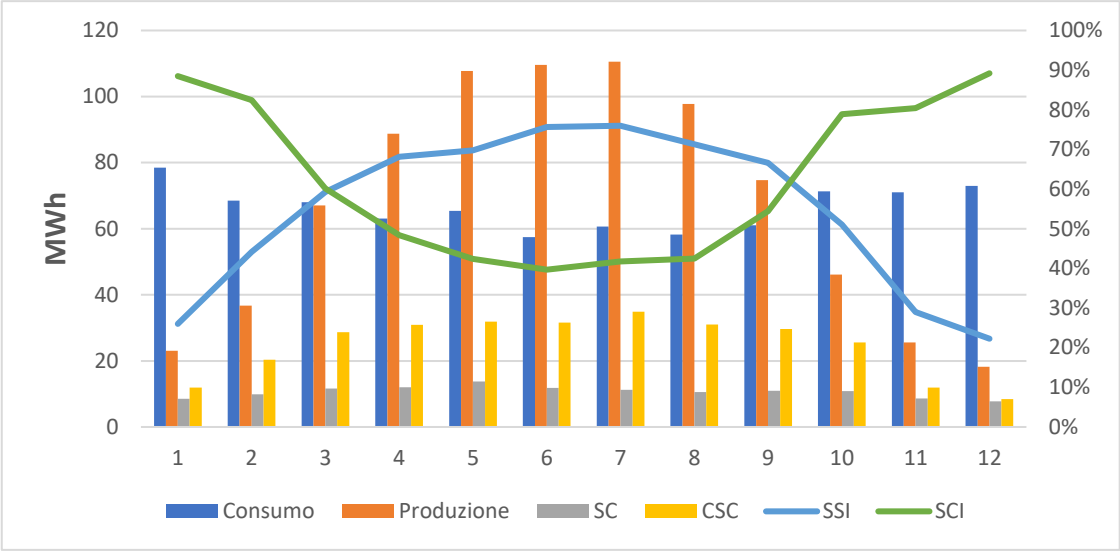

Figura 78 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 2 Moretta*

In questo scenario si ha un aumento di entrambi gli indici SCI e SSI. Entrambi raggiungono il 53% annuo. Lo still over-production residuo è pari a 381MWh. Essendo quest'ultimo molto alto si aggiungono i 1000 consumer residenziali al vine di massimizzare lo scambio all'interno della comunità energetica. Nello scenario 3 è coinvolto il 63% degli edifici residenziali presenti nel comune.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	269	23,0	8,5	14,5	9%	100%
2	240	36,7	9,9	26,8	15%	100%
3	228	67,1	11,6	55,4	29%	100%
4	218	88,8	12,0	74,3	40%	97%
5	225	107,7	13,8	86,8	45%	93%
6	212	109,6	11,8	83,5	45%	87%
7	221	110,5	11,2	86,8	44%	89%
8	218	97,8	10,6	78,8	41%	91%
9	215	74,7	11,0	63,5	35%	100%
10	230	46,1	10,8	35,3	20%	100%
11	234	25,6	8,6	17,0	11%	100%
12	265	18,2	7,8	10,4	7%	100%
Annuale	**2774**	**806**	**128**	**633**	**27%**	**94%**

Tabella 30 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 3 Moretta*

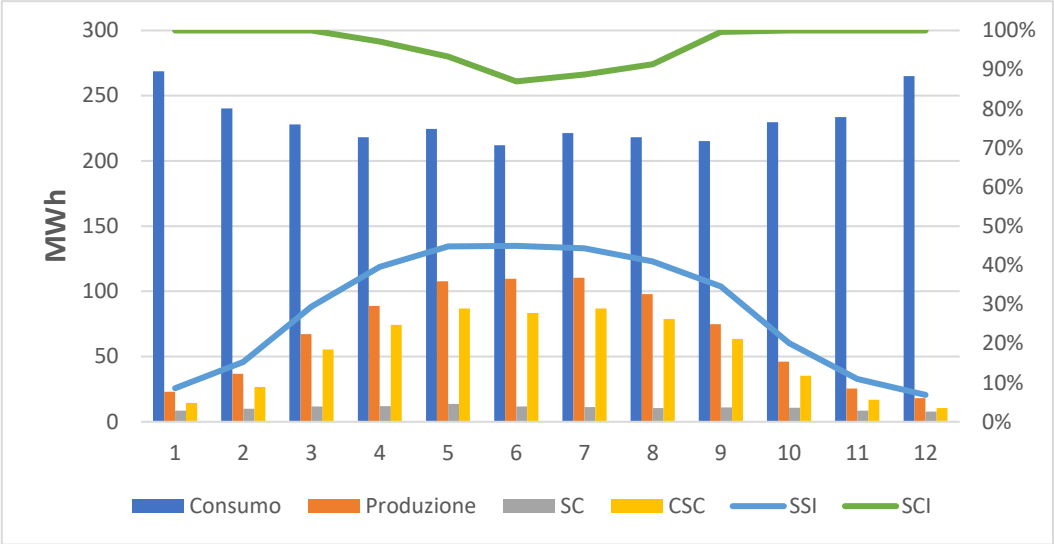

Figura 79 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 3 Moretta*

Nello scenario 3 viene raggiunto l'indice di autoconsumo maggiore con un collective self-consumption di 633MWh e uno still over-production di 44MWh. L'indice di autosufficienza ha un calo del 20% a causa dell'aumento dei consumi totali.

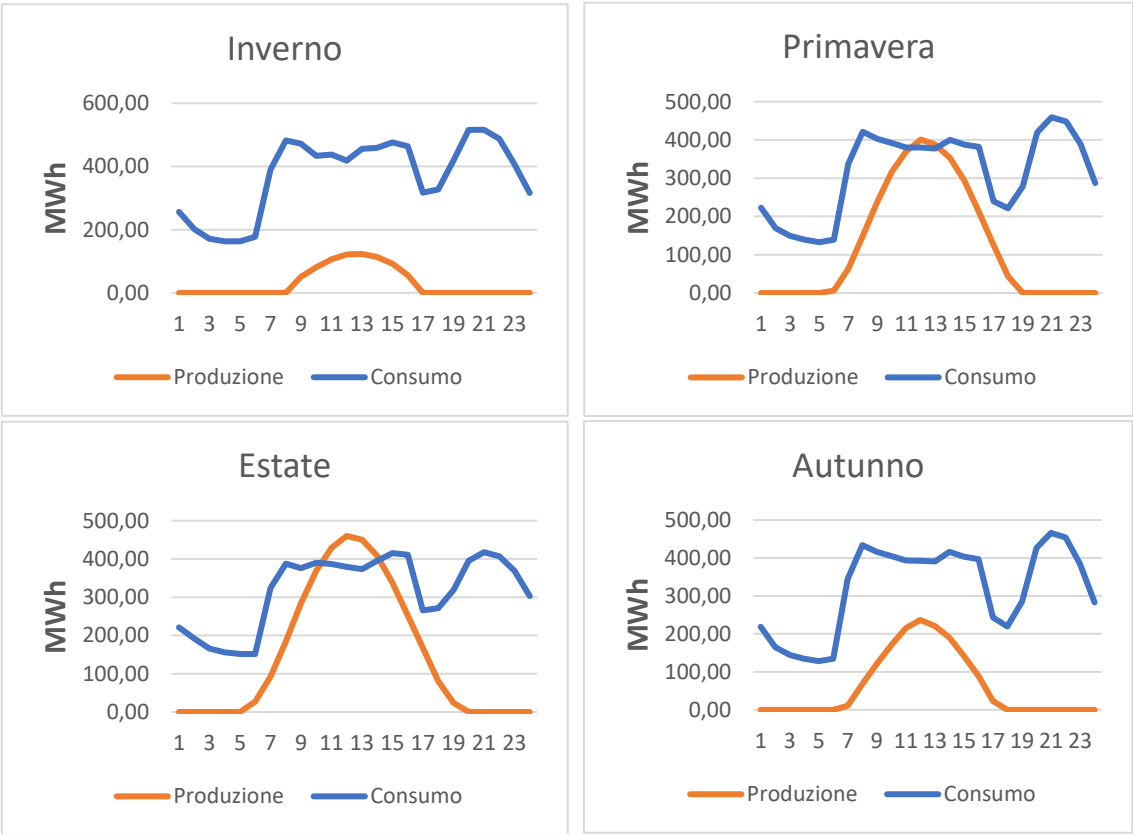

Figura 80 *Profili di consumo e di produzione oraria in giorni lavorativi per stagione.*

Viene infine creato uno scenario 4 in cui si ipotizza che degli edifici residenti scelti per la produzione di energia il solo 50% sia interessato. La potenza installabile per lo scenario 4 ammonta a 303kW di cui:

- 116 kW su edifici municipali;
- 188 kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 525.000€ di cui :

- 170.000€ per gli edifici municipali;
- 355.000€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 4.800€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	166	18,2	5,9	12,3	11%	100%
2	147	29,0	7,1	21,9	20%	100%
3	141	53,2	8,7	42,4	36%	96%
4	134	70,5	8,9	53,2	46%	88%
5	138	85,5	10,2	60,5	51%	83%
6	128	87,0	8,4	58,8	52%	77%
7	134	87,8	7,7	62,2	52%	80%
8	132	77,6	7,3	56,0	48%	81%
9	132	59,3	8,1	47,0	42%	93%
10	144	36,5	8,2	28,3	25%	100%
11	146	20,3	6,1	14,2	14%	100%
12	161	14,4	5,3	9,1	9%	100%
Annuale	**1704**	**639**	**92**	**466**	**33%**	**87%**

Tabella 31 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 4 Moretta*

L'ultimo scenario presenta un indice di autosufficienza maggiore rispetto allo scenario 3 e un indice di autoconsumo minore. Lo still over-production è pari a 81 MWh.

