



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M. FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**"LE COMUNITA' ENERGETICHE: OPPORTUNITA', FATTORI
ABILITANTI E BARRIERE"**

RELATORE:

CH.MO PROF. CESARE DOSI

LAUREANDO: LORENZO VANELLA

MATRICOLA N. 1217222

ANNO ACCADEMICO 2021 – 2022

Dichiaro di aver preso visione del “Regolamento antiplagio” approvato dal Consiglio del Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali e, consapevole delle conseguenze derivanti da dichiarazioni mendaci, dichiaro che il presente lavoro non è già stato sottoposto, in tutto o in parte, per il conseguimento di un titolo accademico in altre Università italiane o straniere. Dichiaro inoltre che tutte le fonti utilizzate per la realizzazione del presente lavoro, inclusi i materiali digitali, sono state correttamente citate nel corpo del testo e nella sezione ‘Riferimenti bibliografici’.

I hereby declare that I have read and understood the “Anti-plagiarism rules and regulations” approved by the Council of the Department of Economics and Management and I am aware of the consequences of making false statements. I declare that this piece of work has not been previously submitted – either fully or partially – for fulfilling the requirements of an academic degree, whether in Italy or abroad. Furthermore, I declare that the references used for this work – including the digital materials – have been appropriately cited and acknowledged in the text and in the section ‘References’.

Firma (signature)

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and strokes, positioned to the right of the 'Firma (signature)' label.

Indice

Introduzione.....	4
Modelli di Comunità Energetiche e loro implementazione.....	5
1.1. Cos'è una comunità energetica?	5
1.2. Evoluzione nel mercato dell'energia e i suoi principali stakeholder.....	5
1.3. Aspetti regolatori a livello europeo.....	6
1.4. I componenti delle comunità energetiche.....	9
1.5. Gli obiettivi dei componenti e degli altri stakeholder	12
Fattori abilitanti alle Comunità Energetiche.....	15
2.1 Istituzioni Formali.....	15
2.1.1 Feed-in tariff	15
2.1.2 Design Option	16
2.1.3 Risk Mitigation	17
2.1.4 Feed-In Premium and Quota Obligation	18
2.1.5 A confronto	19
2.2 Istituzioni Informali	20
2.3 Barriere allo sviluppo delle Comunità Energetiche	20
2.4 Caso Italia	21
2.4.1 Decreto Milleproroghe	21
2.4.2 Regolazione Arera	22
2.4.3 Decreto Attuativo MISE	23
2.4.4 Recepimento Direttive.....	23
2.4.5 Decreto FER1.....	24
2.5 Stato dell'arte in Italia	25
Blockchain: fattore abilitante per le Comunità Energetiche	26
3.1 La tecnologia delle Blockchain.....	26
3.1.1 Smart Contract.....	28
3.1.2 Token	29
3.2 Decentralised energy trading	29
3.3 Energy tracking & certificate trading	30
3.4 Nuovi strumenti per il finanziamento delle CE	31
3.5 Blockchain Energy Model	32
Considerazioni finali	35
Riferimenti bibliografici	37

Introduzione

La transizione verso modi di produzione e consumo più sostenibili è diventata una delle grandi sfide del presente. In questo contesto, scenari di autoconsumo collettivo e la creazione di comunità energetiche saranno imprescindibili per trasformare l'attuale sistema elettrico centralizzato, alimentato da combustibili fossili, in un sistema decentrato ed efficiente, alimentato prevalentemente con energie pulite e inesauribili. Questo elaborato si prefigge di offrire una panoramica in merito alle comunità energetiche, evidenziandone le potenzialità di sviluppo identificando possibili schemi di supporto e la blockchain come possibile tecnologia abilitante.

Il primo capitolo analizza il contesto europeo: il concetto di comunità energetica, descrivendone le caratteristiche e gli attori interni ed esterni; il secondo capitolo tratta i fattori abilitanti e le barriere per lo sviluppo delle comunità energetiche in Europa, è presente anche uno zoom sulla situazione italiana, con particolare attenzione alla normativa sull'autoconsumo di energia elettrica. Il capitolo 3 invece cerca di fornire una risposta alla domanda: può la tecnologia blockchain soddisfare l'esigenza del mercato di integrare le fonti energetiche decentralizzate nel sistema. Si spiega quindi cos'è una tecnologia blockchain, i principali strumenti da poter implementare e i principali modelli di gestione di una CE.

Capitolo 1

Modelli di Comunità Energetiche e loro implementazione

1.1. Cos'è una comunità energetica?

Le comunità energetiche (CE) sono una modalità di aggregazione su base volontaria di cittadini, imprenditori, autorità pubbliche o enti locali interessati a cooperare per offrire servizi energetici alla comunità combinando obiettivi non commerciali a obiettivi sociali e ambientali.

Le comunità energetiche (CE) svolgono varie attività nel settore in cui operano. Ciò include la produzione di energia rinnovabile, la fornitura di servizi di efficienza energetica, la vendita al dettaglio, la distribuzione, lo stoccaggio, l'aggregazione oltre a offrire servizi di flessibilità, definiti come “una gamma di soluzioni esistenti e in via di sviluppo utili a bilanciare domanda e offerta nella rete elettrica e supportarne un uso efficiente”.

Le comunità energetiche (CE) sono il risultato di un lungo processo di transizione da un sistema di produzione e distribuzione dell'energia centralizzato ad un sistema decentralizzato e più democratico. Il concetto rivoluzionario sui sistemi di rete è stato: prevenire gli sprechi energetici e utilizzare l'energia in eccesso per svolgere un ruolo nel mercato con un prezzo competitivo.

I benefici generalmente riconosciuti ai membri delle CE sono l'aumento dell'efficienza energetica, la riduzione delle bollette elettriche, delle emissioni di carbonio, nonché il sostegno all'economia locale e la creazione di nuove opportunità di lavoro.

1.2. Evoluzione nel mercato dell'energia e i suoi principali stakeholder

La grande evoluzione intervenuta nel mercato dell'energia non corrisponde all'evoluzione tecnologica dei sistemi di produzione della stessa ma coinvolge principalmente i sistemi di distribuzione. La rete elettrica è infatti un sistema che comprende una grande numero di connessioni tra clienti energetici, ovvero i produttori e i consumatori.

Il numero di interconnessioni, aumentate per distribuire energia alle piccole utenze industriali e domestiche, ha portato ad avere un sistema operativo più complesso e instabile. Gli avanzamenti nelle *information and communication technologies (ICT)* hanno fatto nascere l'idea di applicare questi dispositivi ai sistemi di distribuzione energetica tradizionali, definiti *Traditional Grids*. Gli *smart meters* sono dispositivi utilizzati per documentare informazioni

come i livelli di tensione, fattore di potenza e la corrente e abilitano lo *Smart metering*: la funzione che permette di misurare le comunicazioni in modo bidirezionale tra produttori e consumatori.

La transizione verso le *Smart Grids* ha permesso di sfruttare gli *smart meters* e le funzioni connesse per monitorare in tempo reale i flussi di energia e regolare domanda e offerta, di conseguenza, riducendo i problemi di congestione e fornendo al tempo stesso informazioni utili ai consumatori e produttori.

Inoltre, molte comunità energetiche (CE) sfruttano queste applicazioni per gestire il modo in cui l'energia generata dalla comunità viene utilizzata all'interno della comunità stessa e/o ottenere entrate dal commercio di energia, dal supporto alla rete e dai servizi di bilanciamento energetico.

Generalmente le CE operano come *Micro Smart Grids* connesse con le infrastrutture nazionali, interfacciandosi con altri attori del mercato energetico:

- *TSOs (Transmission System Operators)*, entità responsabili del trasporto di energia solitamente su un alto livello di tensione e su lunghe distanze
- *DSOs (Distribution System Operators)*, entità responsabili del sistema di distribuzione per trasportare l'energia da aree ad alta a bassa tensione
- Governo e/o Le Autorità per la concorrenza, enti pubblici garanti delle politiche energetiche nazionali e responsabili per il regolamento del mercato dell'energia.
- *Energy suppliers*, attori responsabili della contrattazione e stipulazione del contratto di rete tra l'operatore e la CE

1.3. Aspetti regolatori a livello europeo

Nella qualificazione delle CE ha avuto un ruolo fondamentale l'introduzione di alcune normative europee. Nel Maggio 2019 le istituzioni europee hanno revisionato il loro proprio quadro normativo di politica energetica attraverso l'approvazione del *Clean Energy for All Europeans Legislative Package* (CEP) e, in particolare delle direttive *Renewable Energy Directive II* (REDII), *Internal Electricity Market Directive* (IEMD) e del regolamento EU *Internal Electricity Market Regulation* (IEMR) introducono due concetti le:

- *Renewable Energy Communities* (RECs)
- *Citizen Energy Communities* (CECs)

Entrambe le tipologie sono caratterizzate da una serie di criteri che devono essere rispettati perché si possano qualificare come comunità energetiche (CE) (si veda il [Box 1](#)).

Box 1: Definizioni delle comunità energetiche contenute nel CEP

Article 2(16) Recast Renewable Energy Directive 'Renewable Energy Community'	Article 2(11) Recast Electricity Directive 'Citizen Energy Community'
A legal entity; which, in accordance with the applicable national law, is based on open and voluntary participation, is autonomous, and is effectively controlled by shareholders or members that are located in the proximity of the renewable energy projects that are owned and developed by that legal entity; the shareholders or members of which are natural persons, SMEs or local authorities, including municipalities; the primary purpose of which is to provide environmental, economic or social community benefits for its shareholders or members or for the local areas where it operates, rather than financial profits.	A legal entity that: is based on voluntary and open participation and is effectively controlled by members or shareholders that are natural persons, local authorities, including municipalities, or small enterprises; has for its primary purpose to provide environmental, economic or social community benefits to its members or shareholders or to the local areas where it operates rather than to generate financial profits; and may engage in generation, including from renewable sources, distribution, supply, consumption, aggregation, energy storage, energy efficiency services or charging services for electric vehicles or provide other energy services to its members or shareholders;

Fonte: REScoop.eu, energy communities transposition guidance

Il primo di questi criteri è comune alle REC's ed alle CEC's: la soggettività giuridica che devono entrambe possedere. Infatti, quest'ultima è l'elemento distintivo tra le CE e i gruppi di auto-consumatori che agiscono collettivamente in virtù di un accordo privato. La normativa europea lascia discrezionalità agli Stati membri perché definiscano le forme giuridiche più appropriate per regolare legalmente le CE, le più comuni sono quelle delle: cooperative, fondazioni, imprese non-profit e associazioni.

Sia le REC's che le CEC's si basano su un principio di aperta e volontaria partecipazione consistente in particolare:

- Nella massima apertura ai cittadini deve essere garantita attraverso la definizione di criteri trasparenti e non arbitrari di partecipazione in modo che nessuno possa essere

discriminato; e pertanto ad esempio non deve essere prevista una soglia minima di investimento.

