



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

***Analisi dei consumi energetici e della flessibilità degli
utenti di Comunità Energetiche attraverso l'utilizzo
della Gamification***

SINTESI

RELATORI

IL CANDIDATO

Prof.ssa Luisa Pellegrini
*Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi,
del Territorio e delle Costruzioni*

Elisa Tevenè
elisatevene@hotmail.it

Prof. Ing. Pierluigi Zerbino
Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

Prof. Ing. Daniele Testi
Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

Ing. Eva Schito
Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

Sessione di Laurea Magistrale del 28/09/2022

Analisi dei consumi energetici e della flessibilità degli utenti di Comunità Energetiche attraverso l'utilizzo della Gamification

Elisa Tevenè

Sommario

Questo lavoro di tesi intende indagare i consumi energetici e la flessibilità di un campione di consumatori, costituito dagli studenti dell'Università di Pisa. L'obiettivo è quello di comprendere se la flessibilità, intesa come volontà di sacrificare il proprio comfort all'interno della propria abitazione a favore di un'ottimizzazione energetica, può essere influenzata da alcune variabili esterne. In particolare, l'elaborato ha l'obiettivo di capire se la partecipazione ad una comunità energetica possa influenzare la flessibilità dei consumatori, portando ad un cambiamento comportamentale. A questo scopo, attraverso un approccio di *gamification*, è stata sviluppata un'applicazione web, con la quale è stato possibile completare un esperimento che ha coinvolto circa 200 studenti. Questi ultimi sono stati invitati a registrare sull'app tutte le azioni quotidiane che completavano nella propria abitazione e che richiedevano energia. Inoltre, sono state registrate le risposte degli utenti alle richieste di spostamento o di riduzione dei carichi energetici, in modo da poter studiare la loro flessibilità. I giocatori sono stati divisi in gruppi, in modo da poter differenziare i risultati ottenuti dal gruppo sperimentale, denominato Autens, (in cui i giocatori dovevano simulare di far parte di una comunità energetica) e il gruppo di controllo, Self (in cui i giocatori dovevano immaginare di possedere un impianto di energia rinnovabile). L'esperimento ha evidenziato una maggiore accettazione delle richieste da parte del gruppo sperimentale e un chiaro effetto positivo sulla flessibilità dato dalla partecipazione alla comunità.

Abstract

This thesis aims to investigate the energy consumption and flexibility of a sample of consumers, made up of students from the University of Pisa. The goal is to understand if flexibility, which can be defined as the willingness to sacrifice one's comfort inside one's home in favor of energy optimization, can be influenced by external variables. In particular, the paper wants to understand if the participation in an energy community can influence the flexibility of consumers, leading to a behavioral change. For this purpose, through a gamification approach, a web application was developed, with which it was possible to complete an experiment involving about 200 students. The latter were invited to record on the app all the daily actions that they completed in their homes and that required energy. Furthermore, users' responses to requests to move or reduce energy loads were recorded, in order to study their flexibility. The players were divided into groups, so that we could differentiate the results obtained from the experimental group, called Autens, (in which the players had to simulate being part of an energetic community) and the control group, Self (in which the players had to imagine that they had a renewable energy plant). The experiment showed greater acceptance of requests by the experimental group and a clear positive effect on the flexibility given by participation in the community.

1. L'obiettivo della ricerca

Il quadro energetico nazionale ed europeo sta vivendo un periodo di profonda trasformazione. La crisi climatica, la pandemia di Covid-19 e le recenti tensioni internazionali hanno portato inevitabilmente alla necessità di una progressiva ridefinizione delle percentuali necessarie di energie rinnovabili nella generazione dell'energia elettrica e termica, a discapito delle fonti fossili. Nel panorama energetico nasce così un nuovo soggetto, la comunità energetica (CE), che riunisce, in modo totalmente aperto e volontario, un gruppo di auto-consumatori di energia elettrica con l'obiettivo condiviso di autoprodurre e fornire energia rinnovabile a prezzi accessibili ai propri membri.

L'obiettivo principale della ricerca è comprendere se la partecipazione ad una comunità energetica possa sensibilizzare i consumatori e motivarli a sacrificare il proprio comfort all'interno dell'abitazione e sostenere così una maggiore flessibilità nei consumi energetici, intesa come disponibilità alla loro riduzione o ad un loro spostamento in altri orari.