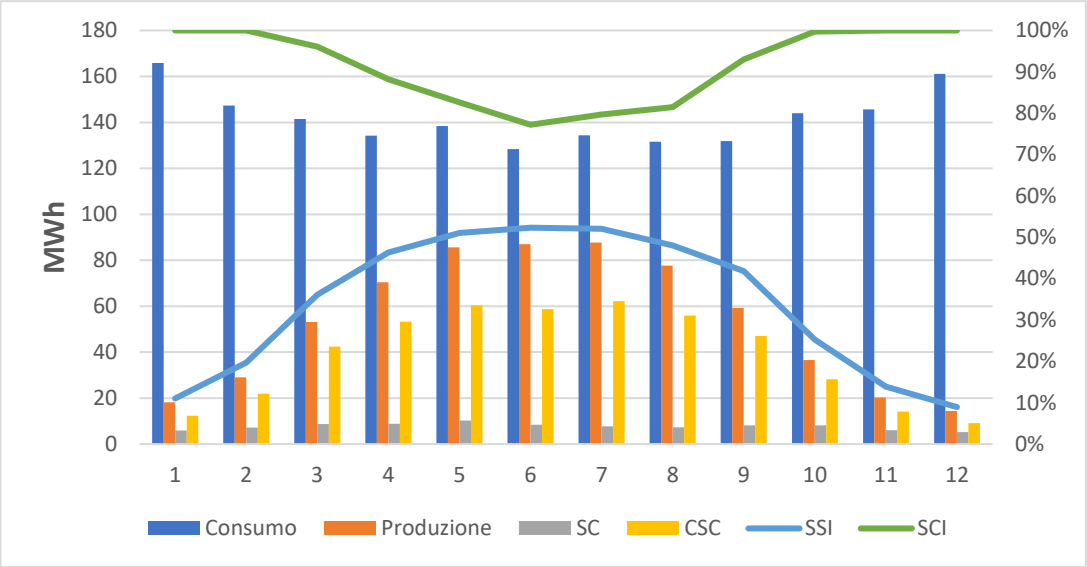

Figura 81 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 4 Moretta*

Di seguito sono presentati i risultati derivanti dall'analisi economica.

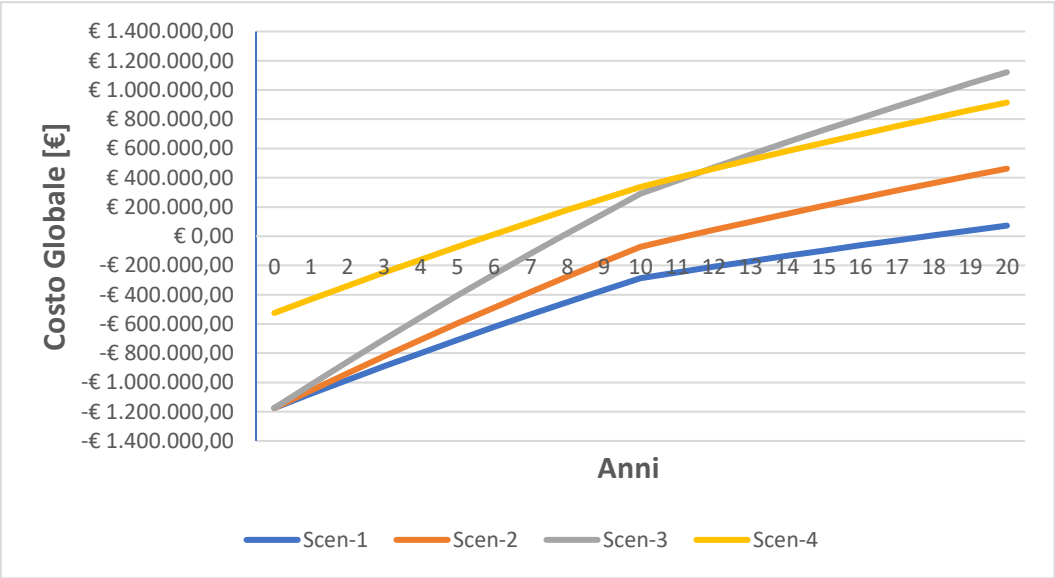

Figura 82 *Payback period per gli scenari sopra considerati*

Lo scenario 4 risulta essere il più conveniente dal punto di vista del ritorno dell'investimento poiché in 5 anni è possibile arrivare al pareggio. Lo scenario 3 impiega 7 anni mentre lo scenario 2 11 anni.

Il tasso interno di rendimento al ventesimo anno per i vari scenari è:

- 12% per lo scenario 4;
- 3% per lo scenario 3;

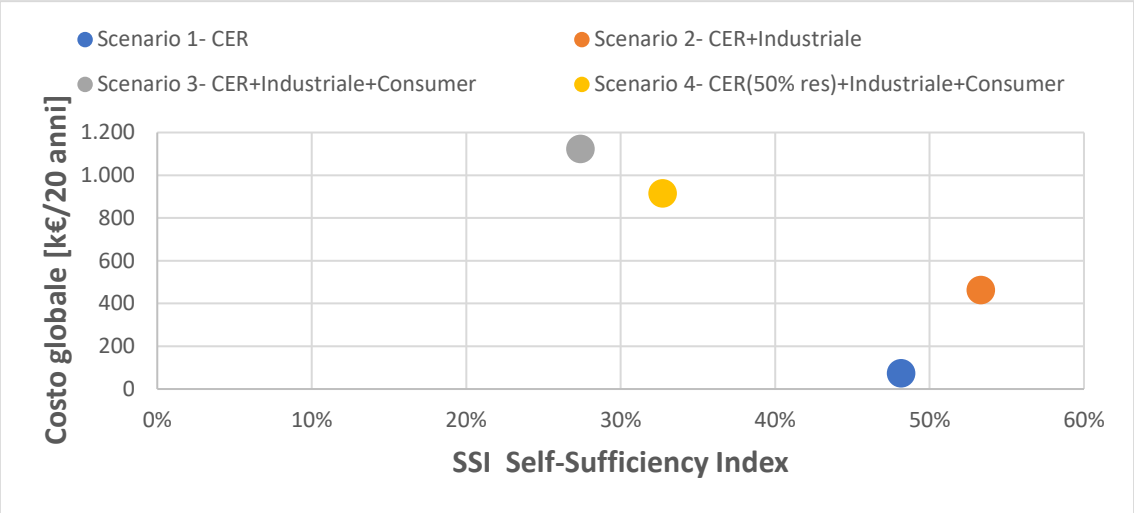

Figura 83 *Costo globale ai 20 anni in funzione dell'indice di autosufficienza SSI*

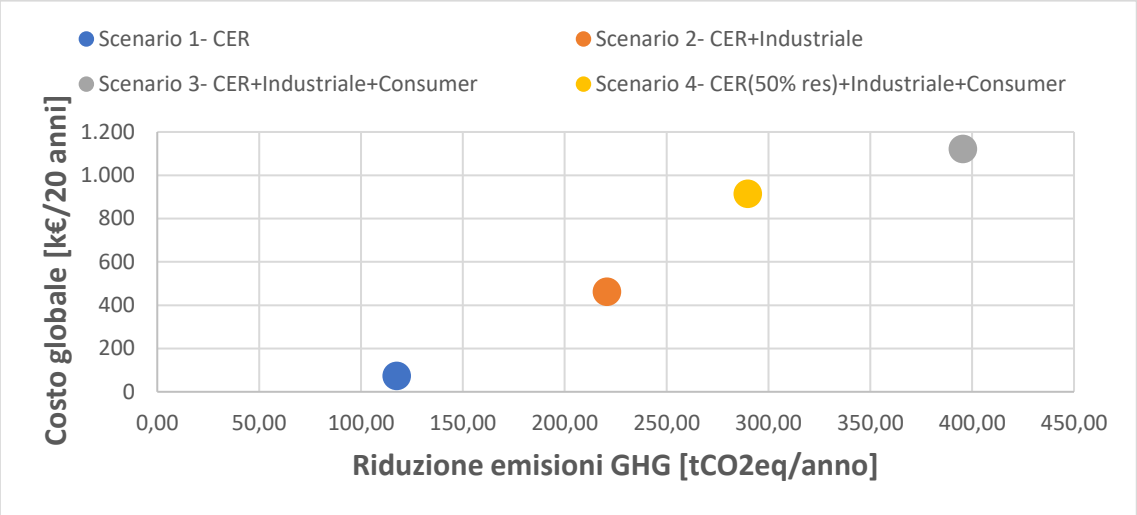

Figura 84 *Costo globale ai 20 anni in funzione della riduzione di emissioni di gas serra*

Lo scenario 3 rappresenta il miglior compromesso ambientale poiché porterebbe ad una riduzione di emissioni di gas serra pari a 395tCO2eq.