- Nella volontarietà per tale intendendosi il diritto di qualunque membro della comunità a sciogliersi dal contratto collettivo. Nel caso specifico delle RECs il rapporto tra la CE e i suoi membri è di due tipologie: (i) un rapporto *business-customer* e (ii) un rapporto *member/investor*. In merito al *business-customer relationship* la normativa vigente in Europa garantisce ai consumatori il diritto di cambiare provider di servizi energetici in qualunque momento. In merito alla *investor relationship* le norme vigenti anche a livello statale già regolano il processo di adesione o fuoriuscita da cooperative, compagnie e/o associazioni per gli shareholder sennonché possono essere necessari accorgimenti in modo da limitare la possibilità dei partecipanti di dissolvere i loro investimenti nella CE, per garantirne la sostenibilità finanziaria nel lungo periodo.

Inoltre, altro principio comune alle RECs e le CECs è quello dello Scopo Primario che non deve essere identificato con una finalità lucrativa bensì con quella di “fornire benefici ambientali, economici o sociali a livello di comunità ai propri azionisti o membri o alle aree locali in cui opera, piuttosto che profitti finanziari.” La normativa EU non proibisce alle CE di generare profitti o alcuna forma di return on investment purché siano reinvestiti nelle attività della comunità. Appare però evidente come la definizione comunitaria riguardante i benefici “ambientali, economici o sociali” sia molto vaga e richieda una declinazione *country-specific*.

Il concetto di Controllo Effettivo è presente come requisito in entrambe le definizioni di RECs e CECs: ciò che viene declinato diversamente tra le due CE è la sua condizione di esercizio.

- Nella definizione delle RECs la prossimità geografica dei membri o shareholders alla CE è la condizione per l’esercizio dell’influenza e ogni Stato ha la facoltà di specificare i propri criteri di prossimità. In considerazione della circostanza che le CECs, a differenza delle RECs, possono operare solo a livello nazionale, il legislatore europeo ha definito un'altra condizione per limitare le ingerenze di grandi gruppi industriali; pertanto, la condizione di esercizio per le CECs è l’ordine di grandezza, potendo farne parte solo: privati cittadini, autorità locali e le piccole e medie imprese.

Un’altro criterio distintivo tra le due definizioni comunitarie di RECs e CECs è l’idoneità a far parte della comunità energetica.

- Nella definizione delle RECs si fa riferimento esplicito alle autorità locali (municipalità), piccole e medie imprese e ai privati come gli attori idonei a diventare membri delle CE. Questa provision ha lo scopo di limitare la partecipazione di imprese di grandi dimensioni alle RECs. L'art 22(1) nella REDII specifica ulteriormente delle condizioni di inidoneità per la partecipazione nelle RECs (si veda il [Box 2](#)) focalizzandosi su attori commerciali operanti nel settore energetico, le *energy companies*:

- attori che sono coinvolti in attività per la pianificazione, manutenzione e fornitura di servizi alle RECs e che, quando il rischio di abuso di posizione dominante da parte delle *energy companies* è alto, non dovrebbero risultare idonei a diventare membri o shareholders delle CE, mentre, quando il rischio di abuso di posizione dominante è basso, i singoli Stati potrebbero/dovrebbero garantire alle *energy companies* la possibilità di diventare membri o shareholders, perché le RECs beneficerebbero dall'expertise di settore. Tuttavia, in linea di principio, si dovrebbe prevenire che le *energy companies* assumano un forte potere decisionale all'interno della CE.

Box 2: Criterio di eleggibilità per le RECs

Member States shall ensure that final customers, in particular household customers, are entitled to participate in a renewable energy community while maintaining their rights or obligations as final customers, and without being subject to unjustified or discriminatory conditions or procedures that would prevent their participation in a renewable energy community.

Fonte: REScoop.eu, energy communities transposition guidance

- Nel caso delle CECs, la definizione nella IEMD non fa alcun riferimento a criteri di idoneità per diventare membro o shareholder; nonostante ciò, come per le RECs, la partecipazione di *energy companies* alle CECs deve essere limitato in modo che non possano esercitare un controllo effettivo sulle stesse. (Tachelet, 2020).

1.4. I componenti delle comunità energetiche

Le comunità energetiche possono essere qualificate come clusters di diversi attori, composti da soggetti privati e giuridici, interessati alla produzione ed eventualmente alla distribuzione autonoma di energia. I soggetti interni a questi cluster possono essere classificati in tre categorie principali: *Consumers*, *Service Providers* e *Initiators*. (Gjorgievski et al., 2021) (si veda [Figura 4](#)):

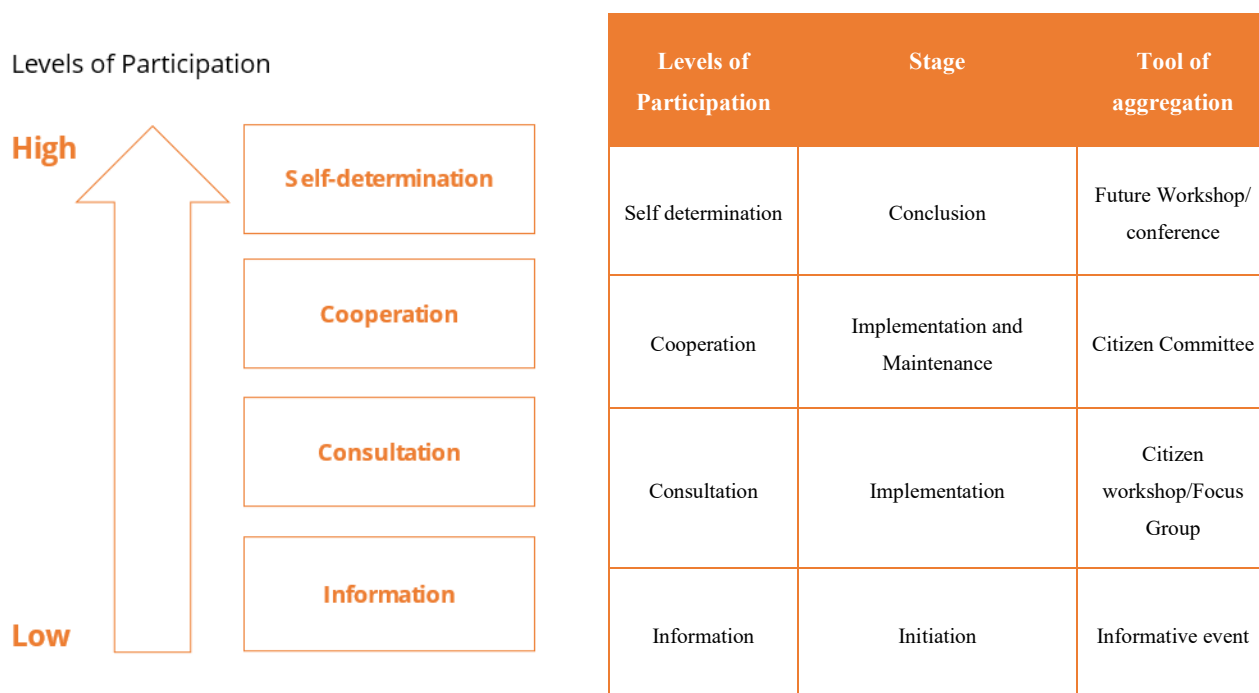
- La figura dei *Consumers* nell'energy market è cambiata notevolmente, trasformandosi da soggetti sostanzialmente passivi a soggetti che operano una valutazione più attiva dei servizi. I *Consumers* sono i soggetti che beneficiano dei servizi resi da altri attori; seppur non avendo investito in sistemi di produzione o accumulo di energia, beneficiano dall'essere membri di una CE.
- La figura dei *Service providers* ha subito negli ultimi anni delle infiltrazioni attraverso la figura dei *prosumers*, attori commerciali che si configurano come una combinazione di *producers* e *consumers*, che hanno assunto maggiore rilevanza grazie soprattutto allo sviluppo dei sistemi di accumulo e alla digitalizzazione del settore energetico.

Il ruolo di *Service Providers* è svolto da attori che si occupano di fornire servizi quali: la generazione, distribuzione, accumulo e fornitura di energia o servizi di carattere secondario come l'installazione e il mantenimento di attrezzatura. Gli impianti per la fornitura dei servizi sopramenzionati possono essere posizionati in loco (i pannelli solari sul tetto, le pompe di calore) oppure vicino alle CE (piccoli generatori solari o eolici delle comunità) o altrimenti in luoghi lontani (il caso di grandi progetti infrastrutturali quali i parchi eolici).

Nel caso di un mercato energetico frammentato, sono molteplici le tipologie di attori che possono svolgere il ruolo di *Service providers*, tra questi ci sono anche i già menzionati *prosumers*, i quali generalmente producono energia per soddisfare i propri fabbisogni ma in caso fossero generatori netti, sfruttando piattaforme di trading potrebbero agire da *Service Providers*.

- Gli *Initiators* sono gli attori che promuovono e avviano l'organizzazione di un progetto di comunità energetica coinvolgendo altri attori attraverso un insieme di strumenti partecipativi (si veda [Figura 3](#)). Questi strumenti variano in funzione del grado di partecipazione dei cittadini o membri della società civile:

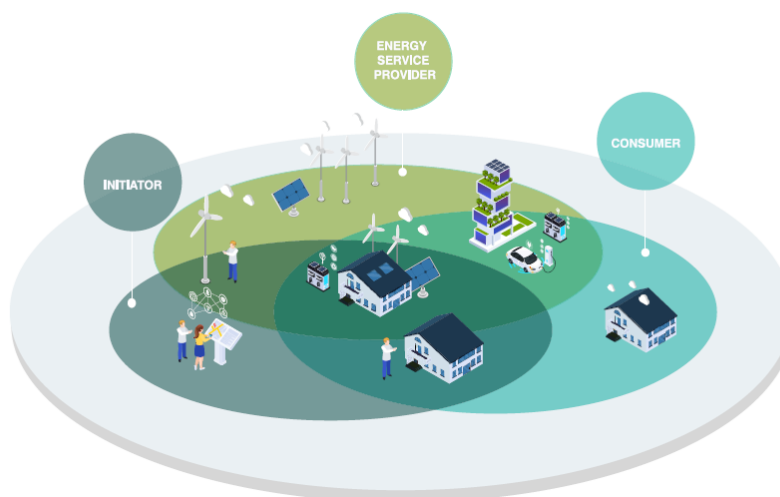
Figura 3: Strumenti di aggregazione in funzione del livello di partecipazione



Fonte: Nexus ECOISM, Participatory Toolbox for Energy Communities

Inoltre gli *Initiators* svolgono un ruolo cruciale perché devono conoscere le norme e le regole vigenti nel settore energetico e ciò richiede conoscenze e competenze specifiche (Vernay, 2020), tantoché la mancanza di *Intiators* può pregiudicare la realizzazione del progetto (Koirala et al.,2018). Gli *Initiators* possono o meno beneficiare dei servizi resi dalla CE, esclusivamente supportandone il finanziamento, come nel caso del Visitor Centar Pecka in Bosnia (Capell et al.,2020); altrimenti i diretti beneficiari come *consumers* e *prosumers* possono operare da *Initiators* generalmente con il supporto di finanziatori esterni alla CE, è questo il caso della CE a produzione energetica ibrida in Odhanturai, India (Lowitzsch et al,2020).