Se si dovesse infatti riscontrare un effetto positivo sulla flessibilità dei consumatori, sarebbe possibile evidenziare l'enorme potenziale delle CE all'interno di un panorama energetico così complesso. Per analizzare il fenomeno è stato implementato un approccio di *gamification*: si è svolto un esperimento di due settimane che ha coinvolto circa 200 studenti dell'Università di Pisa e che ne ha evidenziato i comportamenti energetici. Nello specifico, l'obiettivo dell'esperimento era quello di rispondere alle seguenti domande:

- Sentirsi parte di una comunità energetica, piuttosto che un *prosumer* (produttore/consumatore di energia) individuale, influenza la disponibilità allo spostamento e alla riduzione dei consumi energetici?
- Gli individui preferiscono ridurre i consumi o posticiparli?
- Esistono delle fasce orarie in cui gli individui sono più o meno inclini all'accettazione delle richieste di spostamento o riduzione dei consumi?
- Quali sono i fattori che determinano la disponibilità dell'individuo a spostare le azioni che consumano energia o a consumarne meno?
- Sapere che gli altri utenti si comportano in modo più flessibile, influenza e, se sì, quanto la propria disponibilità allo spostamento e alla riduzione dei consumi?
- Quali sono i principali motivi di rifiuto delle richieste?

2. Le Comunità Energetiche: definizioni, vantaggi e criticità

Le comunità energetiche sono delle forme innovative di *prosumption*, fenomeno che consiste nell'assegnazione all'utente di un ruolo sia di consumatore che di produttore di energia rinnovabile. Dall'unione di più *prosumer* nascono quattro possibili configurazioni di comunità energetiche: le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), gli Autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente (AC), le Comunità Energetiche dei Cittadini (CEC) e i Clienti attivi consorziati. Queste configurazioni sono state trattate prima nelle direttive europee RED II 2018/2001 e IEM 2019/944 e poi nel territorio nazionale nella Delibera ARERA e nel Decreto 162/2019 (DL Milleproroghe): in fig. 1 è mostrato in sintesi il quadro giuridico relativo alla diffusione delle CE.

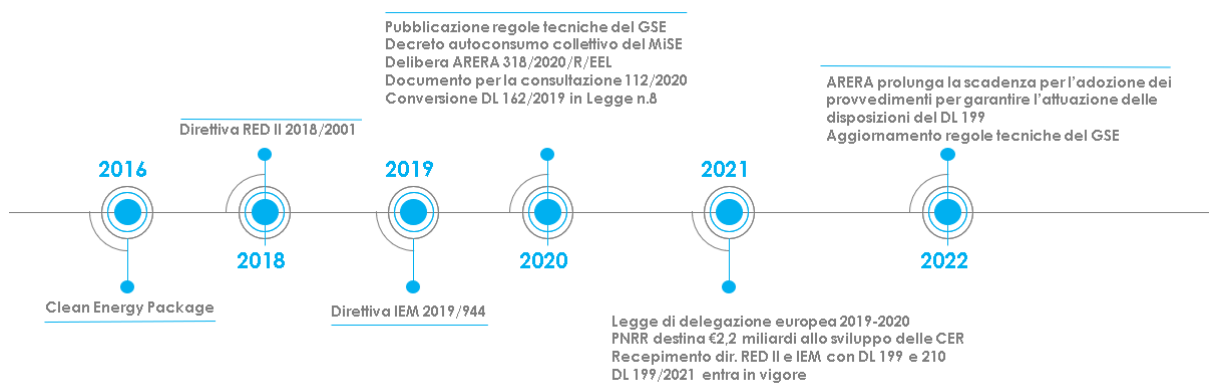


Figura 1: Quadro giuridico relativo alle Comunità Energetiche

Tutte e quattro le configurazioni hanno l'obiettivo comune di autoprodurre e fornire energia rinnovabile a prezzi accessibili ai propri membri e fornire così benefici ambientali, economici e sociali a livello di comunità. Sono caratterizzate, però, da delle differenze, principalmente nel requisito di prossimità e nel tipo di energia prodotta ammessa. Se infatti per le CER i partecipanti devono essere localizzati in prossimità degli impianti presenti nell'intorno dell'area stessa, con un limite fissato alla stessa cabina primaria, per gli AC il limite è al medesimo edificio o condominio; per i clienti attivi consorziati si fa riferimento ad una generica "area delimitata" e per le CEC non si ha nessun vincolo esplicito di prossimità dei partecipanti. Inoltre, mentre all'interno delle CEC si può produrre energia elettrica tramite fonti rinnovabili e anche fossili, per gli AC l'energia elettrica deve essere proveniente da sole fonti rinnovabili; addirittura, per le CER tutti i tipi di energia (elettricità, calore, gas) devono provenire esclusivamente da fonti rinnovabili; infine, per i clienti attivi consorziati non c'è nessuna limitazione sulla fonte di generazione dell'energia.