3.4.6 Roletto

Partendo da 4 edifici municipali e un terreno di proprietà del comune sono stati successivamente individuati i migliori edifici residenziali, un totale di 40, in cui risiedono 108 famiglie, ideali per l'installazione di pannelli fotovoltaici. Sulla base di queste selezioni, è stata concepita l'idea di creare una Comunità Energetica Locale (CER) che all'inizio è composta esclusivamente da prosumer, cioè edifici che producono e consumano energia (Scenario 1). La potenza installabile ammonta a 724kW di cui:

• 192kW su edifici municipali;

• 531kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 864.600€ di cui :

• 167.800€ per gli edifici municipali;

• 696.800€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 3.300€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	46	34,8	7,7	7,9	34%	45%
2	42	46,1	8,5	8,2	40%	36%
3	39	76,9	9,2	8,3	45%	23%
4	37	96,0	9,8	8,7	50%	19%
5	38	114,1	11,1	9,6	54%	18%
6	37	117,0	10,7	9,2	54%	17%
7	38	119,8	10,6	9,5	53%	17%
8	38	107,0	10,0	9,1	51%	18%
9	37	82,9	9,2	7,9	46%	21%
10	38	54,9	8,3	7,6	41%	29%
11	40	34,8	7,8	7,9	40%	45%
12	46	28,8	7,6	7,8	34%	54%
Annuale	**475**	**913**	**111**	**102**	**45%**	**23%**

Tabella 32 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 1 Roletto*

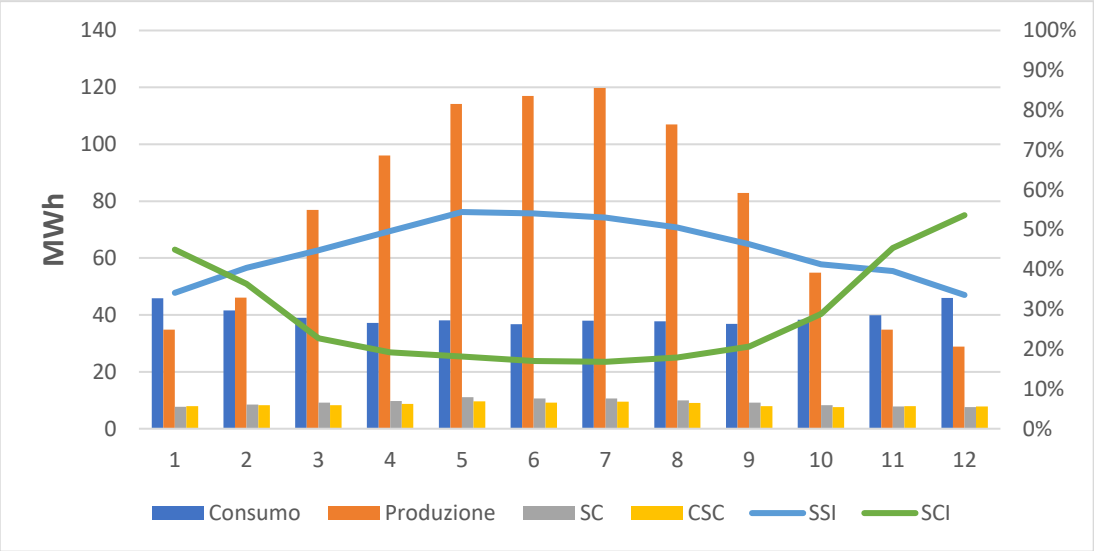

Figura 85 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 1 Roletto*

L'indice di autosufficienza raggiunta dai prosumer è pari al 45% annuo con massimo del 54% a maggio e giugno. L'indice di autoconsumo è pari al 23% e ciò comporta uno still over-production pari a 700MWh. Nello scenario 2 vengono aggiunti edifici industriali con consumi annuali pari a 1.313MWh al fine di massimizzare il collective self-consumption.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	162	34,8	7,7	22,6	19%	87%
2	147	46,1	8,5	30,2	26%	84%
3	150	76,9	9,2	48,7	38%	75%
4	143	96,0	9,8	59,7	49%	72%
5	154	114,1	11,1	70,1	53%	71%
6	142	117,0	10,7	71,0	58%	70%
7	158	119,8	10,6	79,8	57%	76%
8	148	107,0	10,0	66,6	52%	72%
9	147	82,9	9,2	54,0	43%	76%
10	160	54,9	8,3	37,3	29%	83%
11	146	34,8	7,8	19,5	19%	79%
12	152	28,8	7,6	17,4	16%	87%
Annuale	**1809**	**913**	**111**	**577**	**38%**	**75%**

Tabella 33 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 2 Roletto*

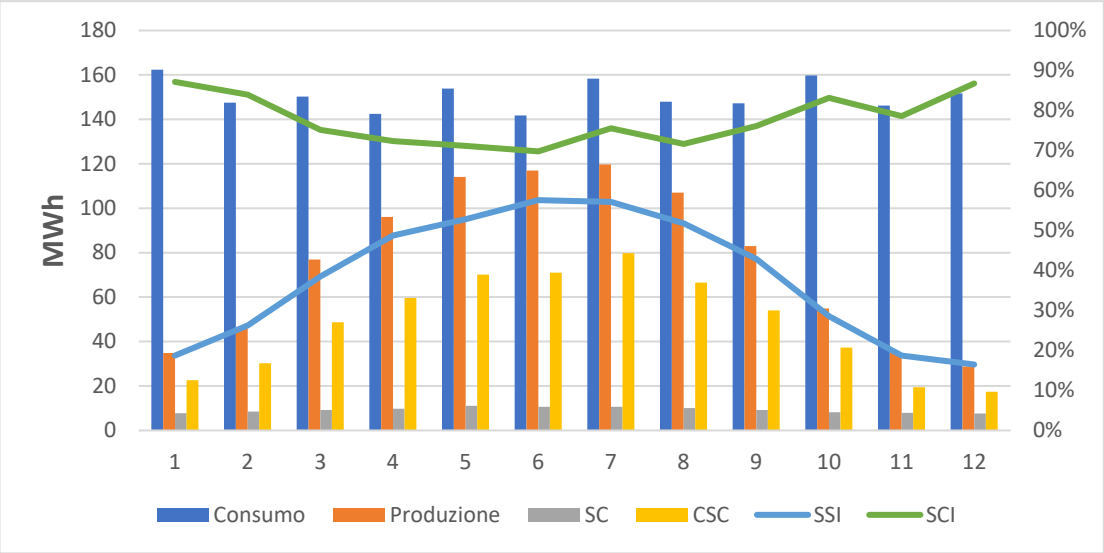

Figura 86 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 2 Roletto*

In questo scenario si ha un aumento dell'indice SCI e nonostante un aumento di 447MWh di CSC l'indice di autosufficienza (SSI) diminuisce a causa si un maggiore aumento dei consumi totali. Lo still over-production residuo è pari a 226MWh. Essendo quest'ultimo molto alto si aggiungono i 300 consumer residenziali al vine di massimizzare lo scambio all'interno della comunità energetica. Nello scenario 3 è coinvolto il 49% degli edifici residenziali presenti nel comune.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	219	34,8	7,7	27,1	16%	100%
2	199	46,1	8,5	36,0	22%	97%
3	198	76,9	9,2	57,3	34%	86%
4	189	96,0	9,8	69,0	42%	82%
5	202	114,1	11,1	80,7	46%	80%
6	188	117,0	10,7	80,2	48%	78%
7	207	119,8	10,6	87,8	48%	82%
8	196	107,0	10,0	75,0	43%	79%
9	193	82,9	9,2	61,9	37%	86%
10	207	54,9	8,3	42,7	25%	93%
11	195	34,8	7,8	23,5	16%	90%
12	209	28,8	7,6	21,2	14%	100%
Annuale	**2403**	**913**	**111**	**662**	**32%**	**85%**

Tabella 34 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 3 Roletto*

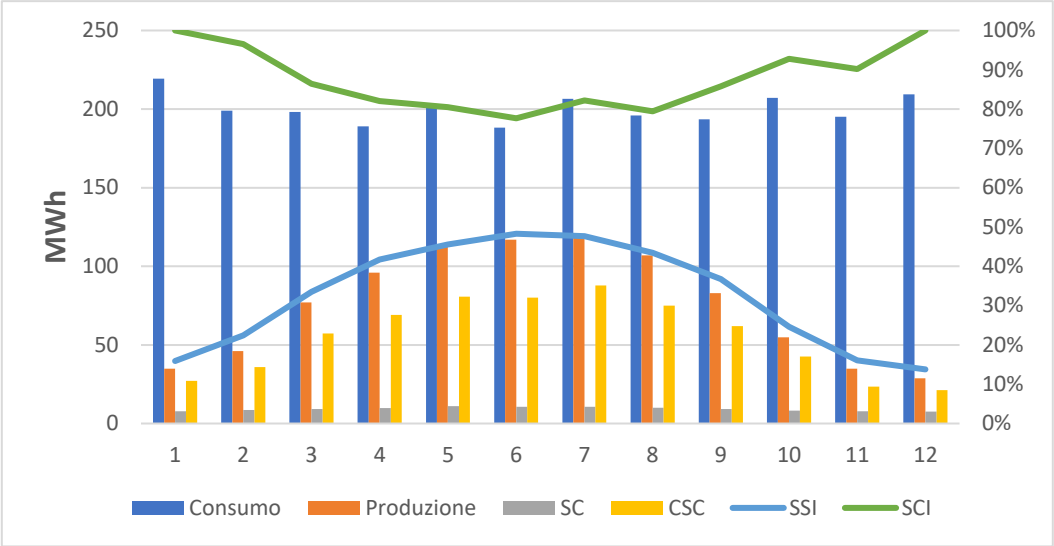

Figura 87 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 3 Roletto*

Nello scenario 3 viene raggiunto l'indice di autoconsumo maggiore (85%) con un collective self-consumption di 662MWh e uno still over-production di 140MWh. L'indice di autosufficienza ha un calo del 6% a causa dell'aumento dei consumi totali.