Figura 4: Ruoli degli attori nelle comunità energetiche



Fonte: Gjorgievski, V.Z. et al. (2021) Social arrangements, technical designs and impacts of energy communities

1.5. Gli obiettivi dei componenti e degli altri stakeholder

Le ragioni che determinano il successo delle comunità energetiche sono molteplici e alcuni autori affermano che siano assimilabili esclusivamente agli obiettivi dei diversi attori che vi partecipano. Non vengono presi in considerazione gli obiettivi degli stakeholder esterni alle comunità che perseguono fini comuni, a volte anche contrastanti a quelli delle CE.

L'eterogeneità delle CE comporta evidenti differenze in termini di motivazioni individuali dei membri. Generalmente gli obiettivi sono di tipo economico, sociale ed ecologico.

- Gli obiettivi di carattere economico in parte ruotano intorno alla capacità di agire collettivamente sotto il profilo giuridico della CE per sfruttare economie di scala, un maggiore potere contrattuale o la possibilità di accedere a nuovi mercati; oltre a ciò, i membri delle CE beneficiano di una riduzione nei costi di approvvigionamento energetico e dello spreco di energia, grazie all'utilizzo di strumenti di *smart metering*.
- Gli obiettivi di carattere sociale perseguiti dagli attori nelle CE sono molteplici: lo sviluppo di conoscenze e abilità, l'emancipazione delle comunità che, attraverso progetti energetici locali, incoraggiano a cambiare collettivamente i contesti sociali ed economici diventando autosufficienti.
- Gli obiettivi di carattere ecologico si manifestano nella promozione dei valori di sostenibilità intrinseci alla CE, nella lotta per decarbonizzazione e nella lotta per un consumo più efficiente di energia.

Le motivazioni di carattere ecologico e sociale dei membri di una CE sono generalmente secondarie agli obiettivi di carattere economico specialmente nel caso in cui i membri delle CE siano esclusivamente cittadini privati (Li et al., 2013); parallelamente è stato osservato come il valore attribuito alle cause sociali ed ecologiche possa non solo essere maggiore ma determinante per partecipare al progetto di piccole CE (Bauwens, 2019).

Gli stakeholders di maggior rilievo, gli attori maggiormente condizionati dalle CE sono sicuramente i *DNOs*, gli *Energy Suppliers* e i singoli Governi.

- Dal momento che i *DSOs* mirano a fornire una distribuzione sicura e affidabile di elettricità ai consumatori finali, le CE possono offrire vantaggi, riducendo le violazioni dei limiti di tensione e capacità energetica sfruttando le infrastrutture di stoccaggio dislocate nel territorio;(Laws et al., 2017)
- Per i Governi, le comunità energetiche utilizzando energie rinnovabili facilitano il processo di decarbonizzazione, decentramento e democratizzazione dell'energia. I Governi nazionali promuovono questi obiettivi attraverso una serie di incentivi, prestiti a tassi favorevoli, e *feed-in tariffs*¹ rivolti verso le CE.

In particolare, occorre precisare che due sono gli obiettivi perseguiti dai singoli Governi attraverso le CE: (i) la transizione verso un sistema di produzione più ecologico ed i suoi connessi benefici e (ii) la lotta alla povertà energetica.

La direttiva RED II recepita da tutti gli Stati europei riconosce l'importanza delle RECs nella transizione energetica. Le energie rinnovabili, inoltre, si adeguano bene ai sistemi di produzione decentralizzata e locale delle CE e si adattano a tutte le tipologie di progetto, di grandi o piccole dimensioni che siano.

Nonostante molti documenti governativi predichino il contributo positivo delle RECs e molti *research papers* dimostrino riduzioni di CO₂, GHG e polveri sottili ci sono delle incongruenze. I documenti governativi non associano i benefici ai costi per le comunità delle infrastrutture e i tempi di recupero dell'investimento. Alcuni research papers non prendono in considerazione alcun *business-as-usual scenario* come *counterfactual*, dichiarando benefici in modo assoluto mentre gli altri utilizzano sistemi di riferimento diversi, rendendo la revisione dei risultati non omogenea. (Gjorgievski et al., 2021)

¹ E' uno strumento di politica fiscale che lo Stato stabilisce per incentivare la produzione di energia da fonti rinnovabili

In Europa è stato stimato che, nel 2022, 34 milioni di persone sono in stato di povertà energetica, definita come: l'eccessiva distrazione di risorse dal proprio reddito per far fronte alle bollette energetiche o essere impossibilitati ad acquistare i servizi energetici essenziali. Il quadro europeo sulle comunità energetiche definito nel REDII e IEMD mira a fornire un quadro abilitante per tutti i consumatori “compresi quelli a basso reddito o vulnerabili famiglie”, tuttavia costi iniziali molto elevati e l'incertezza sul rapporto costi-benefici ostacolano il coinvolgimento dei consumatori vulnerabili nelle CE, questo vale non solo nei paesi a basso reddito ma anche in quelli ad alto reddito medio.

Nonostante ciò, i *Microgrids* in villaggi isolati e nell'Artico hanno funzionato correttamente, migliorando l'accesso all'energia e progetti di CE in piccole dimensioni hanno ridotto i costi energetici e migliorato l'efficienza d'uso in paesi in via di sviluppo.

Capitolo 2

Fattori abilitanti alle Comunità Energetiche

Le comunità energetiche (CE) utilizzano tecnologie di produzione che non sono competitive in termini di costi con le più tradizionali tecnologie di produzione, essendo, la struttura del mercato energetico, caratterizzata da grandi attori che esercitano posizione monopolistiche o quasi. La direttiva RED II nel Box obbliga gli Stati membri a introdurre un quadro abilitante per consentire alle CE di competere “alla pari”. (si veda il [Box 5](#))

Box 5: Art22, 4a

Member States shall provide an enabling framework to promote and facilitate the development of renewable energy communities. That framework shall ensure, inter alia, that unjustified regulatory and administrative barriers to renewable energy communities are removed.

Fonte: NEWCOMERS Deliverable 3.3

2.1 Istituzioni Formali

Le istituzioni formali sono essenziali per supportare la realizzazione di CE: attraverso disegni di legge su misura si facilita l'implementazione dei progetti energetici. I membri di una comunità possono trarre grandi vantaggi da una legislazione adeguata e dall'accesso a opportunità finanziarie e regimi di sostegno.

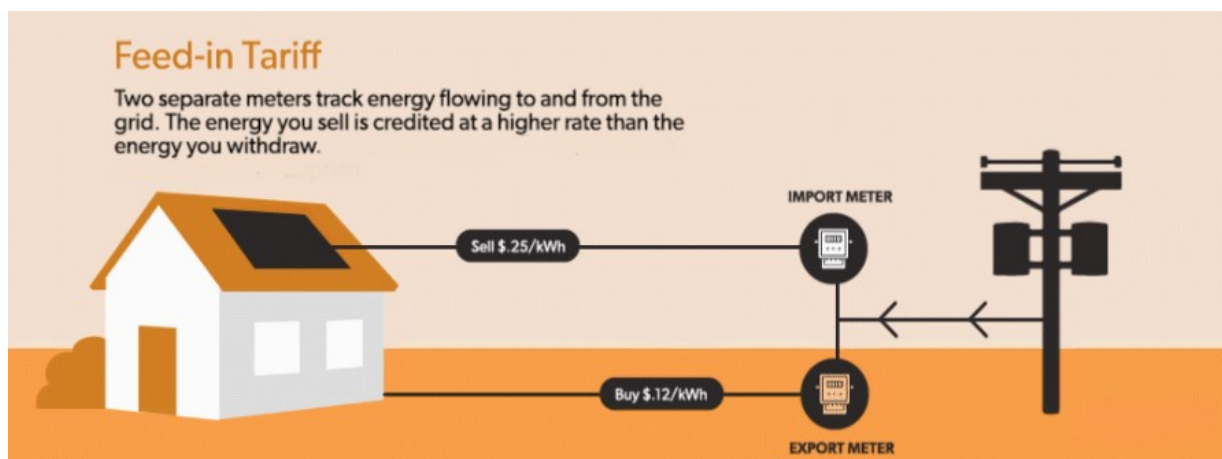
Feed-in tariffs (FiT), *Feed-in premium (FiP)* e Obblighi di quota sono i principali meccanismi utilizzati per stimolare la generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili. (Bauwens et al., 2015)

2.1.1 Feed-in tariff

Le *Feed-in tariffs (FiT)* sono un meccanismo di maggiorazione al prezzo di mercato dell'energia elettrica che si traduce in prezzi fissi che vengono pagati ai produttori di energia rinnovabile (RE) per ogni unità di energia prodotta e immessa nella rete elettrica. Viene quindi incentivata soltanto la quota di energia elettrica prodotta e immessa in rete.

Le *FiT* sono generalmente pagate dagli operatori di sistema (si veda [Figura 6](#)) o di mercato, spesso nell'ambito di accordi di acquisto di energia (PPA), inoltre questo sistema di incentivazione è generalmente garantito per un certo periodo di tempo, spesso correlato alla vita economica del rispettivo progetto.

Figura 6: Rappresentazione grafica delle *FiT*



Fonte: Unbound Solar

Sia l'efficacia che l'efficienza delle *Feed-in tariffs* dipendono dalla grandezza della tariffa garantita. Se questa tariffa fosse troppo bassa, ciò non comporterebbe un aumento significativo nella generazione di energia rinnovabile; se fosse troppo alta invece fornirebbe un reddito aggiuntivo ai *prosumers* attuali, attivando nel contempo attiverebbe investimenti a costi sempre più sproporzionati per i consumatori senza investimenti aggiuntivi.

Attualmente, nella maggior parte dei regimi a sostegno delle CE, le *FiT* sono determinate sulla base di un calcolo del costo dell'elettricità prodotta dalle RCEs; ciò consente di recuperare i diversi costi (*O&M*, carburante, finanziamento). In alcuni casi, le *FiT* sono state calcolate sulla base dei costi evitati per il sistema elettrico o per la società, comprese ad esempio le esternalità ambientali.

2.1.2 Design Option

Esistono diversi aspetti specifici di un progetto che possono essere utilizzati nella progettazione tariffaria e quindi per differenziare il livello di pagamento della tariffa (Couture et al.,2010).

- Le *FiT* sono solitamente differenziate in base alla **tecnologia** per riflettere le differenze nei costi di generazione tra le varie tecnologie impiegate. Ad esempio, ai progetti a energia eolica viene generalmente assegnata una tariffa inferiore rispetto ai progetti a energia fotovoltaica.
- Una seconda differenziazione viene spesso fatta anche per le dimensioni del progetto in termini di **capacità installata**. Il livello di pagamento più basso viene generalmente offerto agli impianti più grandi, riflettendo i guadagni che derivano dalle economie di

scala, mentre gli impianti di piccole/medie dimensioni beneficiano di un sistema tariffario più alto.

- In terzo luogo, le *FiT* possono essere differenziate in base alla **qualità** delle risorse in diverse località del progetto, ad esempio zone con alta velocità media del vento produrranno più elettricità dallo stesso investimento di capitale.