Le comunità energetiche offrono ai loro membri una serie di vantaggi, tra cui benefici economici, ambientali e sociali. I membri di una CE sono infatti supportati economicamente da una serie di incentivi del governo (es. la tariffa incentivante MiSE e la valorizzazione dei benefici di ARERA) e, producendo la propria energia internamente, contribuiscono alla riduzione della dipendenza da fonti fossili importate e della povertà energetica, alla minimizzazione delle emissioni di CO₂ e al raggiungimento della quota target di produzione di energia rinnovabile del Paese; inoltre, promuovono dei modelli di collaborazione sociale e una maggiore consapevolezza da parte dei consumatori.

Sebbene il numero di CE in Italia sia in crescita (per ora sono attive o in fase di attivazione 20 CE), le criticità legate alla loro diffusione sono molte: problemi legati all'accesso alla rete, un quadro giuridico poco chiaro, una burocrazia molto lunga e complessa, il difficile accesso al capitale finanziario e uno scetticismo generale dei consumatori verso l'energia rinnovabile. È su quest'ultima barriera che il lavoro di ricerca si concentra: infatti, sebbene molto spesso le problematiche legate agli aspetti sociali e psicologici dei consumatori siano trascurate in letteratura, queste devono essere necessariamente prese in considerazione per poter permettere la corretta diffusione delle CE.

3. Analisi della letteratura

Per studiare i fattori sociopsicologici che influenzano i comportamenti energetici dei consumatori si fa riferimento alla Teoria del Comportamento Pianificato, *Theory of Planned Behaviour* (o TPB). La TPB sostiene che il comportamento dell'individuo (quindi anche quello energetico) dipende direttamente dalle intenzioni del soggetto (influenzate da atteggiamento e norme soggettive) e dalla sua percezione di controllo sul comportamento, ossia la fiducia che ripone il soggetto nel saper completare un'azione con successo. In linea con la TPB, quindi, si possono individuare diverse sfide da superare quando si cerca di motivare le persone al risparmio energetico. Spesso l'energia e il consumo sono visti come concetti astratti e così è difficile collegare i consumi con i comportamenti quotidiani e associare grande valore ad un risparmio energetico. Inoltre, spesso i consumatori sono riluttanti a cambiare il proprio comportamento e preferiscono continuare a fare quello che hanno sempre fatto, oppure tendono a seguire le norme sociali e a fare quello che fanno gli altri, senza un particolare pensiero razionale. Molto spesso la resistenza che si incontra nei consumatori è legata alla visione sistematica che hanno delle fonti di energia rinnovabile e dell'efficienza energetica: queste ultime, infatti, in certi casi sono associate, in un immaginario comune, ad uno stile di vita minimalista, condizionato dal risparmio, dalla limitazione e dalle rinunce. Il consumatore tipo può quindi associare all'installazione di un impianto FER la perdita del comfort energetico all'interno della propria abitazione. Molti consumatori non intravedono quindi nel cambiamento comportamentale e nel risparmio energetico un vantaggio reale e un qualcosa per cui vale la pena di sacrificarsi. In letteratura sono stati studiati diversi metodi per favorire un cambio comportamentale dei consumatori, tra cui i sistemi di feedback e i serious game, di cui è stata ampiamente dimostrata l'efficacia. L'effetto delle CE sulla flessibilità energetica, e in particolare sul comfort percepito dall'utente, non è però ancora stato studiato: è proprio su questo aspetto che questo studio intende investigare. Lo scopo della ricerca è quindi quello di indagare, attraverso un approccio di *gamification*, se un partecipante ad una CE possa essere maggiormente motivato a sacrificare il proprio comfort, rispetto a un prosumer individuale, e a modificare il proprio comportamento energetico. Inoltre, nella ricerca si intende anche valutare l'effetto della pressione sociale sul comportamento energetico degli individui: in altre parole, un secondo obiettivo è quello di comprendere se un soggetto esposto al comportamento positivo degli altri consumatori tende a migliorare il proprio comportamento ed essere più attento ai propri consumi.

4. Metodologia

4.1 Progettazione dell'esperimento

Il gruppo di ricerca del Progetto di Ateneo Autens¹ (AUTarchia ENergia Sostenibile), per rispondere alle domande proposte, ha implementato un gioco, denominato Autens Game. La candidata è stata inserita nel gruppo di ricerca a maggio 2022, ha contribuito alla

¹ [Progetto Autens](#)

realizzazione pratica dell'esperimento, ha supportato la progettazione dell'applicazione web utilizzata per il gioco e ne ha infine analizzato i risultati.