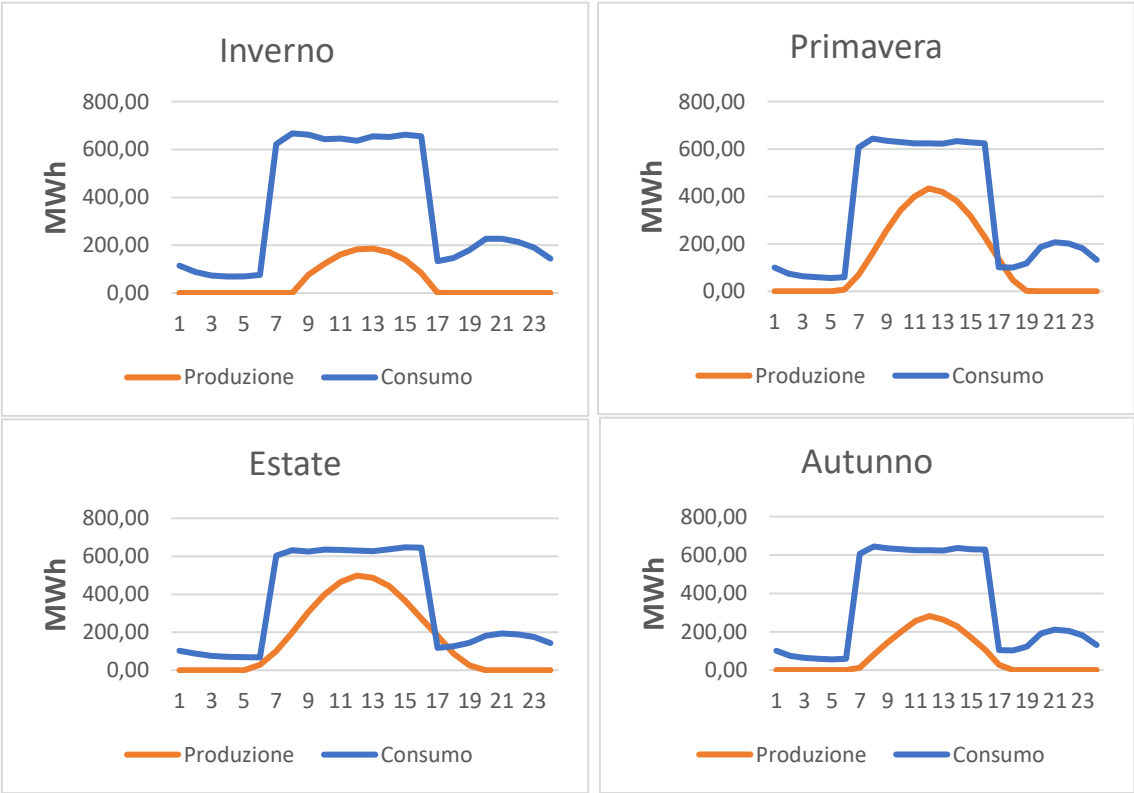

Figura 88 *Profili di consumo e di produzione oraria in giorni lavorativi per stagione.*

Viene infine creato uno scenario 4 in cui si ipotizza che degli edifici residenti scelti per la produzione di energia il solo 50% sia interessato. La potenza installabile per lo scenario 4 ammonta a 477kW di cui:

- 192 kW su edifici municipali;
- 284 kW su edifici residenziali.

Il costo dell'investimento iniziale ammonta a 531.600€ di cui :

- 167.800€ per gli edifici municipali;
- 363.800€ per gli edifici residenziali (spesa media per famiglia al netto di incentivi pari a 2.400€);

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	161	26,7	5,2	19,1	15%	91%
2	147	33,0	5,7	23,4	20%	88%
3	150	52,6	6,2	35,6	28%	79%
4	142	63,3	6,7	41,6	34%	76%
5	153	73,9	7,6	48,0	36%	75%
6	141	75,8	7,2	48,6	40%	74%
7	158	78,4	7,1	54,5	39%	79%
8	147	70,8	6,7	46,2	36%	75%
9	146	55,7	6,2	38,3	30%	80%
10	159	38,3	5,5	27,6	21%	86%
11	145	25,7	5,2	15,9	15%	82%
12	151	22,4	5,0	15,6	14%	92%
Annuale	**1799**	**617**	**74**	**415**	**27%**	**79%**

Tabella 35 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario 4 Roletto*

L'ultimo scenario presenta un indice di autosufficienza e un indice di autoconsumo minori rispetto allo scenario 3. Lo still over-production è pari a 128 MWh.

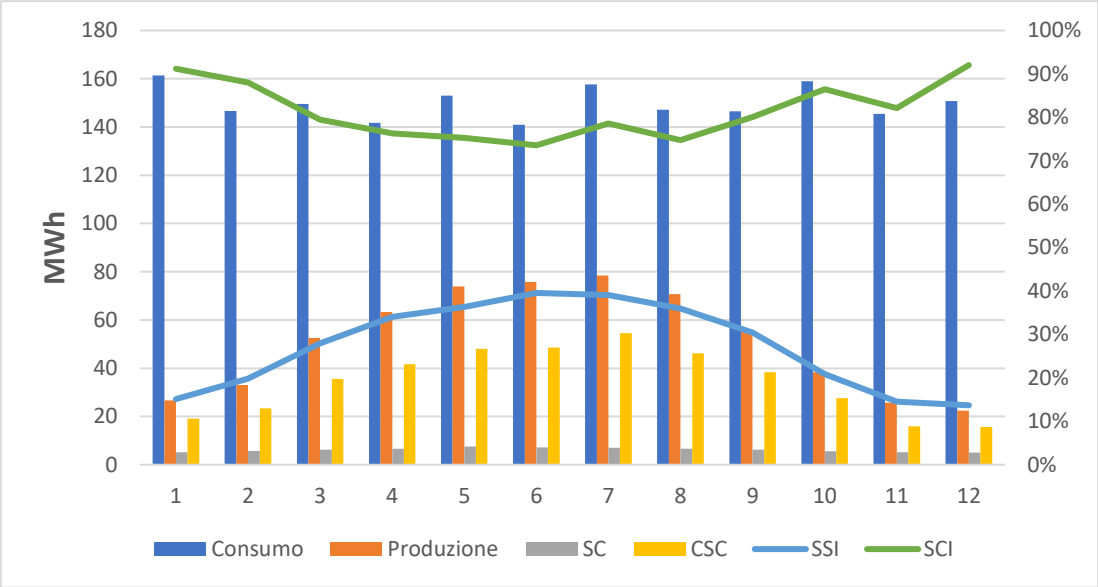

Figura 89 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno- Scenario 4 Roletto*

Di seguito sono riportati i risultati dell'analisi economica.

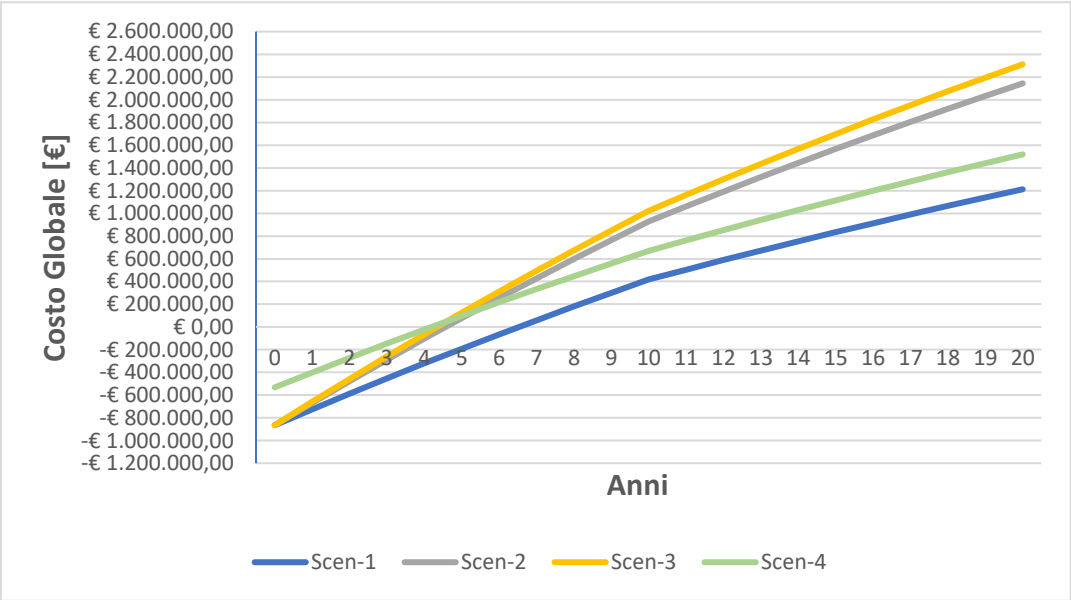

Figura 90 *Payback period per gli scenari sopra considerati*

Gli scenari 2,3 e 4 risultano essere il più conveniente dal punto di vista del ritorno dell'investimento poiché in 4 anni è possibile arrivare al pareggio.

Il tasso interno di rendimento su 20 anni per i vari scenari è:

- 21% per lo scenario 4;
- 20% per lo scenario 3;
- 18% per lo scenario 2;
- 9% per lo scenario 1;

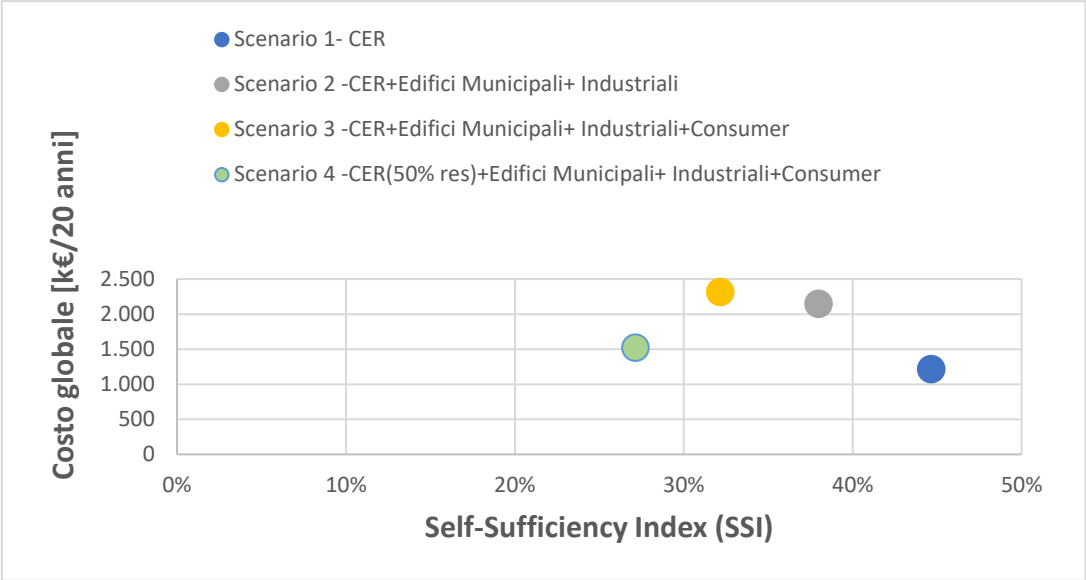

Figura 91 *Costo globale ai 20 anni in funzione dell'indice di autosufficienza SSI*