Ci sono anche altri elementi accessori di progettazione che spesso vengono presi in considerazione, tra questi il **meccanismo di degressione automatica**. Questo sistema di riduzione tariffaria viene utilizzato per mantenere le tariffe in linea con l'evoluzione dei costi. La degressione può avvenire in momenti specifici o al raggiungimento degli obiettivi di capacità produttiva e può essere predeterminata (ad es. una riduzione percentuale annua fissa del *FiT*) oppure può essere reattiva (ad es. correlata con il tasso di crescita del mercato).

2.1.3 Risk Mitigation

Il successo delle *Feed-in-tariffs* nell'aumentare la quota di rinnovabili può essere spiegato in termini di minor rischio/maggiore sicurezza offerta agli investitori rispetto ad altri meccanismi di supporto (Mitchell et al., 2006) I benefici in termini di sicurezza si rivolgono specificamente al price risk, volume risk, balancing risk.

- Le *FiT* non presentano alcun price risk per le CE poiché il prezzo pagato dagli operatori non dipende dal prezzo di mercato. Considerando un qualunque mercato energetico liberalizzato, questa tipologia di garanzia ha un grande valore dovuta alla volatilità dei prezzi dell'energia. I principali operatori di mercato sostengono elevate *hedging*² *fees* per ridurre il rischio. I piccoli attori, come le CE, tendono ad essere relativamente avversi al rischio perché hanno un portafoglio meno diversificato e una capacità limitata di auto finanziamento. La *feed-in tariff*, essendo garantita, garantisce alle CE non solo un prezzo che si trova al di sopra del prezzo di mercato ma fornisce anche una copertura contro la volatilità dei prezzi. Più alta è la volatilità di prezzo, maggiore è il valore della *FiT*.
- In un sistema caratterizzato da *FiT* non vi è alcun volume risk perché l'operatore di rete è obbligato ad accettare tutta l'energia elettrica prodotta dalle CE

² È una strategia di gestione del rischio utilizzata per compensare le perdite negli investimenti assumendo una posizione opposta in un asset correlato

- Generalmente i regimi con *FiT* evitano il *balancing risk*, le CE non devono fornire alcun profilo di carico agli operatori che devono, a prescindere, remunerare l'energia elettrica a una tariffa fissa (Bauknecht, 2003).

2.1.4 Feed-In Premium and Quota Obligation

I *feed-in premium (FiP)* sono un meccanismo di incentivazione in cui l'elettricità prodotta da fonti rinnovabili viene generalmente venduta sui mercati spot e i produttori ricevono un premio in aggiunta al prezzo di mercato della loro produzione di elettricità per un determinato intervallo di tempo: tecnicamente i *FiP* sono applicabili anche all'energia auto consumata. Il regime di *FiP* può essere sia *fixed* (costante indipendente dai prezzi di mercato) che *sliding* (variabile a seconda dell'evoluzione dei prezzi di mercato) e può essere differenziato in base alla tecnologia, capacità installata e qualità allo stesso modo in cui ciò avviene per *FiT*. (Couture et al., 2010).

I *fixed FiP* sono più semplici nella progettazione, ma esiste il rischio di sovra compensazione in caso di prezzi di mercato elevati e di sotto compensazione in caso di prezzi di mercato bassi. Pertanto, i *fixed FiP* sono solitamente abbinati a dei *floor levels* e *cap levels* predeterminati sia per il *FiP* che per la remunerazione complessiva (*FiP* + prezzo di mercato). Gli *sliding FiP* invece sono calcolati su base continuativa come differenza tra i prezzi di mercato e un livello tariffario di riferimento predefinito. Se i prezzi di mercato sono superiori al livello tariffario di riferimento, non viene corrisposta la *FiP*.

Il sistema di quote si riferisce alla definizione di quote minime di fonti di energia rinnovabile che devono caratterizzare il mix energetico delle aziende energetiche o talvolta anche dei grandi consumatori di energia elettrica. Queste quote sono definite dai governi nazionali, regionali o locali e di solito vengono aumentate nel tempo per supportare lo sviluppo delle energie rinnovabili. Nonostante queste quote si applichino generalmente solo agli impianti di proprietà, gestiti dalle aziende stesse, queste hanno la possibilità di includere impianti di proprietà di terzi (le CE ad esempio) nell'adempimento dei propri obblighi di quota attraverso degli strumenti: i certificati verdi (TGC)³.

- Questi certificati vengono emessi per ogni unità di elettricità prodotta da fonte rinnovabile e la vendita dei certificati crea un flusso di entrate, in funzione dei

³ Tradable green certificates

livelli di prezzo dei TGC che sono negoziati su mercati dedicati. Per gli operatori, i ricavi dalla vendita di TGC dovrebbero coprire il differenziale tra i costi di generazione e i ricavi dalla vendita di tale generazione sul mercato elettrico.

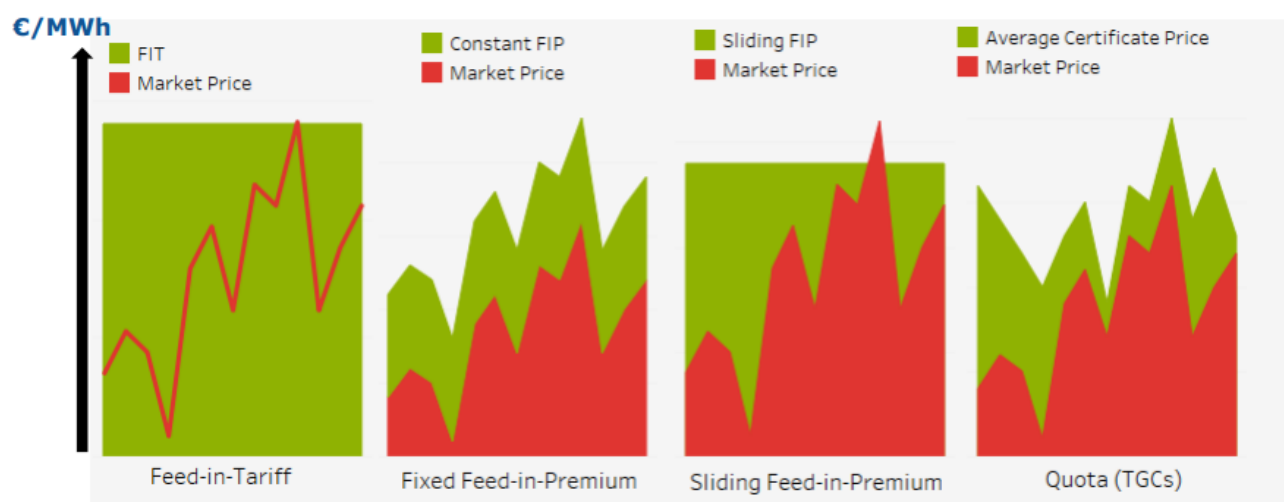
Le aziende elettriche, invece, devono acquistare tanti certificati quanti ne servono per soddisfare la loro quota e sono penalizzate in caso di inadempimento.

2.1.5 A confronto

Le *Feed-in tariffs (FiT)* sono lo strumento più diffuso perché *market-independent*; ciò comporta maggiore sicurezza di investimento in termini di prevedibilità dei flussi di cassa e bassi costi di transazione. Le *FiT* offrono remunerazioni fisse indipendenti dalla volatilità dei prezzi dell'energia elettrica e sono spesso accompagnati da un impegno irrevocabile di acquisto.

Il sistema di quote, come anche i *FiP*, non dà alcuna garanzia ai singoli generatori che la loro produzione di energia sarà acquistata, mettendo ancora più pressione sulle prospettive di *return on investment* di attori come le CE con limitati mezzi di finanziamento. Inoltre, un certo numero di studi hanno dimostrato che, in media, i regimi di incentivazione con *FiP* sono risultati più costosi per kW/h rispetto ai regimi con *FiT* (Ragwitz et al., 2007) e i ciò è stato dimostrato anche nel caso dei regimi con quote di produzione (Butler, 2008). (si veda [Figura 7](#))

Figura 7: Rappresentazione dei 4 principali strumenti di supporto alle CE



Fonte: Joint research center of the European Commission

2.2 Istituzioni Informali

Le istituzioni informali svolgono un ruolo fondamentale nel promuovere il concetto di produzione energetica decentralizzata e condivisa. Il peso di questi fattori varia notevolmente a livello nazionale ma anche interregionale. Le istituzioni informali sono rappresentate dall'impegno civico, dall'attenzione ai temi ambientali e dalla diffusione dei modelli di proprietà.

- La misura con cui una società ha familiarità con il concetto di cooperativa svolge un ruolo nella affermazione delle CE. Nei paesi in cui le cooperative, come attore economico, hanno una tradizione antica e consolidata, si è a conoscenza della struttura giuridica e si è consapevoli dei suoi benefici.
- Lo sviluppo delle CE è inoltre correlato alle tradizioni dell'attivismo energetico, e in particolare al movimento contro l'utilizzo dell'energia nucleare. Nei Paesi Bassi, ad esempio, l'origine delle cooperative eoliche è fortemente legata al movimento antinucleare, l'Organizzazione olandese per l'energia rinnovabile (ODE) (Agterbosch et al., 2004)

2.3 Barriere allo sviluppo delle Comunità Energetiche

Le istituzioni formali e informali rendono più o meno adeguato il contesto nazionale alla recezione del CEP. Gli strumenti sopramenzionati di incentivazione o a supporto per la realizzazione delle CE sono anche le principali barriere alla loro realizzazione.

Le principali barriere sono istituzionali e formali; possono manifestarsi:

- In un quadro legislativo poco definito, in cui mancano politiche su misura per le CE. Progressivamente con il recepimento delle direttive europee queste barriere dovrebbero diminuire; tuttavia, è stato osservato come in Polonia e Finlandia esista nella affermazione delle CE un sistema di tassazione discriminatorio e i processi burocratici disincentivanti oltre che barriere di tipo tecnologico (Ruggiero et al., 2021).
- In una resistenza di carattere strategico alle CE (ad es. viene qualificata come prioritario lo sviluppo di una rete di gas naturale) (Gjorgievski, 2021).

L'esempio più esplicativo di barriere istituzionali e informali è relativo ai paesi un tempo parte dell'Unione Sovietica, dove l'eredità storica del Comunismo ha generato diffidenza verso il modello collettivo o di cooperativa (Beckmann et al., 2015).

2.4 Caso Italia

L'Italia è un paese, storicamente, caratterizzato da iniziative locali volte alla produzione autonoma di energia: nel Sud Tirolo in particolare già nel 1920 artigiani, fabbri, mercanti e piccoli imprenditori si unirono insieme per rifornire le aree più remote di quella regione con energia autoprodotta e nel 1921 il primo impianto idroelettrico condiviso venne connesso alla rete elettrica.

Attualmente il paese si trova davanti la sfida di rendere le CE una realtà italiana, nazionale. L'Italia ha avviato il processo di recepimento della Direttiva RED II con il Decreto Milleproroghe, entrato in vigore a febbraio 2020, che ha introdotto per la prima volta nella legislazione italiana le definizioni di “Auto consumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente” e le “Comunità di Energia Rinnovabile” con lo scopo ultimo di introdurre una fase pilota.