Per poter raggiungere gli obiettivi di ricerca prefissati, l'esperimento ha coinvolto circa 200 studenti dell'Università di Pisa che sono stati suddivisi in quattro gruppi, sottoposti a diversi trattamenti, ottenuti combinando le categorie di Self o Autens e di Base o *Peer Pressure*, come mostrato in tabella 1.

	Base	Peer Pressure
Self	Self	Self PP
Autens	Autens	Autens PP

Tabella 1: Suddivisione dei quattro gruppi di utenti

Più esattamente, mentre i giocatori Peer Pressure erano sottoposti alla pressione sociale data dalla visualizzazione del comportamento positivo degli altri giocatori, gli utenti Base potevano visualizzare solamente i propri progressi. Inoltre, i giocatori Self dovevano immaginare di possedere un proprio impianto ad energie rinnovabili (ed essere così un singolo *prosumer*) e di poter utilizzare liberamente l'energia autoprodotta, mentre i giocatori Autens dovevano immaginare di fare parte di una comunità energetica rinnovabile, sfruttando così impianti di produzione a fonti rinnovabili che erano a disposizione dell'intera comunità. Di seguito vengono presentate le diverse fasi in cui l'esperimento è stato implementato.

4.1.1 Reclutamento: È stato inizialmente necessario richiedere l'interesse dei potenziali partecipanti e procedere con il reclutamento. Dopo aver ristretto il campo agli studenti dell'ateneo pisano, è stato inviato, tramite mailing list universitaria, un form di iscrizione che comprendesse informazioni quali genere, età, corso di laurea (in modo da distinguere gli studenti dei corsi Humanities e STEM) e tipo di abitazione in cui risiedevano i partecipanti (in modo da distinguere gli studenti che abitassero da soli, con coinquilini, in casa dello studente o con i genitori). Dopo il primo screening, il numero totale di interessati all'esperimento era di circa 800 studenti.

4.1.2 Selezione dei partecipanti: Il gruppo di ricerca ha deciso poi di restringere l'ambito dell'esperimento ai soli studenti risidenti in case diverse da quelle dei propri familiari. Si è ritenuto infatti deviante il possibile comportamento di tali studenti, che non avrebbero infatti avuto la piena libertà di scelta in termini di comportamenti energetici all'interno dell'abitazione e non si sarebbero fatti carico delle implicazioni economiche delle loro scelte energetiche. Il numero di potenziali partecipanti si è quindi ridotto a 457.

4.1.3 Creazione dei gruppi preliminari: I 457 studenti sono stati poi suddivisi nei quattro gruppi di riferimento, Self, Self PP, Autens e Autens PP, come accennato all'inizio del capitolo 4. Per popolare i gruppi in modo omogeneo si sono rese fondamentali le informazioni richieste inizialmente nel form, tra cui genere, corso di laurea e tipo di abitazione.

4.1.4 Sensibilizzazione dei partecipanti: Tutti gli studenti selezionati (457) sono quindi stati invitati alle diverse sessioni di presentazione, organizzate per spiegare ai partecipanti lo svolgimento dell'esperimento. Sono state previste diverse sessioni (quattro per giocatori Self e quattro per giocatori Autens), svolte anche in modalità ibrida (consentendo agli studenti di

partecipare da remoto), in modo da poter coinvolgere il maggior numero possibile di studenti. Le presentazioni hanno permesso di sensibilizzare diversamente i gruppi di prosumer (Self e Self PP) da quelli in CE (Autens e Autens PP). In tutte le presentazioni, attraverso apposite pillole video, sono state illustrate le regole di svolgimento dell'esperimento e le modalità di utilizzo dell'applicazione web, si è mostrata una simulazione pratica di una giornata tipo di un giocatore e si è parlato dei premi che i partecipanti avrebbero potuto vincere; l'unico elemento di differenziazione è stato l'approfondimento sulle CE per i due gruppi Autens e i vantaggi generali delle fonti rinnovabili per i gruppi Self. I partecipanti alle presentazioni sono stati in totale 128.

4.1.5 Definizione finale dei gruppi: Visto il basso numero di partecipanti alle presentazioni, è stata data la possibilità di giocare anche a coloro che non avessero avuto la possibilità di essere presenti. È quindi stato chiesto ai restanti studenti selezionati in precedenza, se fossero sempre interessati a partecipare al gioco. Altri 72 studenti hanno richiesto di aderire all'esperimento, portando così il numero totale di partecipanti a 200. Dopo aver inviato i video e il materiale di approfondimento anche ai nuovi partecipanti, questi sono quindi stati aggiunti ai quattro gruppi (mostrati in tabella 2).