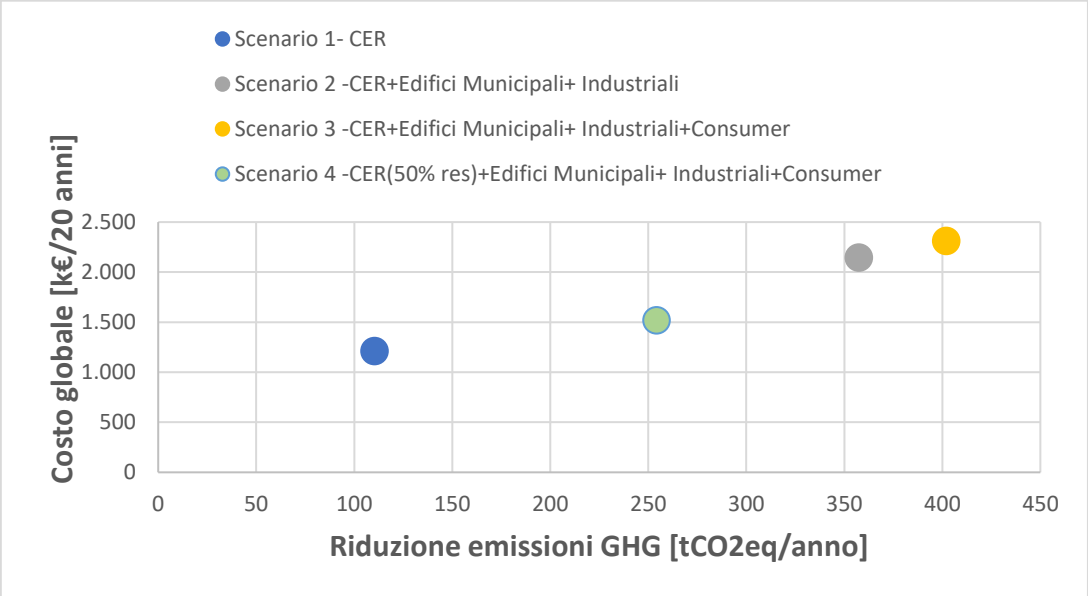

Figura 92 *Costo globale ai 20 anni in funzione della riduzione di emissioni di gas serra*

Lo scenario 3 rappresenta il miglior compromesso ambientale poiché porterebbe ad una riduzione di emissioni di gas serra pari a 402tCO2eq.

3.4.7 Cluster Val Noce

Poiché in entrambi i comuni (Cantalupa e Roletto) sia lo scenario 3 che il 4 rientrano nello stesso anno, è stato creato uno scenario che comprende l'unione dei relativi scenari 4 per massimizzare l'estensione dei benefici derivanti dal fotovoltaico sul territorio.

Mese	Consumo (MWh)	Produzione (MWh)	SC (MWh)	CSC (MWh)	SSI (MWh)	SCI (MWh)
1	400	51,4	14,3	37,1	13%	100%
2	362	72,6	16,5	56,1	20%	100%
3	356	126,6	18,9	102,0	34%	95%
4	339	162,6	20,0	126,7	43%	90%
5	355	195,2	23,2	149,9	49%	89%
6	328	199,5	22,2	145,7	51%	84%
7	350	203,0	21,6	156,0	51%	88%
8	338	180,4	19,8	135,4	46%	86%
9	340	138,6	18,2	111,0	38%	93%
10	361	88,3	16,1	71,8	24%	100%
11	352	53,2	14,7	38,1	15%	99%
12	386	41,8	13,8	28,0	11%	100%
Annuale	**4267**	**1513**	**219**	**1158**	**32%**	**91%**

Tabella 36 *Flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo-Scenario Cluster*

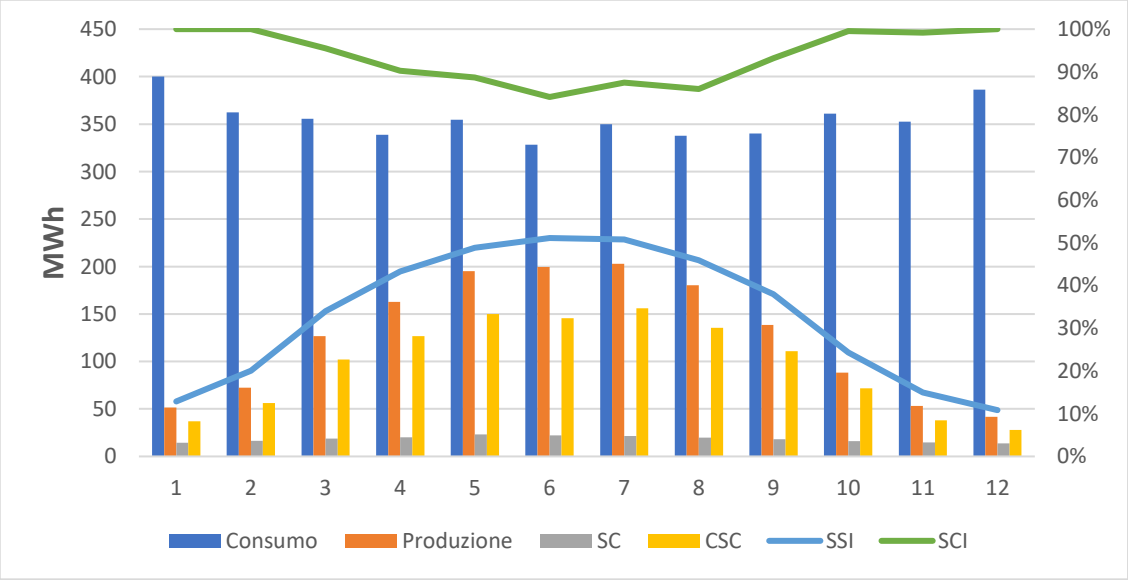

Figura 93 *Variazione flussi energetici e indici di autosufficienza e autoconsumo nel corso dell'anno-Scenario Cluster*

L'unione dei due comuni permette di condividere ulteriori 90MWh e innalzare quindi il collective self-consumption a 1158MWh corrispondente al 77% della produzione. Lo still over-production residuo in questo caso è pari 136 MWh.

L'indice di autosufficienza è pari al 32% con un massimo del 51% raggiunto a giugno e luglio. Il Self-Consumption Index annuo è pari al 91%.

Figura 94 *Payback period per gli scenari sopra considerati*

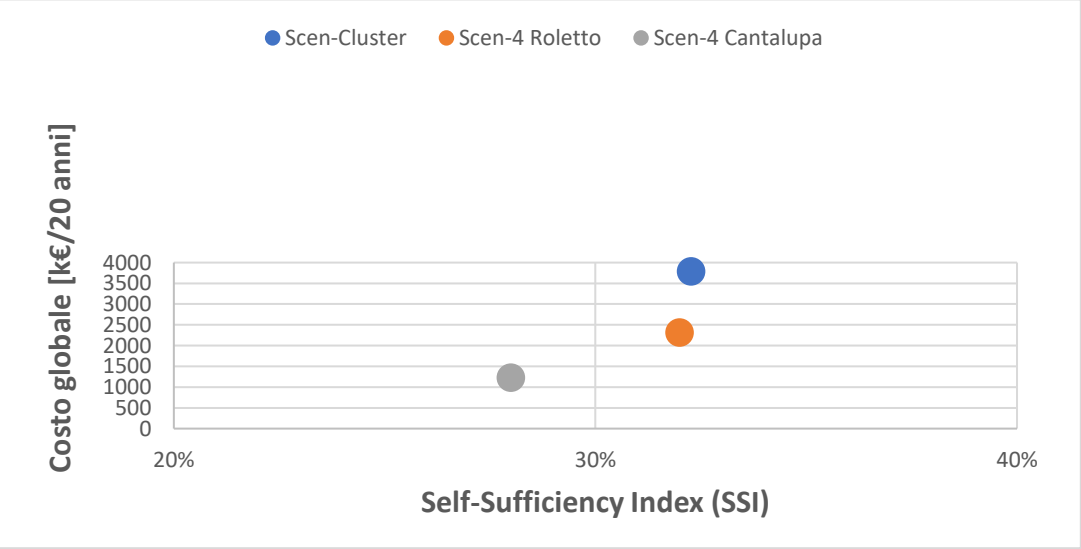

Figura 95 *Costo globale ai 20 anni in funzione dell'indice di autosufficienza SSI*

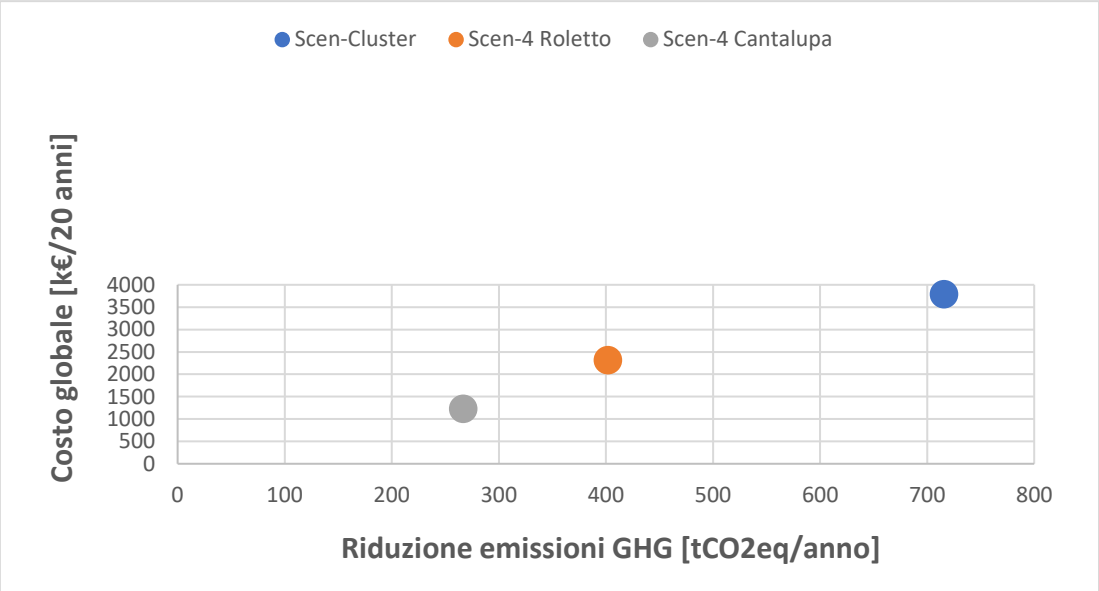

Figura 96 *Costo globale ai 20 anni in funzione della riduzione di emissioni di gas serra*

Rispetto ai casi singoli si ha un incremento del costo globale su 20 anni pari a 250.000€. L'indice di autosufficienza ha un lieve aumento rispetto ai casi singoli.