Il percorso è proseguito poi con la pubblicazione della Delibera ARERA 318/2020, del Decreto attuativo del MiSE⁴ (settembre 2020) e delle regole tecniche del GSE⁵ (dicembre 2020). (Maps et Polimi, 2020)

2.4.1 Decreto Milleproroghe

- Gli utenti che possono diventare membri di queste configurazioni sono:
 - nel caso di auto consumatori collettivi, clienti finali le cui attività legate all'autoconsumo non costituiscono attività professionale o commerciale principale;
 - nel caso di comunità di energia rinnovabile, persone fisiche, PMI o autorità locali, a condizione che non costituisca la loro attività professionale principale.
- Gli impianti facenti parte di queste due configurazioni possono produrre energia elettrica da sole tecnologie di generazione da fonti rinnovabili, e con impianti di potenza complessiva non superiore a 200 kW. Le disposizioni del Decreto si applicano ad impianti che entrano in esercizio tra il 28 febbraio 2020 e i 60 giorni successivi al recepimento della Direttiva RED II.
- Il concetto di prossimità, da rispettare per le due configurazioni, è stato interpretato nel seguente modo:

⁴ Ministero dello Sviluppo Economico

⁵ Gestore dei servizi energetici, garante e promotore dello sviluppo sostenibile del paese

- per gli auto-consumatori collettivi, l'appartenenza al medesimo edificio o condominio;
 - per le comunità di energia rinnovabile, l'ubicazione su reti elettriche di bassa tensione sottese, alla data della creazione della comunità, alla medesima cabina secondaria⁶.
- Le attività permesse alle due configurazioni sono quelle di produzione, vendita, accumulo e condivisione, internamente alla comunità, dell'energia prodotta. La condivisione dell'energia prodotta avviene utilizzando la rete di distribuzione esistente. Il decreto non prevede perciò la creazione di nuovi tratti di rete né la cessione di parte della rete pubblica esistente per uso privato della comunità. (Krug et al., 2022)

2.4.2 Regolazione Arera

La delibera precisa alcuni concetti e figure in merito alle due configurazioni:

- La proprietà degli impianti è libera nel caso di autoconsumo collettivo, la proprietà può essere di un soggetto terzo purché soggetto alle istruzioni degli auto-consumatori. Nel caso di una comunità di energia rinnovabile la proprietà può essere di un soggetto terzo ma l'impianto deve essere detenuto dalla comunità sulla base di un valido titolo giuridico anche diverso dalla proprietà.
- le figure di «referente» della configurazione, responsabile dei rapporti con il GSE, e di «produttore», responsabile dell'esercizio degli impianti di produzione interni alla comunità.

La delibera ARERA⁷ definisce in particolare il valore delle componenti tariffarie che non risultano tecnicamente applicabili all'energia condivisa all'interno delle due configurazioni e che sono di conseguenza oggetto di restituzione da parte del GSE:

- Per entrambe le configurazioni, è prevista la restituzione delle parti unitarie variabili legate ai costi di trasmissione e distribuzione;
- Al contrario, solo per gli auto-consumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente è prevista una restituzione che rispecchia la riduzione di perdite di rete associata al consumo di energia nel medesimo sito in cui questa è prodotta.

⁶ è un impianto elettrico di trasformazione dell'energia elettrica da media tensione a bassa tensione

⁷ Autorità di regolazione per energia reti e ambiente

2.4.3 Decreto Attuativo MISE

Il Decreto attuativo pubblicato dal Ministero dello Sviluppo Economico il 15 settembre 2020 individua la tariffa incentivante per la remunerazione dell'energia prodotta dagli impianti a fonti rinnovabili inseriti nelle suddette configurazioni e che risulti condivisa internamente ad esse. (GSE, 2022).

Questa risulta essere, in forma di tariffa premio per un periodo di 20 anni, pure in questo caso oggetto di restituzione da parte del GSE, pari a:

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

2.4.4 Recepimento Direttive

In seguito all'apertura di dieci procedure di infrazione da parte della Commissione Ue per il mancato recepimento delle direttive europee nei tempi previsti, il 5 agosto 2021 il Consiglio dei Ministri ha approvato in via preliminare e non definitiva il decreto attuativo di diverse direttive, tra cui proprio la RED II e la IEM.

Lo schema del decreto legislativo provvede a definire la differenza tra energia condivisa ed energia oggetto di autoconsumo; la condivisione, avente valenza commerciale, può essere effettuata a livello zonale mentre l'autoconsumo esteso è confinato alla cabina primaria (non più secondaria). Ecco che l'autoconsumo può essere un sottoinsieme della più ampia condivisione che una comunità può realizzare

Inoltre, tra le principali misure di questo provvedimento troviamo che:

- non vi sono più limiti di potenza per gli impianti di produzione
- la semplificazione delle autorizzazioni per gli impianti fonte di energia rinnovabile, il cui rilascio al momento risulta molto lento, complicando la realizzazione dei progetti;
- gli impianti di potenza pari o inferiore a 1MW facenti parte di configurazioni di comunità energetiche rinnovabili o di autoconsumo collettivo possono accedere a un incentivo diretto che premia la quota di energia condivisa attraverso una specifica tariffa;

- semplificazione nell'accesso ai meccanismi d'incentivazione e introduzione di una programmazione quinquennale per dare stabilità e favorire gli investimenti nel settore

2.4.5 Decreto FER1

Secondo il corrente regime per le CE l'energia in eccesso prodotta può essere immessa in rete ma senza alcuna *feed-in tariff* specifica di incentivazione.

Nel 2020 è stato approvato il decreto FER1 che stabilisce per gli impianti a energia rinnovabile, la cui capacità ecceda i 20 KW, un meccanismo incentivante sotto forma di *feed-in tariffs*, un premio in aggiunta al prezzo di mercato che non può essere superiore alla differenza tra la tariffa applicabile per ciascuna tecnologia rinnovabile e il prezzo di mercato. (Dentons, 2020)

I progetti inferiori a 1 MW sono selezionati attraverso una combinazione di criteri economici e di tutela ambientale. Per i progetti più grandi, l'incentivo viene assegnato tramite una gara d'appalto aperta a tutti i tipi di impianti, indipendentemente dalla tecnologia rinnovabile utilizzata.

A seconda della tecnologia e della capacità produttiva dell'impianto, si applicano criteri diversi per il calcolo degli incentivi, che risultano in tariffe diverse, tutte però indipendentemente sono garantite per l'intero ciclo di vita dell'impianto. (si veda [Figura 8](#))

Figura 8: Schema di incentivi

Source	Type	Power (kW)	Plant Average lifecycle (Years)	Overall Feed-in Tariff (Euro/MWh)
PV Solar ¹		20<P≤100	20	105
		100<P≤1000	20	90
		P>1000	20	70
Wind ²	Onshore	1<P≤100	20	150
		100<P≤1000	20	90
		P>1000	20	70
Hydro	Flowing water	1<P≤400	20	155
		400<P≤1000	25	110
		P>1000	30	80
	Basin water	1<P≤1000	25	90
		P>1000	30	80
Sewage treatment plant gas		1<P≤100	20	110
		100<P≤1000	20	100
		100<P≤1000	20	80

2.5 Stato dell'arte in Italia

Le prestazioni di una CE possono essere misurate secondo diversi parametri; in Italia viene valorizzata tramite incentivi la prestazione “condivisione”, intesa come contemporaneità tra emissione e prelievo: in questo modo il sistema ha la capacità di sviluppare ulteriore capacità senza impegnare costi aggiuntivi nello sviluppo di infrastrutture.

Nonostante siano state definiti strumenti incentivanti la costituzione di CE, non esiste ancora in Italia alcuna comunità energetica funzionante, se non meramente potenziale. La principale barriera è stato il percorso, instabile, con cui sono state recepite in via anticipatoria le CE; infatti, fin da subito, era stato annunciato come il regime provvisorio introdotto con il Decreto Milleproroghe sarebbe stato sostituito da un altro regime che tuttora però non ha ancora gli interventi attuativi. A questo si aggiunge la crisi energetica e l'aumento dei prezzi che hanno spinto le autorità a limitare i profitti derivanti dalla misura incentivante delle *feed-in tariffs* che non risulta totalmente *market independent*, con ciò danneggiando la diffusione del modello di comunità energetiche.

Tali condizioni hanno anche compresso il fenomeno di condivisione a valori molto esigui: causa il vincolo dei punti di connessione alla rete che devono essere su linee di bassa tensione che escono dalla stessa cabina secondaria, il che restringe il numero di unità che possono partecipare al progetto, e causa anche il vincolo di capacità produttiva, con la conseguenza che la condivisione di energia è molto bassa. L'allargamento prospettato alla cabina primaria garantirebbe un respiro molto più ampio ai progetti di CE.

Capitolo 3

Blockchain: fattore abilitante per le Comunità Energetiche

Le CE sono volte a ridisegnare il settore energetico in maniera distribuita e decentralizzata, la tecnologia *blockchain* si fonda su le stesse due caratteristiche. Una tecnologia che è in grado di gestire dati mantenendone la tracciabilità, raccogliendoli in database e che garantisce trasparenza attraverso l'equo accesso degli utenti alla piattaforma.

La *blockchain* può diventare notaio del funzionamento delle Comunità Energetiche, registrando i dati sulla produzione, lo stoccaggio ed il consumo dell'energia elettrica condivisa. Le blockchain sono un fattore tecnologico trasversale nei progetti delle CE che ne abilita il funzionamento interno, l'interazione con altri attori del mercato e permette di accedere a nuove fonti di finanziamento; più precisamente consente di sviluppare soluzioni per

- lo scambio di energia tra i membri della comunità,
- la certificazione della quantità di energia condivisa e l'assegnazione dei contributi del GSE
- l'utilizzo dell'*Initial Coin Offering* (ICO) e del *crowdfunding*

3.1 La tecnologia delle Blockchain

Una *blockchain* è un database digitale, condiviso e distribuito che può memorizzare continuamente dati e il loro ordine cronologico in modo sicuro. Il *database* è, in altri termini, un registro; pertanto, le transazioni che il registro contiene sono aggregate in formazioni più grandi o *block*. I *block* sono collegati e sincronizzati ai precedenti attraverso tecniche crittografiche che ne garantiscono la coerenza, l'integrità e immutabilità: quindi si forma una catena di registrazioni che determina l'ordine di successione degli eventi o la *blockchain*. I dati contenuti all'interno di questi registri possono essere pagamenti, transazioni relative allo scambio di beni e servizi o informazioni relative a contratti (*Smart Contract*).