	Self	Self PP	Autens	Autens PP	Totale
Uomo	18	20	18	21	77
Donna	30	28	34	30	122
Non binario	0	1	0	0	2
Casa con coinquilini	37	33	35	43	148
Casa da solo	5	8	10	4	27
Casa dello studente	6	8	7	4	25
Humanities	10	16	11	14	51
STEM	37	33	40	37	147
Altro	1	0	1	0	2
Totale	48	49	52	51	200

Tabella 2: Composizione dei gruppi sulla base di variabili sociodemografiche

I giocatori hanno partecipato ad un esperimento di durata pari a due settimane, svolto a luglio 2022, tramite un'applicazione web. A tutti i giocatori era richiesto di inserire tutte le azioni quotidiane svolte nella propria abitazione e che consumavano energia. Dovevano inoltre rispondere alle richieste dell'app, che poteva chiedere di spostare o ridurre i propri carichi energetici. Durante la seconda settimana, è stato inoltre richiesto ai giocatori di rispondere a delle domande di approfondimento, utili sia per mantenere alto l'*engagement* degli utenti, che per raccogliere altre informazioni importanti dal punto di vista energetico sulle abitazioni dei giocatori. Alla fine delle due settimane di gioco, tutti i giocatori hanno dovuto compilare un questionario, in modo da aver diritto ad un premio. I premi previsti per i giocatori avevano il solo scopo di mantenere ingaggiati i partecipanti e, avendo un valore relativamente basso, si suppone che non abbiano indotto un comportamento strategico.

4.2 Implementazione dell'applicazione web

Per lo svolgimento dell'esperimento è stata appositamente sviluppata un'applicazione web: nei seguenti paragrafi saranno descritte le regole di gioco e di utilizzo dell'app.

4.2.1 Registrazione e introduzione al gioco: Per iniziare a giocare, l'utente si deve iscrivere all'app, inserendo un codice di registrazione precedentemente fornitogli e rispondendo a delle domande di controllo (età, genere, corso di laurea, abitazione), in modo che il gruppo di ricerca possa risalire alle sue informazioni mantenendone intatta la *privacy*. Subito dopo la registrazione, tutti gli utenti visualizzano un messaggio, differenziato in base al tipo di utente (Self o Autens), che intende ricordare ai giocatori lo scenario in cui si devono immedesimare, alcune regole di svolgimento del gioco e i premi che hanno la possibilità di vincere.

4.2.2 Inserimento delle azioni: L'utente deve inserire le azioni quotidiane che completa nella sua abitazione e che richiedono energia, cliccando su uno dei simboli presenti nella schermata (mostrata in fig. 2), che racchiude tutte le possibili azioni selezionabili dall'utente e la possibilità di confermare di non aver eseguito alcuna azione all'interno dello slot orario corrente, dalle 00:00 alle 14:00 o dalle 14:01 alle 23:59.