La riduzione di emissione di gas serra ha un aumento del 7% rispetto ai due casi singoli corrispondenti a 47tCO2eq.

In definitiva il cluster costituito da i due comuni porterebbe sia benefici economici che ambientali.

4 Conclusioni

All'interno del progetto portato avanti dall'Associazione Temporanea di Scopo (ATS) "Comunità energetica del Pinerolese" con la collaborazione di Acea Pinerolese e il sostegno della fondazione compagnia San Paolo vi è lo scopo di promuovere la Green Economy sul territorio Pinerolese e le sue valli attraverso la creazione di una rete di comunità energetiche che permetta di ridisegnare il quadro energetico del territorio.

Il territorio Pinerolese si distingue per un rapporto favorevole tra produzione e consumo energetico, che lo colloca in una posizione vantaggiosa rispetto al resto del Piemonte.

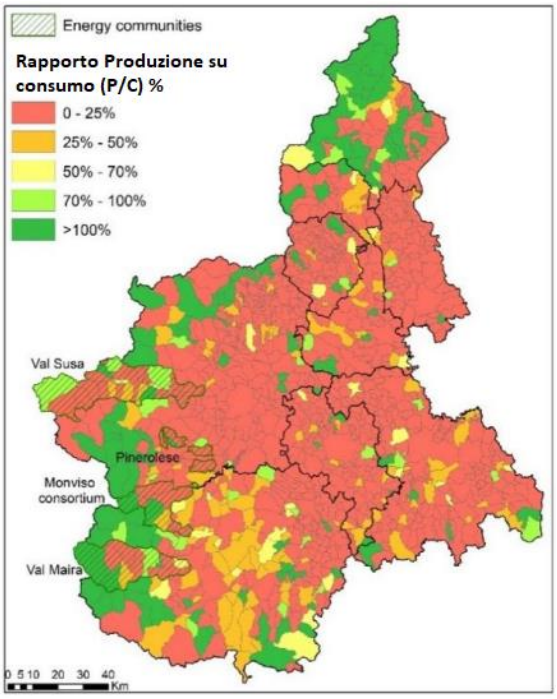

Figura 97 *Rapporto produzione-consumo Piemonte [44].*

Dal punto di vista della produzione energetica, il territorio offre una serie di vantaggi grazie alle sue caratteristiche naturali. La presenza dell'idroelettrico rappresenta un forte vantaggio per la grande quantità di energia producibile ad ogni ora del giorno. Il consumo energetico varia significativamente a seconda delle diverse zone geografiche. Le zone collinari presentano generalmente consumi energetici inferiori rispetto alle zone in pianura. Innanzitutto, le zone

collinari spesso beneficiano di una migliore esposizione solare, che favorisce l'utilizzo di energia solare per la produzione di elettricità o per il riscaldamento degli edifici. Inoltre, la presenza di boschi e aree verdi nelle zone collinari consente l'utilizzo di biomassa come fonte energetica rinnovabile, riducendo la dipendenza da combustibili fossili.
Le zone in pianura sono caratterizzate da una maggiore densità abitativa e industriale e tendono ad avere consumi energetici più elevati. Le attività industriali, commerciali e residenziali più concentrate richiedono una maggiore quantità di energia per soddisfare le esigenze di illuminazione, riscaldamento, raffreddamento e produzione di beni e servizi.

Tra i comuni analizzati, si osserva una distribuzione geografica diversificata. In particolare:

- Inverso Pinasca è situato in una zona di montagna;
- Cumiana, Cantalupa e Roletto sono situati in zone collinari;
- Airasca e Moretta sono situati in pianura.

Dai risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica si evince che all'interno delle comunità energetiche i prosumer potranno avere un indice di autosufficienza (SSI) compreso tra il 44 e il 48%.

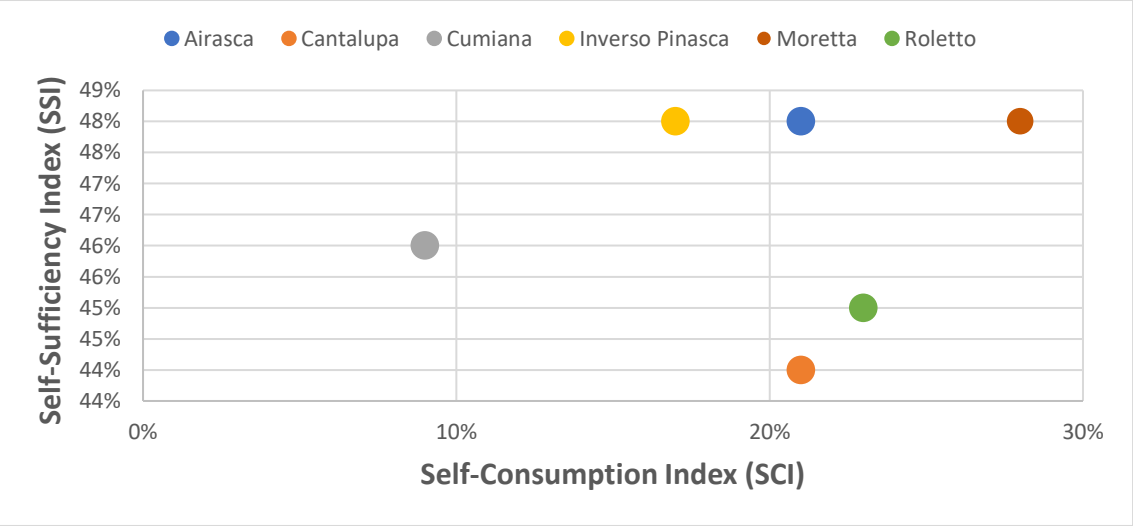

Figura 98 *Indice di autosufficienza e autoconsumo annuale per i prosumer*

Questo risultato può essere ottenuto esclusivamente attraverso l'impiego di impianti fotovoltaici, i quali porterebbero ad un significativo aumento della potenza installata sul territorio, in base allo scenario selezionato.

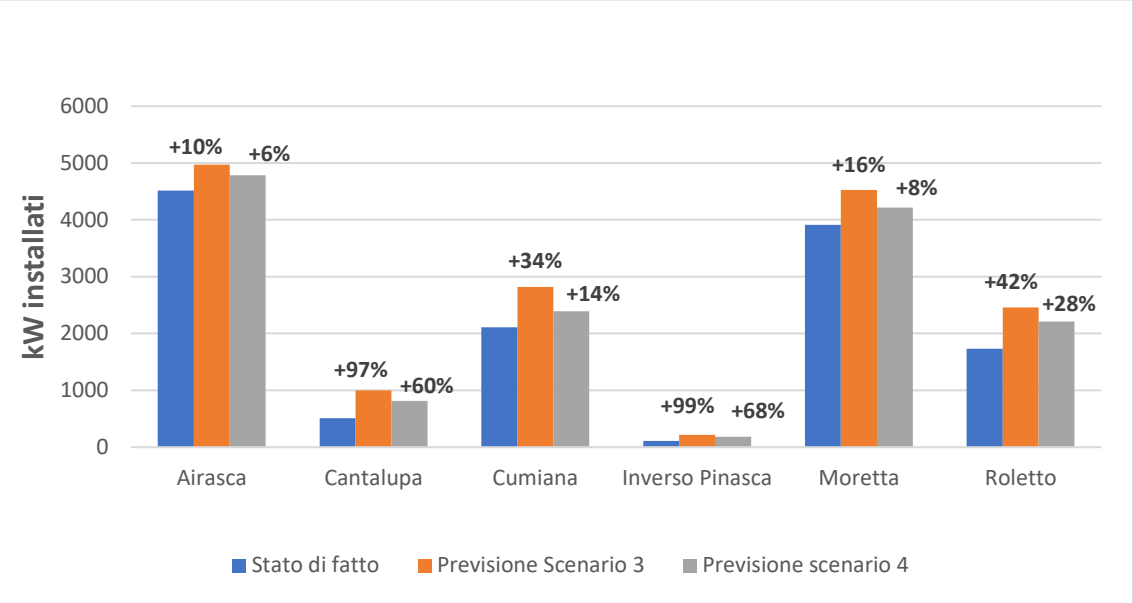

Figura 99 *Potenza installata e incremento di potenza installata per scenario.*

L'intera comunità energetica potrà avere un indice di autosufficienza (SSI) compreso tra il 28 e il 33%.