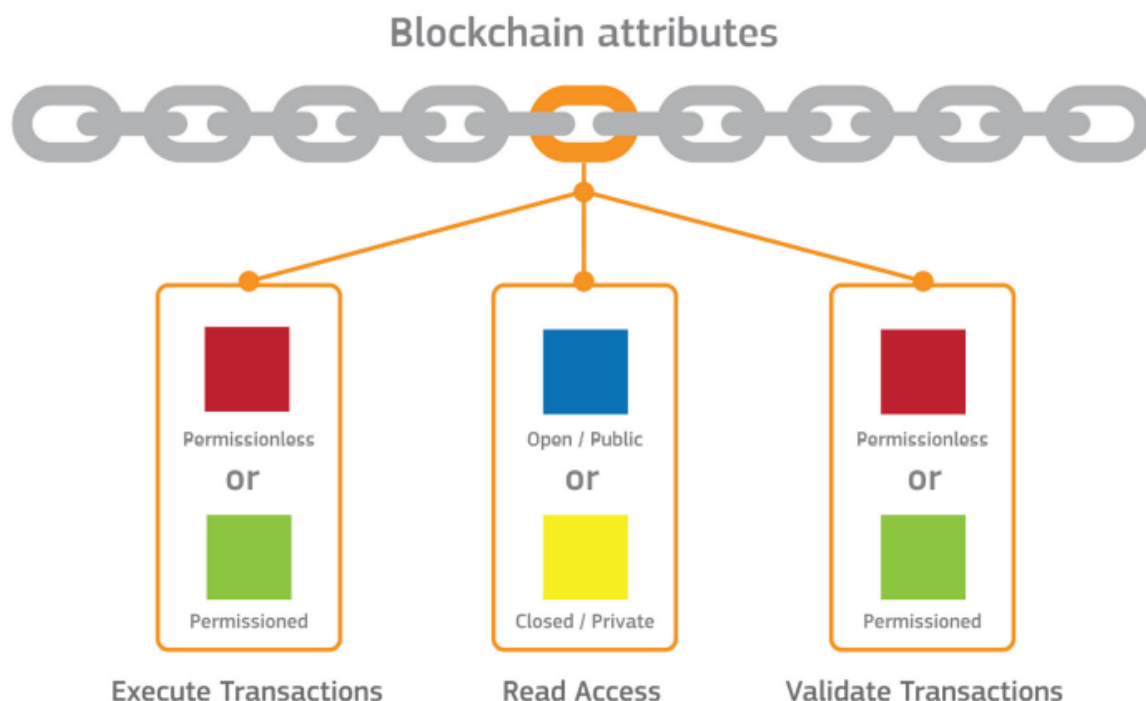
Ogni membro della rete possiede una copia del registro e ha quindi accesso allo storico delle transazioni per verificarne la validità, compito non più delegato ad alcuna autorità centrale. La tecnologia *blockchain* è quindi un sistema *peer-to-peer* decentralizzato in cui l'autorità è distribuita tra i membri del *network*. Ogni singolo blocco viene verificato in modo indipendente attraverso modelli di consenso (o algoritmi di consenso). Questi modelli di consenso sono meccanismi di convalida che permettono ai membri di garantire che ogni blocco sia legittimo:

esistono diversi modelli di consenso per accettare un *block* a seconda dell'architettura della blockchain, dove vengono stabiliti alcuni incentivi o ricompense per garantire il comportamento onesto dei cosiddetti *nodes* di una blockchain.

- *Proof of Work* (PoW). Questo modello di consenso consiste in un puzzle crittografico che deve essere risolto da alcuni membri della rete chiamati *miner*. Quando un nuovo *block* è pronto per essere inserito nel chain, i *miner* vengono avvertiti. Grazie a un'enorme potenza di calcolo, cercano di essere i primi all'interno della rete a computare questo numero, ottenendo così una ricompensa. Infine, gli altri *miner* verificano che il nuovo blocco sia stato aggiunto correttamente al chain. Questo tipo di approccio viene solitamente applicato alle piattaforme *blockchain* pubbliche utilizzate dalla maggior parte delle criptovalute come Bitcoin o Ethereum.
- *Proof of Stake* (PoS). In quest'altro modello di consenso, la capacità di convalida dipende dalla partecipazione alla rete (maggiore è la partecipazione/le criptovalute, maggiore è la capacità di convalida). In questo caso, i membri della rete deputati alla verifica non ricevono una ricompensa, ma raccolgono la commissione di transazione. Pertanto, è molto più conveniente e meno energivoro di PoW. Poiché presenta un approccio basato sul voto, viene solitamente applicato a piattaforme private.
- Il terzo meccanismo di consenso è stato sviluppato appositamente per abbracciare la natura collaborativa delle RECs. *Proof of Cooperation* (PoC) nasce dall'alleanza tra la startup blockchain Pylon Network e la criptovaluta per la sostenibilità Faircoin, che si definisce la "versione cooperativa di Bitcoin". In questo caso la comunità decide quale candidato avrà la capacità di verificare i *block*, chiamati "Collaboratively Validated Nodes" (CVN) questi cooperano per convalidare le transazioni e proteggere la rete (Pylon Network, 2018a).

Un'altra caratteristica dei sistemi blockchain è il tipo di accesso che si ha per la lettura, l'invio e la convalida delle transazioni (si veda Figura 1). Se chiunque può leggere e accedere alla blockchain, questa è classificata come pubblica, il che significa che chiunque può accedere all'intera blockchain e leggerne il contenuto. A differenza della blockchain pubblica, solo le entità autorizzate possono accedere a una blockchain privata. Allo stesso modo, a seconda di chi possa inviare e convalidare le transazioni, una blockchain è detta *permission-less*, questo è il caso di Bitcoin ed Ethereum, o *permissioned* come nel caso di Hyperledger Fabric. Poiché i partecipanti alla rete sono identificati e autenticati, non sono necessari meccanismi ad alta intensità di risorse come la prova di lavoro (PoW), riducendo quindi il costo operativo del sistema.

Figura 9: Caratteristiche della Blockchain



Fonte: Blockchain solutions for the energy transition, JRC Report

Una *blockchain* è un registro permanente delle transazioni. Tali registrazioni sono immutabili e immuni da manomissione, una volta convalidate nel sistema. Ogni volta che si verifica una nuova transazione sulla *blockchain*, un record di quella transazione viene aggiunto al registro digitale di ogni membro della rete con una firma immutabile chiamata *hash*. (Le transazioni vengono sottoposte a un algoritmo di hash che fornisce un codice alfanumerico univoco di lunghezza fissa chiamato *hash*) Pertanto, gli *hash* sono il collegamento tra i blocchi e, nel caso in cui le informazioni contenute in un blocco vengano modificate, l'*hash* cambierà completamente.

3.1.1 Smart Contract

Nelle versioni più recenti della tecnologia blockchain è possibile incorporare contratti intelligenti (smart contracts). Uno smart contract è un programma informatico in grado di tradurre le clausole contrattuali in codice, rendendole auto-esecutive e auto-applicative, in modo da ridurre al minimo la necessità di intermediari tra le parti coinvolte nella transazione. (Christidis, Devetsikiotis, 2016). Poiché i contratti intelligenti ereditano le caratteristiche delle blockchain non hanno (i) tempi di inattività, quando vengono soddisfatte determinate condizioni predeterminate il contratto viene eseguito automaticamente, (ii) censura o (iii) interferenze da parte di terzi: non c'è bisogno di un'autorità esterna per valutare i termini del

contratto e per prendere decisioni, perché questo compito è affidato ai meccanismi di consenso interni alla rete, il PoW e PoS.

3.1.2 Token

Per illustrare il concetto di tokenizzazione è necessario fornire preliminarmente la definizione di *token*. Si tratta di un insieme di informazioni digitali all'interno di una blockchain che conferiscono un diritto a un determinato soggetto, per esempio: la proprietà di un asset, l'accesso a un servizio, la ricezione di un pagamento. Esistono due macro-tipologie di token: i *Fungible Tokens* (FT) e i *Non Fungible Tokens* (NFT).

I token si definiscono fungibili se sono uguali l'uno all'altro, hanno lo stesso valore, conferiscono stessi diritti e sono interscambiabili, tantoché sono utilizzati come mezzi di scambio. L'esempio più comune è rappresentato dalle criptovalute: un Bitcoin posseduto da un soggetto ha lo stesso valore di un Bitcoin posseduto da un altro utente.

Per contro, i token non fungibili rappresentano un asset con una proprietà distintiva, unico tantoché non permette uno scambio con qualcosa di simile. e necessitano di un controvalore per lo scambio. Ogni token può essere scambiato e può essere presente in un unico *wallet*; quindi, non può essere posseduto da due utenti contemporaneamente. In pratica, gli NFT sono unità di dati archiviati su blockchain che certificano l'unicità di beni appartenenti al mondo reale, di cui costituiscono la rappresentazione nell'ecosistema digitale: creando così legame incancellabile e interdipendente tra *blockchain* e il mondo fisico. Acquistando un NFT non si ottiene la proprietà del bene in sé, bensì il token che consente al proprietario di esercitare dei diritti su quel bene.

Definito il termine *token*, passiamo ora al concetto di tokenizzazione che sta a indicare la conversione dei diritti di un bene in un token digitale registrato su una *blockchain*. La trasformazione può riguardare sia un 'valore' (es. un asset, un diritto, una proprietà) che una 'azione' o un 'lavoro' (es. sistemi di ricompensa in caso di azioni premianti da parte dell'azienda o del consumatore).

3.2 Decentralised energy trading

Il caso d'uso più comune della *blockchain* è rappresentato dai processi di transazione *peer to peer* (P2P). Le transazioni di energia richiedono molti partecipanti, entità terze come *broker*, banche o avvocati. Attraverso la *blockchain* per i partecipanti sarà possibile effettuare transazioni, eliminando gli intermediari. Queste transazioni (P2P) si adattano soprattutto alle

comunità energetiche, dove la produzione e il consumo avvengono a livello locale. I nodi della comunità energetica sono collegati tra loro sulla piattaforma e le transazioni possono avvenire direttamente. Ogni transazione energetica che si verifica viene infine aggiunta alla *blockchain* come *block* e ogni partecipante ha accesso a questi blocchi, venendone informato in tempo reale. I consumatori che hanno bisogno di energia hanno accesso a questo “mercato”, come avviene anche per i *prosumer* che desiderano vendere il loro eccesso di energia. Invece di acquistare l'elettricità dalla rete principale o nazionale, che offre quantità standard e prezzi standardizzati, i consumatori possono ora ottenere offerte più personalizzate: questo sistema permetterebbe di regolare i rapporti commerciali interni tra i diversi attori di una CE.

Una delle sfide del sistema attuale è proprio quella di trovare un modo efficiente per gestire il diritto di proprietà dell'energia prodotta e scambiata nella rete. In pratica il consumatore chiederà energia attraverso lo *smart contract*, che verificherà automaticamente la disponibilità della quantità di energia richiesta al momento attuale tra i diversi *prosumer* (Ioannis et al., 2017). Se c'è disponibilità, verrà inviata una richiesta di produzione e avrà luogo una negoziazione automatica del prezzo tra consumatore e produttore in base alle condizioni definite nel protocollo di regole dello *smart contract* (Ioannis et al., 2017). Una volta che entrambe le parti sono d'accordo sul prezzo, i flussi di denaro e di energia possono essere scambiati e la transazione può avere luogo senza alcuna intermediazione da parte di terzi (Ioannis et al., 2017).