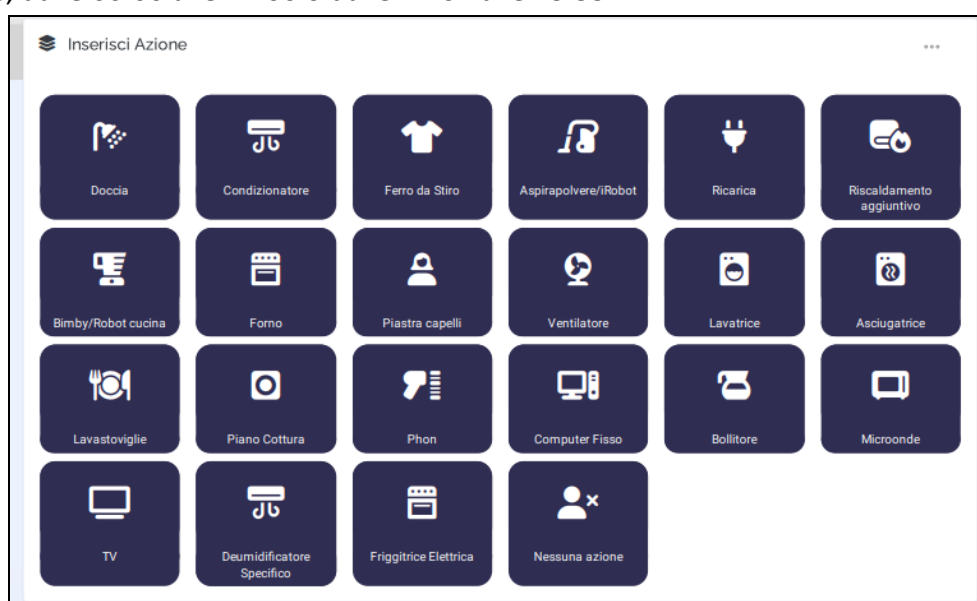


Figura 2: Azioni inseribili dall'utente nell'app

4.2.3 Tipi di richieste: Nel momento in cui l'utente inserisce un'azione all'interno dell'app ci sono diversi possibili output, progettati con una semplice assegnazione di probabilità e che non dipendono, quindi, dai consumi energetici reali inseriti dagli utenti. L'output varia in funzione del tipo di dispositivo da utilizzare. Se ne mostrano alcuni esempi in tab. 3, in cui sono mostrati quattro possibili output: azione direttamente confermata, richiesta di riduzione/ spostamento del consumo energetico e di non utilizzo.

Dispositivo	Modalità di utilizzo	Output	Probabilità
Condizionatore	-	Azione confermata	$\frac{1}{2}$
		Richiesta riduzione	$\frac{1}{2}$
Ventilatore	Ventilatore alta velocità	Azione confermata	$\frac{1}{2}$
	Ventilatore bassa velocità	Azione confermata	1
Bimby/robot cucina	-	Azione confermata	$\frac{1}{2}$
		Richiesta di non utilizzo	$\frac{1}{2}$
Nessuna azione	-	Azione confermata	1

Tabella 3: Possibili output dell'app dopo l'inserimento di un'azione

La richiesta dell'app sarà inoltre esplicitata in modo diverso in funzione del tipo di utente in questione, Self o Autens, come già anticipato in precedenza. Nel caso di un utente Self le richieste saranno motivate dall'ottimizzazione dell'energia prodotta dall'impianto del singolo utente, mentre nel caso dell'utente Autens le richieste dell'applicazione saranno motivate dall'ottimizzazione dell'energia prodotta dagli impianti di produzione dell'intera CE: l'energia a disposizione degli utenti sarà quindi limitata dai consumi complessivi e contemporanei dei soggetti partecipanti alla comunità.

L'utente ha quindi la possibilità di accettare o meno la richiesta dell'app. Se non vuole accettare la richiesta potrà facoltativamente inserire il motivo del rifiuto e l'app registrerà a sistema l'azione originale; altrimenti, se accetta, dovrà accedere nuovamente all'app un'ora dopo e confermare l'esecuzione dell'azione (a prescindere dal tipo di richiesta, spostamento, riduzione o non utilizzo). Questo è motivato dalla volontà di voler "disturbare" l'utente e verificare la sua reale partecipazione all'esperimento: l'utente, infatti, per poter confermare l'azione e far sì che questa venga registrata nel sistema si dovrà infatti ricordare di accedere all'app in tempo e cliccare sul tasto "conferma azione".

4.2.4 Punteggi: Il punteggio (con il ranking in classifica) è visualizzabile dall'utente solo durante la seconda settimana di gioco. Durante la prima settimana, invece, tutti gli utenti potranno visualizzare solamente il livello conseguito, incrementabile giorno dopo giorno interagendo con la app almeno una volta in entrambi gli slot temporali previsti; i giocatori dei gruppi PP potranno anche visualizzare in entrambe le settimane la propria percentuale di accettazione delle richieste e confrontarla con un valore dichiarato come "medio" tra i giocatori, ma in realtà maggiorato, proprio per produrre l'effetto di peer pressure. Il punteggio dei giocatori è calcolato sulla base di tre componenti: il livello giornaliero raggiunto, le azioni inserite e le domande di approfondimento.

- Livello giornaliero: Il giocatore completa il livello giornaliero solo se esegue l'accesso all'app e inserisce almeno un'azione in entrambi gli slot orari giornalieri (00:00- 14:00 e 14:01-23:59); in alternativa, può confermare di non aver compiuto alcuna azione in uno o entrambi gli slot. Se il giocatore completa il livello giornaliero, acquisisce il punteggio relativo al livello, come riportato in tab. 4; altrimenti, perderà cinque livelli (o tornerà al livello 0 iniziale) e 20 punti sul totale del suo punteggio. L'aspetto relativo al livello giornaliero è stato esplicitato chiaramente a tutti i giocatori, in modo da rendere evidente quanto sia importante la partecipazione attiva del giocatore durante tutti e quattordici i giorni di gioco.