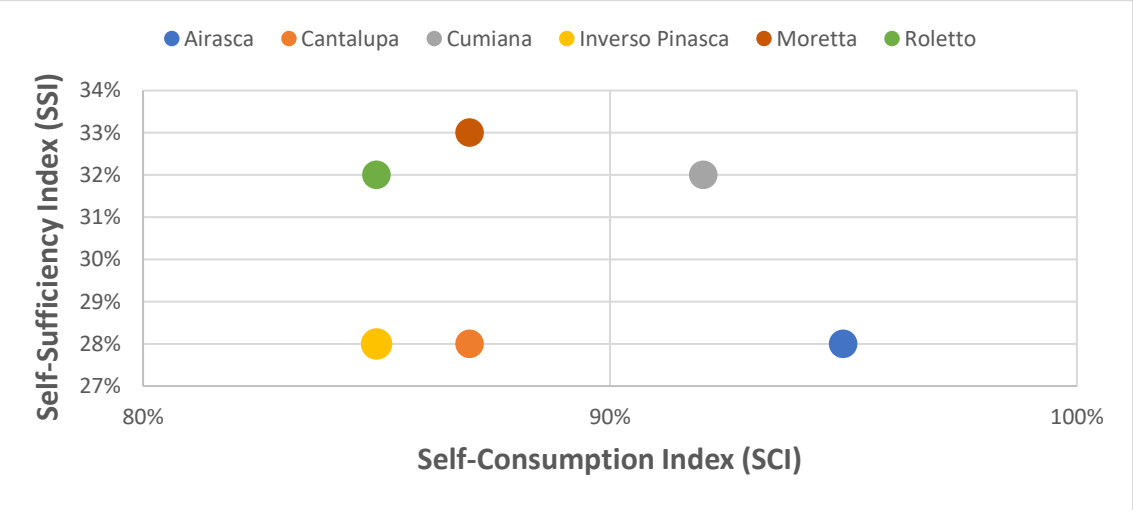

Figura 100 *Indice di autosufficienza e autoconsumo annuale per le comunità energetiche.*

La combinazione tra fotovoltaico e le altre fonti di energie presenti sul territorio, come idroelettrico e biomasse, potrebbe portare a un aumento significativo dell'autosufficienza energetica in alcuni comuni, raggiungendo addirittura il 100%.

Ad esempio ad Airasca ,che nel 2019 ha registrato dei consumi annui di 12GWh/anno ,è presente un impianto di produzione di energia da biomasse solide con potenza di 14.000kW in grado di produrre circa 113GWh/anno. Tenendo in considerazione i dati forniti dall'ARPA, secondo i quali l'impianto di Airasca funziona mediamente per 8.000 ore all'anno (corrispondenti a 333 giorni), è evidente che l'energia prodotta dal fotovoltaico potrebbe compensare almeno in parte i giorni di fermo dell'impianto di biomassa.
In questo modo, la comunità di Airasca sarebbe meno dipendente da una singola fonte di energia e potrebbe affrontare con maggiore tranquillità eventuali interruzioni nell'operatività dell'impianto di biomassa.
La diversificazione delle fonti di energia rinnovabile ridurrebbe la vulnerabilità della comunità alle fluttuazioni dei prezzi delle materie prime e alle crisi energetiche globali e contribuirebbe a garantire una fornitura energetica continua e stabile. Ciò permetterebbe alla comunità di gestire in modo più stabile e sostenibile le proprie risorse energetiche locali.

Lo stesso accade ad Inverso Pinasca che ha registrato consumi annuali nel 2019 intorno ai 2GWh e possiede un impianto idroelettrico da 4799kW che produce mediamente 10GWh/anno.

Dall'analisi economica condotta è emerso che, considerando gli incentivi correnti, il tempo di recupero dell'investimento (Payback period) varia tra 3 e 5 anni. Un breve tempo di recupero dell'investimento consente agli utenti di beneficiare rapidamente dei risparmi energetici e dei minori costi di gestione. Inoltre, una volta superato il periodo di ritorno, i proprietari del sistema fotovoltaico possono godere di un flusso continuo di risparmi economici (derivanti dalla quota autoconsumata) e ricavi (derivanti dalla quota di energia condivisa o venduta) in quanto l'energia solare è una fonte gratuita e abbondante.

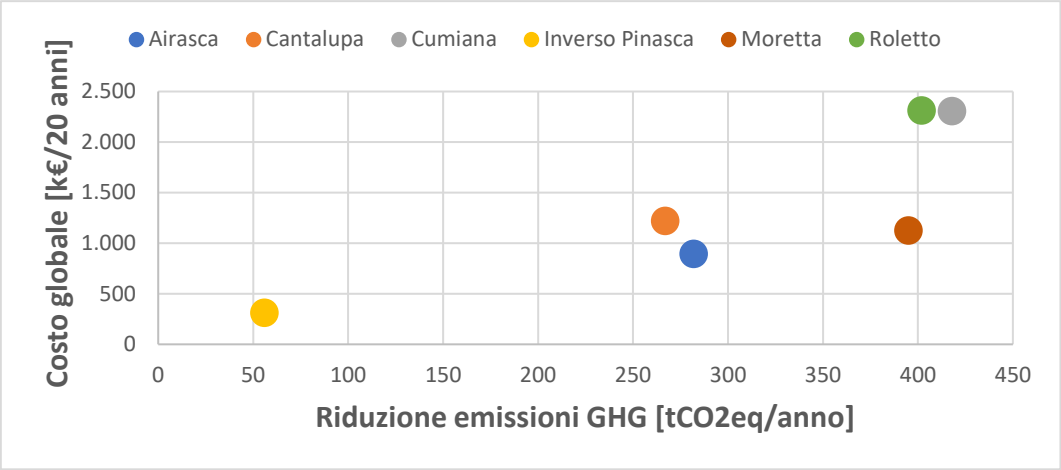

Figura 101 *Costo globale ai 20 anni in funzione della riduzione di emissioni di gas serra*

La creazione delle comunità energetiche porterebbe, sul territorio Pinerolese, ad una riduzione di emissione di gas a effetto serra pari a 1820 tCO2eq/anno ed a importanti benefici economici.

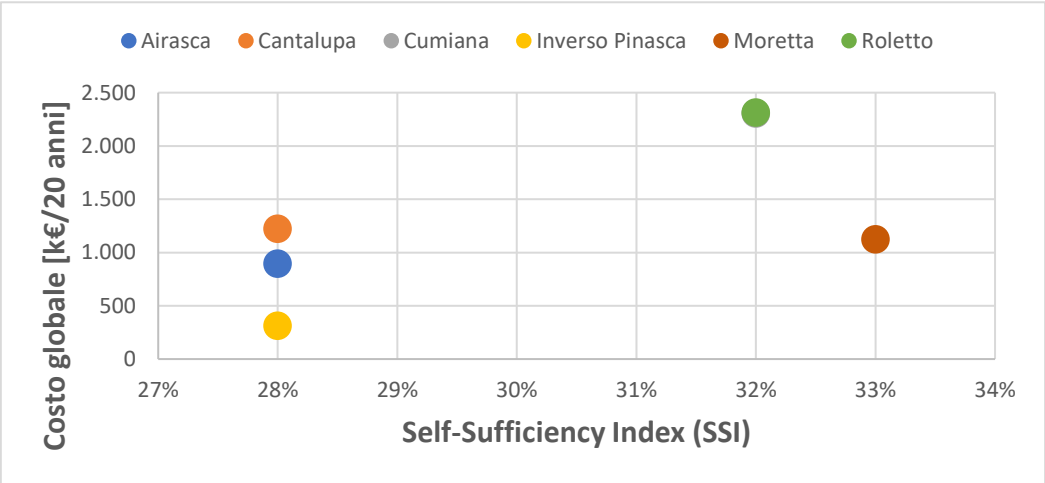

Figura 102 *Costo globale ai 20 anni in funzione dell'indice di autosufficienza (SSI)*

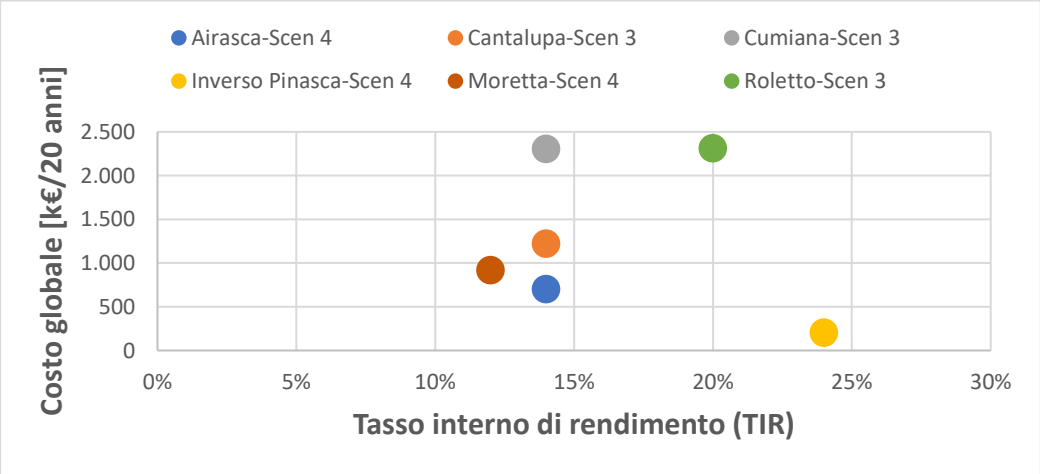

Figura 103 *Costo globale ai 20 anni in funzione del tasso interno di rendimento per gli investimenti migliori*

Gli scenari analizzati hanno rivelato tassi interni di rendimento (TIR) molto positivi su un periodo di 20 anni, compresi tra il 14% e il 24%. Questi risultati indicano che gli investimenti sulle comunità energetiche rinnovabili hanno il potenziale per generare un rendimento attraente nel lungo termine.