3.3 Energy tracking & certificate trading

La maggior parte dei sistemi di incentivazione europei per le CE prevedono l'introduzione di tariffe incentivate per l'energia prodotta e consumata localmente: è questo pure il caso dell'Italia come precedentemente trattato nel secondo capitolo.

La blockchain combinata alla tecnologia degli *smart meters* permette la certificazione/notarizzazione immediata dei flussi di energia elettrica scambiata tra utenti appartenenti a una medesima comunità energetica. La validazione legale dei dati nella blockchain permetterebbe al gestore energetico (nel caso dell'Italia, il GSE) di avere piena visibilità sulle azioni eseguite ed incentivare la condivisione dell'energia attraverso le premialità connesse allo scambio di tali flussi

Per incentivare la produzione di energia da fonti rinnovabili, alcuni governi hanno introdotto sistemi di *green certificates* per l'elettricità, appunto da fonti rinnovabili, immessa nella rete, tuttavia la verifica dell'origine spesso avviene a ritmi molto lenti ed è spesso caratterizzata da

dichiarazioni errate o disoneste. In questo caso il ruolo della *blockchain* sta nel verificare l'origine in tempo reale e di creare un registro di proprietà per ogni certificato di energia rinnovabile (Varnavskiy et al., 2018). Poiché questi certificati sono appunto registrati sulla *blockchain*, essi non possono essere alterati e, di conseguenza, la loro gestione si rivela più semplice. Ogni volta che una determinata quantità di elettricità viene immessa nella rete principale o nella *microgrid*, gli *smart meters* possono trascrivere sulla *blockchain* se l'unità è prodotta da fonti rinnovabili. Ciò consente di tracciare la proprietà e garantire che i certificati siano venduti una sola volta senza alcun doppio conteggio (FlexiDAO, 2020). Questo processo consente di assemblare informazioni univoche associate alle unità di elettricità, che diventano dei veri e propri asset digitali.

In alcuni paesi sono stati inoltre creati mercati per lo scambio di permessi di emissione di gas climalteranti. L'esempio più noto è costituito dal sistema europeo ETS⁸, introdotto nel 2007. Anche in questo caso il processo di certificazione può occupare molto tempo e richiede, comunque, figure come autorità centrali deputate al monitoraggio delle transazioni e società di verifica terze. La *blockchain* potrebbe contribuire a semplificare questi processi, evitando manomissioni da parte di terzi, memorizzando in tempo reale i dati delle transazioni sul chain come *block*, e di creare token NFT che integrano il valore a informazioni univoche (esempio, diritto di proprietà, quantità delle emissioni evitate rispetto alle quote inizialmente possedute), rendendo ogni token unico e non replicabile. La *blockchain* permetterebbe inoltre di coinvolgere le comunità energetiche in questo mercato emettendo i propri certificati di emissione energetica: I token associati ai *green certificates* sarebbero emessi e scambiati con tutte le imprese che eccedono i loro limiti di emissione.

3.4 Nuovi strumenti per il finanziamento delle CE

Come è noto, le imprese e, in particolare in Italia le PMI, fanno ampio ricorso al finanziamento bancario. Gli istituti di credito, tuttavia, tendono a preferire la concessione di prestiti ad aziende consolidate, con flussi di cassa storici stabili e positivi, soprattutto se possono fornire garanzie reali o personali.

Le CE, al pari di molte PMI e delle start-up, soffrono della difficoltà di trovare fonti di finanziamento esterne alla comunità stessa: in questo contesto la *blockchain* potrebbe assumere un ruolo rilevante. I suoi vantaggi risiedono soprattutto nel fatto che non richiede la

⁸ Emission Trading scheme: un sistema *cap&trade* che fissa un tetto massimo (*cap*) al livello complessivo delle emissioni consentite a tutti i soggetti vincolati, ma permette ai partecipanti di acquistare e vendere sul mercato (*trade*) diritti a emettere CO₂ (*quote*) secondo le loro necessità.

presentazione di alcun documento per dimostrare l'affidabilità dell'entità richiedente il finanziamento e nel fatto che, vendendo i token, non si vendono le partecipazioni.

Crowdfunding: Il crowdfunding è un modo di raccogliere fondi attraverso piattaforme online e basato su una chiamata rivolta al pubblico a contribuire. Si tratta di un fenomeno nato dal basso negli anni della crisi economica per la necessità di individuare nuove fonti di finanziamento, vista la restrizione al credito bancario. Le tecnologie *blockchain* possono essere integrate nel *crowdfunding*, favorendo lo sviluppo di comunità energetiche. Una piattaforma di *crowdfunding* basata su *blockchain* gestirebbe il finanziamento attraverso contratti intelligenti, rendendo l'intero processo più trasparente, rapido e meno costoso. Le piattaforme di *crowdfunding* tradizionali, infatti, prendono una grande percentuale dei profitti come commissione. La decentralizzazione, ottenuta attraverso la *blockchain*, nei modi che abbiamo visto in precedenza, elimina gli intermediari permettendo alle diverse parti coinvolte nel processo di comunicare direttamente tra loro tramite *smart contracts*: quindi, eliminando le commissioni che oggi sono comunemente applicate

Initial coin offerings: una metodologia di *crowdfunding* nel quale l'emittente emette il proprio token, con valore unitario, e incorpora diritti associati alla proprietà del titolo di credito sottostante la frazione di capitale di rischio acquistato. L'emissione tramite ICO tokenizza i diritti, derivanti dalla partecipazione, e rende semplice venderli come una semplice criptovaluta. L'emittente dell'ICO emette la propria criptovaluta, con valore unitario, l'emissione avviene tramite asta, al termine della quale i token ICO sono emessi e utilizzati come capitale di rischio della società emittente. Il token ricevuto in cambio del finanziamento può essere collegato al diritto di ricevere, per esempio un dividendo, un diritto di voto, una licenza, un diritto di proprietà o il diritto di partecipare alla performance futura dell'emittente. La valuta emessa, porta un ulteriore vantaggio all'investitore, può essere scambiata liberamente con altre criptovalute o token ICO, ciò rende i token ICO altamente liquidi: vi è la possibilità di monetizzare gli investimenti senza dover attendere una precedente uscita.

3.5 Blockchain Energy Model

Prendendo in considerazione un modello di CE in cui alcuni attori producono e scambiano energia con altri soggetti per il beneficio della comunità; l'energia prodotta da un prosumer può essere salvata in un impianto di accumulo per un uso successivo o può essere immessa immediatamente nella rete locale.

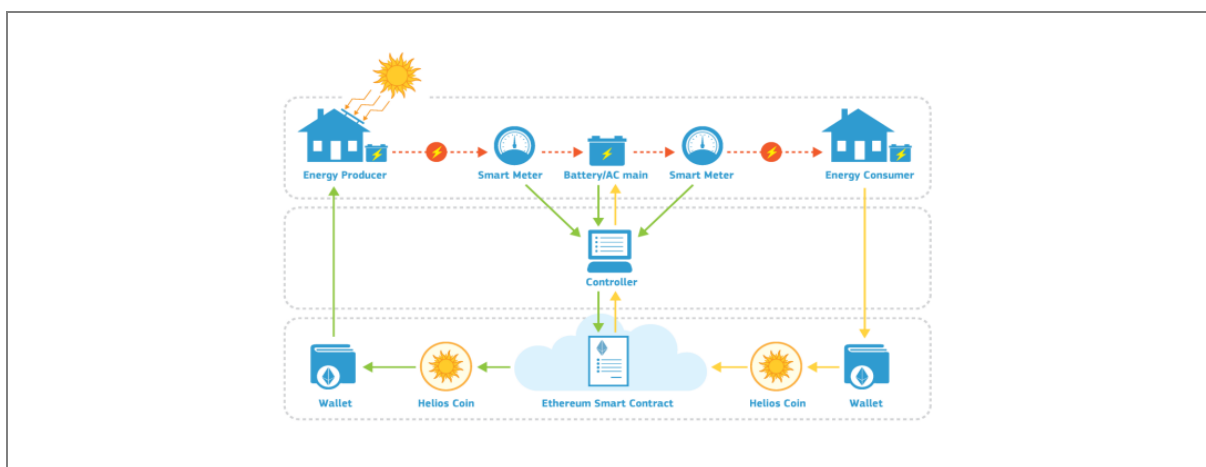
Si possono identificare alcuni modelli che sfruttano la tecnologia blockchain e gli smart contracts :

Neighbourhood Central Storage: In questo sistema l'energia viene inviata dal *prosumer* e viene immagazzinata finché un consumatore non la richiede. Per capire meglio come funziona questo sistema, è importante comprendere i diversi livelli in cui il sistema è organizzato. La sua struttura può essere riassunta individuando tre componenti chiave

- la rete energetica
- il *controller middleware*
- lo *smart contract*

Lo *smart meter* collegato a ogni *prosumer* misura la quantità di energia inviata all'accumulatore. Gli *smart meters*, insieme al software che ne gestisce l'output - *controller middleware* - sono l'input per i nostri *smart contracts*. Quando una quantità predefinita di energia è stata consegnata al sistema di accumulo, un token viene assegnato al *prosumer*. Il controller middleware svolge il ruolo di ricevere le letture dall'impianto di accumulo e di invocare lo *smart contract* dall'altro, facilitando così la comunicazione tra le due entità. Lo *smart contract* prende in input i token dell'acquirente e poi rilascia l'energia che corrisponde. (si veda [Figura 10](#)) Generalmente i token utilizzati per queste transazioni p2p tra membri di una CE sono le criptovalute; quindi, FT che sono uguali l'uno all'altro e rappresentano esclusivamente valore

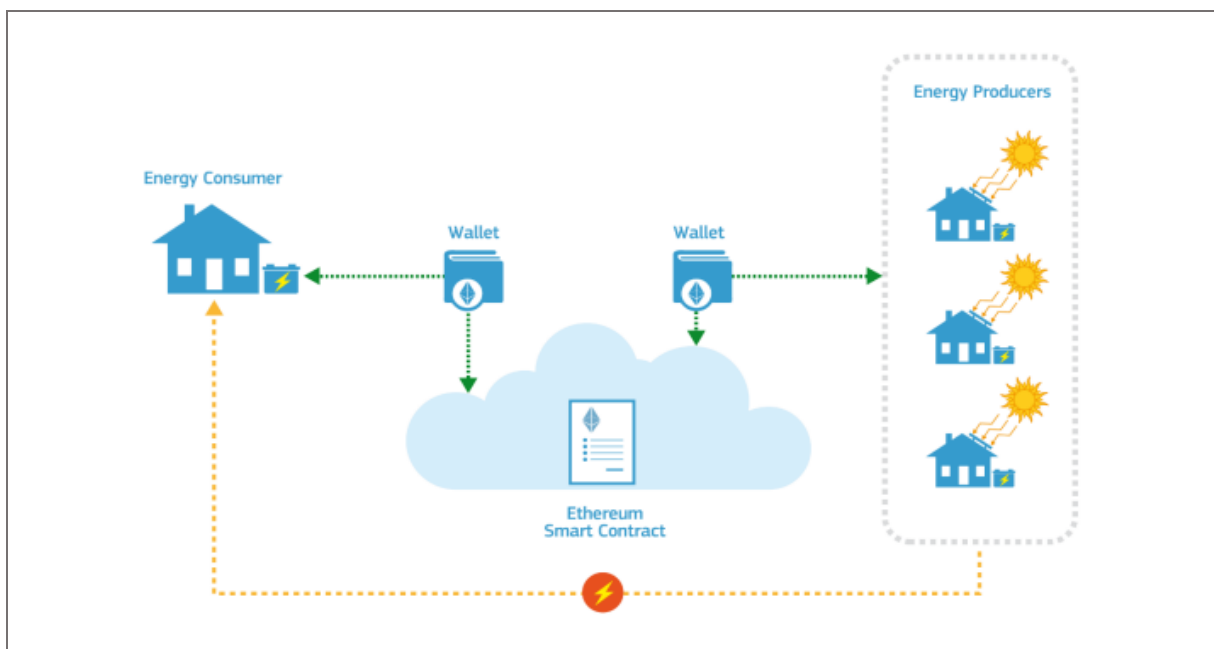
Figura 10: Neighbourhood Central Storage