Livello	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Punti	0	16	29	40	49	56	61	66	70	73	75	77	79	80

Tabella 4: Punteggi associati al completamento dei livelli giornalieri

- Azioni: Al punteggio accumulato dal giocatore grazie al completamento del livello giornaliero, si aggiungono i punti ottenuti dall'inserimento delle azioni. Fino a 4 azioni completate, il punteggio accumulato aumenta in funzione del numero di azioni (30 punti per 1 azione, 40 punti per 2 azioni, 50 punti per 3 azioni); al completamento della quarta azione questa componente di punteggio si stabilizza sui 60 punti. Inoltre, come mostrato in tab. 5, per ogni azione inserita, al punteggio base sono aggiunti o

detratti punti a seconda che il giocatore accetti la richiesta o meno e che la confermi o meno l'ora successiva.

Output azione	Probabilità	Punti	Esempio singola azione (punteggio base 30 pt)
Azione confermata	1	0	30
Richiesta non accettata	0,8	-7	23
	0,1	0	30
	0,1	6	36
	0,8	7	37
Richiesta accettata e confermata	0,1	0	30
	0,1	-6	24
	1	-10	20
Richiesta accettata e non confermata	1	-10	20

Tabella 5: Assegnazione dei punteggi per le diverse risposte alle richieste

- Domande approfondimento: Infine, l'utente ha la possibilità di ricevere 30 punti bonus rispondendo ad ognuna delle domande di approfondimento proposte durante la seconda settimana di gioco, che indagano sulle caratteristiche delle abitazioni dei giocatori. Alcuni esempi di domande proposte durante la seconda settimana:
 - Qual è la superficie in pianta della tua abitazione?
 - Qual è il periodo di costruzione della tua abitazione?

4.2.5 Questionario finale: Alla fine delle due settimane di gioco è stato proposto ai giocatori un questionario concernente alcune tematiche ambientali. È stato ritenuto infatti fondamentale somministrare suddetto questionario solo alla fine del gioco, per evitare di influenzare i comportamenti dei giocatori.

5. Analisi dei risultati

Sono infine riportati i principali risultati dei dati registrati durante l'esperimento. È doveroso però specificare che i risultati analizzati sono i soli dati relativi alla prima settimana di gioco. Sebbene inizialmente si fosse ipotizzato che la seconda settimana, caratterizzata dall'aggiunta delle domande di approfondimento e dalla visualizzazione di punteggio e *ranking*, delineasse dei comportamenti maggiormente competitivi da parte dei giocatori, in realtà si è registrato un numero molto inferiore di azioni e richieste generate. Si suppone così che nella seconda settimana l'*engagement* dei giocatori sia significativamente calato.

1. **Sentirsi parte di una comunità energetica, piuttosto che un *prosumer* individuale, influenza la disponibilità allo spostamento e alla riduzione dei consumi energetici?**
 La principale domanda a cui l'esperimento vuole rispondere ha trovato risposta positiva: effettivamente, la partecipazione ad una CE influenza positivamente la flessibilità degli utenti. Si è infatti rilevato una maggiore accettazione delle richieste da parte dei giocatori Autens rispetto ai giocatori Self. Questo è stato confermato dal test Chi-Quadro, in cui la probabilità di rifiuto dell'ipotesi nulla (0,01) risulta inferiore al valore soglia (0,05), dato che le richieste effettivamente accettate (in tab.6) dai giocatori Autens si sono dimostrate maggiori di quelle teoriche (in tab. 7) e il contrario si è ottenuto per i giocatori Self.
 Si specifica che, per motivi di semplicità, in questa analisi sono state incluse nelle "richieste rifiutate" anche le richieste accettate ma non confermate.

Osservazioni effettive			
Trattamento	Richieste accettate	Richieste rifiutate	Richieste totali
Autens	551 (45,8%)	651 (54,2%)	1202
Self	430 (40,9%)	622 (59,1%)	1052
Totali	981 (43,5%)	1273 (56,5%)	2254

Tabella 6: Richieste accettate e rifiutate effettive dai gruppi Autens e Self

Osservazioni teoriche			
Trattamento	Richieste accettate	Richieste rifiutate	Richieste totali
Autens	523 (43,5%)	678 (56,5%)	1202
Self	457 (43,5%)	594 (56,5%)	1052
Totali	981 (43,5%)	1273 (56,5%)	2254