In conclusione, le comunità energetiche rappresentano il punto di partenza fondamentale per avviare una transizione energetica incentrata sui consumatori e sull'ambiente promuovendo una società:

- Sostenibile;
- Resiliente, riducendo la dipendenza dalle reti tradizionali. Questo aspetto è particolarmente importante considerando i cambiamenti climatici e la necessità di affrontare eventi estremi che possono interrompere l'erogazione di energia da fonti centralizzate;
- Partecipativa.

Bibliografia

[1] TERNA, *Annuario statistico,2021,* https://download.terna.it/terna/Terna_Annuario_Statistico_2021_8dafd2a9a68989c.pdf

[2] ISPRA, *Le emissioni di gas serra in Iitalia: obiettivi di riduzione e scenari emissivi ,2023,* https://www.isprambiente.gov.it/files2023/pubblicazioni/rapporti/rapporto_384_2023_le-emissioni-di-gas-serra-in-italia.pdf

[3] Marialaura Di Somma, Claudia Meloni, Gianluca D'Agosta, *Le Energy Community nel quadro delle politiche europee e nazionali per la transizione energetica,* ENERGIA AMBIENTE E INNOVAZIONE, 2020, n.2, p. 113-115, https://www.eai.enea.it/component/jdownloads/?task=download.send&id=137&catid=6&Itemid=101

[4] DIRETTIVA (UE) 2018/2001 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO dell'11 dicembre 2018 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (rifusione), https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001

[5] ART-ER, *I Quaderni per la Transizione Energetica: Comunità Energetiche Rinnovabili e Gruppi di Autoconsumatori #1 - Introduzione ai Modelli di Condivisione dell'Energia,2022,* https://energia.regione.emilia-romagna.it/notizie/notizie-home/2022/quaderno-comunita-energetiche-1.pdf

[6] ENEA, *LE COMUNITÀ ENERGETICHE IN ITALIA,Una guida per orientare i cittadini nel nuovo mercato dell'energia,2020, https://iris.enea.it/retrieve/dd11e37c-eaac-5d97-e053-d805fe0a6f04/Guida_Comunita-energetiche.pdf*

[7] ENEA,*La comunità energetica-Vademecum,2021, https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-volumi/2021/opuscolo-comunita-energetica.pdf*

[8] Jaime D'Alessandro, *In origine furono le cooperative, così sono nate le comunità energetiche,la Repubblica,9 Settembre 2022, https://www.repubblica.it/green-and-blue/2022/09/09/news/comunita_energetiche_storia_nascita_rinnovabili_origine_europa_cooperative-364574740/*

[9] Società Elettrica in Morbegno: SEM, https://www.sem-morbegno.it/ChiSiamo.html

[10] SECAB, *111ª Assemblea ordinaria dei soci,2022, https://res.secab.ezkk.com/system/attachments/attachment_files/000/003/241/original/bilancio2021_303.pdf?1671461126*

[11] SECAB: Società Elettrica Cooperativa Alto But, https://www.secab.it/it

[12] Legambiente , *Comune di Prato allo Stelvio e Coop E-Werk Prad, Comunità rinnovabili obbiettivo 100% ,2020, https://www.comunirinnovabili.it/comune-di-prato-allo-stelvio-e-coop-e-werk-prad/*

[13] Legambiente, *Comunità rinnovabili ,2022,* https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/05/Comunita-Rinnovabili-2022_Report.pdf?_gl=1*mcnik3*_up*MQ..*_ga*MTA3MzEzMDE4OS4xNjg1NDU5MTM3*_ga_LX7CNT6SDN*MTY4NTQ1OTEzNC4xLjAuMTY4NTQ1OTEzNC4wLjAuMA..

[14] Legambiente, *Comunità rinnovabili ,2022 ,* https://www.legambiente.it/rapporti-e-osservatori/comunita-rinnovabili/

[15] Legambiente, *GECO – Green Energy Community,2020,* https://www.comunirinnovabili.it/geco-green-energy-community/

[16] Alessandra De Luca, *Comunità Energetiche: normativa aggiornata, SENEC, 2023,* https://senec.com/it/comunita-energetiche-normativa-aggiornata

[17] Camera dei Deputati-Documentazione parlamentare*, I principali contenuti della Direttiva RED II,2022,* https://temi.camera.it/leg18/post/i-principali-contenuti-della-direttiva-red-ii.html#:~:text=I%20principali%20contenuti%20della%20Direttiva%20RED%20II&text=La%20Direttiva%20(UE)%202018%2F,1%20e%20articolo%203%2C%20par.

[18] PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA,2019, https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf

[19] Eurostat, *22% of energy consumed in 2021 came from renewables,2023,* https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/DDN-20230119-1?language=it

[20] Eurostat, *Share of energy from renewable source in gross electricity consumption,2023.*

[21] Eurostat, *Source of renewable energy in gross electricity consumption,2023.*

[22] Eurostat, *Energy from renewable sources in transport,2022.*

[23] EUR-Lex, *Mercato interno dell'energia elettrica (a partire dal 2021),2019 ,* https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/internal-market-in-electricity-from-2021.html

[24] Direttiva (UE) 2019/944 del 5 Giugno 2019 relativa a norme comuni per il mercato interno dell'elettricità, https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/944/oj

[25] LEGGE 28 febbraio 2020, n. 8., Gazzetta ufficiale della repubblica Italiana, https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2020/02/29/51/so/10/sg/pdf

[26] Decreto Ministeriale 16 Settembre 2020, *Individuazione della tariffa incentivante per la remunerazione degli impianti a fonti rinnovabili inseriti nelle configurazioni sperimentali di autoconsumo collettivo e comunità energetiche rinnovabili, in attuazione dell'articolo 42-bis, comma 9, del decreto-legge n. 162/2019, convertito dalla legge n. 8/2020. ,* https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2020/11/16/285/sg/pdf

[27] ARERA, *Delibera 318/2020/R/eel,* https://www.arera.it/allegati/docs/20/318-20alla.pdf

[28] Regione Piemonte , *LE COMUNITA' ENERGETICHE RINNOVABILI, Direzione Ambiente, Energia e Territorio - Settore Sviluppo Energetico Sostenibile,2023 ,* https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2023-02/comunita_energetiche_slide_feb2023.pdf

[29] DECRETO LEGISLATIVO 8 novembre 2021, n. 199, *Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili,* *https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2021/11/30/285/so/42/sg/pdf*

[30] Energy intelligence, *NORMATIVA NAZIONALE*, 2020 , https://www.energyintelligence.it/normative-delibere-bandi/decreto-mise-novita-per-le-comunita-energetiche-e-i-gruppi-di-autoconsumo-collettivo/

[31] Regione Piemonte, *Legge regionale 3 agosto 2018, n. 12., Promozione dell'istituzione delle comunità energetiche,* *http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2018/32/attach/aa_aa_regione%20piemonte%20-%20legge%20regionale_2018-08-06_64524.pdf*

[32] Regione Piemonte, *Deliberazione della Giunta Regionale 8 marzo 2019, n. 18-8520 ,* *http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2019/11/attach/dgr_08520_990_08032019.pdf*

[33] Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, *Accordo di Parigi, 2016,* *https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:22016A1019(01)*

[34] European Commission, *Clean energy for all Europeans package completed: good for consumers, good for growth and jobs, and good for the planet,2019,* *https://commission.europa.eu/news/clean-energy-all-europeans-package-completed-good-consumers-good-growth-and-jobs-and-good-planet-2019-05-22_en*

[35] Camera dei deputati , *La programmazione energetica nel Clean energy package: il Piano nazionale per l'energia ed il clima, Servizio Studi,2019 ,* *https://www.4-energy.it/wp-content/uploads/2019/12/Clean-energy-package.pdf*

[36] Comune di Scalenghe, *Istituita l'ATS Comunità dell'Energia del Pinerolese, Le news, 2021* https://www.comune.scalenghe.to.it/archivio/news/Istituita-l_ATS-Comunita-dellEnergia-del-Pinerolese_1401.asp

[37] Comunità energetica del Pinerolese, *Lo scopo dell'A.T.S.,* *https://www.atspinerolese.it/*

[38] Fondazione compagnia di San Paolo, *Comunità Energetica Pinerolese, BANDO NEXT GENERATION WE. COMPETENZE, STRATEGIE, SVILUPPO DELLE PUBBLICHE AMMINISTRAZIONI,2023.*

[39] Guglielmina Mutani, Silvia Santantonio, Simone Beltramino, *Indicators and Representation Tools to Measure the Technical-Economic Feasibility of a Renewable Energy Community. The Case Study of Villar Pellice (Italy), International Journal of Sustainable Development and Planning, Vol. 16, No. 1, February 2021, pp. 1-11.*

[40] Decreto Legge 34/2019, *Misure urgenti di crescita economica e per la risoluzione di specifiche situazioni di crisi,* *https://www.gazzettaufficiale.it/static/20200519_128_SO_021.pdf*

[41] Legge 29 Dicembre 2022 n°197, *Bilancio di previsione dello Stato per l'anno*

finanziario 2023 e bilancio pluriennale per il triennio 2023-2025. ,

https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2022/12/29/303/so/43/sg/pdf

[42] Arera, *Andamento del prezzo dell'energia elettrica per il consumatore domestico tipo in maggior tutela, https://www.arera.it/it/dati/eep35.htm*

[43] GSE, *Ritiro dedicato- Prezzi medi mensili 2023, https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/ritiro-dedicato/documenti*

[44] Guglielmina Mutani, Simone Beltramino,Anna Forte, *A Clean Energy Atlas for Energy Communities in Piedmont Region (Italy) ,International Journal of Sustainable Development and Planning, Vol. 15, No. 3, June 2020, pp. 343-353.*

[45] ARPA-Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale, *Blue Power s.r.l. di Airasca (ex C&T S.p.A)- I dati, https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/impianti/c-t-s.p.a/2014/i-dati-di-c-t-spa-di-airasca*