Fonte: Blockchain in Energy Communities, JRC Report

Direct Energy Exchange: In questo caso, il consumatore riceve l'energia dai *prosumer* in maniera diretta, senza affidarsi ad alcun impianto di stoccaggio centrale di energia come nel sistema descritto in precedenza. Quando il consumatore chiede energia, lo *smart contract* controlla automaticamente se l'energia richiesta è disponibile: in caso affermativo, inoltra ai *prosumer* la richiesta del consumatore. Dopodiché, si svolgono le trattative automatiche tra il consumatore e il produttore. Entrambi i *prosumer* e i consumatori possono fissare un prezzo massimo o minimo di trattativa. In ogni caso, le trattative contrattuali sono condotte da *smart contract* che troveranno il compromesso ideale. Il vantaggio degli *smart contract* sta nel fatto che sono immutabili e tutti i membri della *blockchain* possono avere accesso a queste transazioni, rendendo la negoziazione trasparente; una volta che il prezzo è stato concordato, entrambe le parti firmano digitalmente l'accordo, sempre attraverso lo *smart contract*. Come in precedenza, è il controllore del *middleware* a gestire lo scambio di energia. In questo scambio diretto di energia, a differenza del sistema descritto in precedenza - dove il produttore riceve la criptovaluta come pagamento per la quantità di energia consegnata al sistema di accumulo centrale - il produttore viene pagato direttamente dal consumatore attraverso token, generalmente FT, come Ethereum o Bitcoin. (si veda [Figura 11](#))

Figura 11: Direct energy exchange



Fonte: Blockchain in Energy Communities, JRC Report

Considerazioni finali

Nel corso della trattazione si è cercato di offrire al lettore una panoramica puntuale sulla questione Comunità Energetiche in Europa e in Italia. Tutte le questioni sono state affrontate con un approccio descrittivo volto a dare una visione chiara e multi-prospettica delle CE.

In prima battuta è stata effettuata una introduzione normativa che ha permesso di definire cosa sono le CE, gli attori coinvolti e i loro obiettivi. Le direttive europee di riferimento sono molto recenti come è anche il fenomeno delle CE inteso come soggetto giuridico; i singoli stati europei infatti godono di una forte discrezionalità nel processo di adozione che si traduce in una eterogeneità delle singole legislazioni nazionali che potrebbe avere anche dei risvolti negativi nel momento in cui si devii dagli obiettivi prefissati dall'UE, tra questi l'*empowerment* dei cittadini e la conseguente realizzazione di una transizione energetica più equa e inclusiva.

Successivamente si è proseguito con un'analisi delle condizioni che possono facilitare o meno la diffusione delle CE. L'efficacia nel recepimento delle direttive europee e il giusto sistema di incentivazione fiscale sicuramente hanno un ruolo fondamentale, nonostante ciò le condizioni ambientali che caratterizzano il luogo e la collettività dove si stabiliscono le CE garantiscono un maggior grado di successo a queste tipologie di iniziative. Fondamentalmente le condizioni che abilitano la formazione delle comunità sono anche le condizioni che prevengono. Le barriere alle CE quindi si manifestano generalmente in un recepimento lacunoso delle direttive e in un sistema di incentivazione non conveniente.

Oltre ai fattori istituzionali e non istituzionali che possono favorire il fenomeno comunità energetiche è fondamentale concentrarsi anche sui fattori tecnologici che ricoprono un ruolo altrettanto importante.

La letteratura attuale sulla *blockchain* è spesso molto tecnica e non considera le dinamiche organizzative coinvolte nella sua implementazione, in questo lavoro la *blockchain* è concettualizzata come un'infrastruttura tecnologica che ha il potenziale di facilitare nuovi tipi di governance distribuita, decentralizzata e più trasparente. La *blockchain* non è una tecnologia con un design fisso, ma può essere adattata alla situazione e alle esigenze di diversi attori, svolgendo funzioni diverse in diversi scenari di sviluppo delle CE, tantoché descriviamo due possibili modelli di gestione di una CE

La blockchain fornisce un modello di regole fisse, per ogni membro che accetta di entrare nella CE, che sono automaticamente applicate attraverso gli *smart contracts* senza eccezioni. Quest'ultimi permettono di scambiare energia tra gli attori della comunità in modo automatico e sicuro, sostanzialmente eliminando i costi di transazione che derivano necessariamente dall'intermediazione di terzi. Le transazioni energetiche codificate in un archivio completo e immutabile permettono di monitorare la comunità in un modo più sicuro ed efficiente, facilitando l'assegnazione degli incentivi e dei *green certificates*.

In conclusione, le soluzioni incentivanti prospettate non sono la panacea di tutti i mali, e si è cercato di identificare gli strumenti più utilizzati al giorno d'oggi e contemporaneamente di approcciare il futuro più prossimo delle CE attraverso un processo di forte digitalizzazione.

Le direttive europee sono state recepite in Italia in ritardo rispetto ad altri paesi europei, questa posizione di svantaggio si manifesta ulteriormente in decreti attuativi poco efficaci: tutto ciò ha condotto a non avere ancora una comunità energetica operante sul territorio nazionale. La blockchain potrebbe invece essere una soluzione: Il decreto semplificazioni del 2019 provvede a un inquadramento giuridico della blockchain e degli *smart contracts* che pone l'Italia all'avanguardia nell'implementazione di queste soluzioni alle CE.

Riferimenti bibliografici

- Agterbosch S., Vermeulen W., Glasbergen P., 2004. *Implementation of wind energy in the Netherlands: the importance of the social–institutional setting*, Energy Policy, Volume 32, Issue 18, 2049-2066.
- Bauwens T., 2018. *Analyzing the determinants of the size of investments by community renewable energy members: findings and policy implications from Flanders*, Energy Policy. Volume 129, 841–852.
- Bauwens T., Gotchev B., Holstenkamp L., 2015. *What drives the development of community energy in Europe? The case of wind power cooperatives*, Energy Research & Social Science, 13, 136-147
- Beckmann V., Otto I.M., Tan T., 2015. *Overcoming the legacy of the past? Analyzing the mode of governance used by the Polish agric. Producer groups*, Agricultural Economics.
- Butler L., Neuhoﬀ K., 2008. *Comparison of feed-in tariff, quota and auction mechanisms to support wind power development*, Renewable Energy, Volume 33, 1854-1867.
- Capellán-Pérez I., Johannisova N., Young J., Kunze C. 2020. *Is community energy really non-existent in post-socialist Europe? Examining recent trends in 16 countries*, Energy Research & Social Science, Volume 61.
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. 2016. *Blockchains and smart contracts for the internet of things*, Ieee Access, 4, 2292-2303.
- Couture T., Kreycik K., Williams C., 2010. *A Policymaker’s Guide to Feed-in Tariff Policy Design*, National Renewable Energy Lab. (NREL).
- Couture T., Gagnon Y., 2010. *An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment*, Energy Policy, Volume 38, 955-965.
- Dentons Europe, 2020. *Italy: The 2019-2020 incentives regime for renewable energy plants*, Dentons studio legale tributario
- FlexiDAO 2020. *A Renewable Energy Monitoring Software for Corporate Energy Buyers*, Flexidao.
- Gjorgievski V., Cundeva S., Georghiou G., 2021. *Social arrangements, technical designs and impacts of energy communities: A review*, Renewable Energy, Volume 169, 1138-1156
- GSE, 2022. *Gruppi di autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente e comunità di energia rinnovabile*, Gestore dei servizi energetici.
- Koirala B., Araghi Y., Kroesen M., Ghorbani A., Hakvoort R., M.Herder P., 2018. *Trust, awareness, and independence: insights from a socio psychological factor analysis of citizen knowledge and participation in community energy systems’*, Energy Research & Social Science, Volume 38.

- Krug M., Di Nucci M., Caldera M., De Luca E., 2022. *Mainstreaming Community Energy: Is the Renewable Energy Directive a Driver for Renewable Energy Communities in Germany and Italy?* MDPI.
- Ioannis, K., Raimondo, G., Dimitrios, G., Gioia Rosanna, D., Georgios, K., Gary, S., & Igor, N. F. 2017. *Blockchain in Energy Communities. A proof of concept*, Publications Office of the European Union.
- Laws N., Epps B., Peterson S., Laser M., Wanjiru G., 2017. *On the utility death spiral and the impact of utility rate structures on the adoption of residential solar photovoltaics and energy storage*, Applied Energy, Volume 158, 627-641.
- Li L., Birmele J., Schaich H., Konolda W., 2013. *Transitioning to community-owned renewable energy: lessons from Germany*, Procedia Environmental. Sciences, Volume 17, 719–728.
- Lowitzsch J., Hoicka C.E., van Tuldera F.J., 2020. *Renewable energy communities under the 2019 European Clean Energy Package e governance model for the energy clusters of the future?* Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 122.
- Maps et Polimi, 2020. *Le Energy community in italia Norme e benefici per il sistema-Paese*, Energy & Strategy del Politecnico di Milano
- Menanteau P., 2003. *Liberalisation of the electricity sector and development of distributed generation: Germany, United Kingdom and France*, SUSTELNET project
- Mitchell C., Bauknecht D., Connor P.M 2006. *Effectiveness through risk reduction: a comparison of the renewable obligation in England and Wales and the feed-in system in Germany*, Energy Policy, Volume 34, 297-305.
- Pylon Network Team, 2018. *Token Paper v2.0*, Pylon Network.
- Ragwitz M., Held A., Resch G., 2007. *Assessment and optimization of renewable energy support schemes in the European electricity market: Final report*, Optimization of Renewable Energy Support (OPTRES).
- Ruggiero S., Busch H., Hansen T., Isakovic A. 2021. *Context and agency in urban community energy initiatives: An analysis of six case studies from the Baltic Sea Region*, Energy Policy, Volume 148.
- Tachelet S., 2020. *Energy Communities under the Clean Energy Package*, REScoop.eu.
- Varnavskiy A., Gruzina U., Rot A., Trubnikov V., Buryakova A., Sebechenko E. 2018. *Design of models for the tokenization of the electric power industry based on blockchain technology*, Annals of Computer Science and Information Systems, Volume 17