Tabella 7: Richieste accettate e rifiutate teoriche dai gruppi Autens e Self

2. **Gli individui preferiscono ridurre i consumi o posticiparli?** L'accettazione si è rivelata mediamente maggiore per le richieste di riduzione (55%) rispetto alle richieste di spostamento (42,5%). Supponendo così una maggiore flessibilità dei consumatori in termini di riduzione dei consumi energetici, è stato svolto un test del Chi-Quadro per confermare la significatività dell'affermazione. Effettivamente, con una probabilità di rifiuto dell'ipotesi nulla (ossia della correlazione nulla fra il tipo di richiesta e l'accettazione) molto inferiore al valore soglia, si conferma la maggiore flessibilità energetica dei consumatori nel caso di richieste di riduzione dei carichi. È però anche doveroso specificare che il numero di richieste di riduzione (229) è stato molto inferiore rispetto a quello delle richieste di spostamento (1955).
3. **Esistono delle fasce orarie in cui gli individui sono più o meno inclini all'accettazione delle richieste?** Studiando l'accettazione delle richieste da parte degli utenti nelle varie fasce orarie, si è identificato la fascia oraria dalle 00:00 alle 5:59 come quella caratterizzata da una minore flessibilità. Indagando sul tipo di azioni svolte maggiormente in questa fascia oraria e sui principali motivi di rifiuto, ci si è resi conto che in questa fascia i consumatori mettono tipicamente in carica i propri dispositivi elettronici prima di coricarsi, e sono quindi poco disposti a spostarne la carica all'ora successiva. Le restanti fasce orarie sono invece caratterizzate da una flessibilità pressoché simile (con valori che variano dal 38% al 48%).
4. **Quali sono i fattori che determinano la disponibilità dell'individuo a spostare le azioni che consumano di energia o a consumarne di meno?** Indagando sull'effetto di alcune variabili sociodemografiche sulla flessibilità degli utenti, sono state identificati come significativi i fattori di genere, età e corso di laurea. In particolare, sono state evidenziate le maggiori flessibilità da parte dei consumatori di genere maschile (piuttosto che femminile), di fascia di età >40 anni (piuttosto che la fascia <40 anni) e corso di laurea Humanities (piuttosto che corsi STEM). I test del Chi-Quadro hanno confermato la significatività di tutti e tre i fattori, con dei valori della probabilità di rifiuto dell'ipotesi nulla pari a 0,0056 per l'età, a 0,0231 per il genere e a 0,0008 per il corso di laurea; tutti i valori sono inferiori al valore soglia di 0,05. Non è stato rilevato invece alcun effetto rilevante sulla flessibilità dato dal tipo di abitazione: il test del Chi-Quadro ha rivelato un valore della probabilità pari a 0,36.

5. **Sapere che gli altri utenti si comportano in modo più flessibile, influenza e, se sì, quanto la propria disponibilità allo spostamento e alla riduzione dei consumi?**

L'ultima domanda di ricerca riguardava il potenziale effetto della *Peer Pressure* sul comportamento dei giocatori. Purtroppo, sebbene inizialmente si ipotizzasse un comportamento più sostenibile a livello di consumi energetici da parte dei giocatori esposti al progresso degli altri, e sebbene la percentuale di accettazione delle richieste si sia dimostrata leggermente maggiore nel gruppo Autens PP rispetto al gruppo Autens, questa differenza non si è dimostrata statisticamente significativa.

6. **Quali sono i principali motivi di rifiuto delle richieste?** La lista dei motivi di rifiuto

delle richieste, con relativo conteggio, è riportata in tab. 8. All'interno del motivo "Non posso" (che ha registrato una maggiore numerosità) sono stati inclusi motivi generici come per esempio "Non coincide con i miei impegni", mentre nel motivo "Altro" sono stati inclusi motivi quali cause esterne alla volontà dell'utente, le sue preferenze e alcuni fraintendimenti dell'utente (es. azioni già svolte, azioni inserite più volte, ecc.). Si noti infine il basso numero di motivazioni "Non credo sia utile", a dimostrazione del fatto che la volontà degli utenti di partecipare al cambiamento sembri generalmente alta.

Motivi di rifiuto	Numero
Non posso	150
Devo andare a dormire	119
Devo uscire	111
Dispositivo scarico	70
Altro	44
Fa troppo caldo	10
Non credo sia utile	3
Totale	507

Tabella 8: Motivi di rifiuto alle richieste

6. Conclusioni e sviluppi futuri

Il risultato più importante della ricerca è l'effettiva significatività dell'effetto della partecipazione ad una CE sulla flessibilità dei consumatori. Analizzando i risultati, è stato infatti possibile comprendere che gli utenti inseriti nei gruppi Autens hanno dimostrato una maggiore accettazione delle richieste generate dall'app e così una maggiore tendenza a sacrificare il proprio comfort. In linea con i risultati ottenuti dallo studio presentato dall'articolo di Musall e Kuik "*Local acceptance of renewable energy – a case study from southeast Germany*" (2011), le CE si sono rivelate uno strumento efficace nel miglioramento comportamentale dei consumatori. Altri risultati interessanti sono stati riscontrati nell'individuazione di importanti fattori sociodemografici, anch'essi influenti sulla flessibilità dei consumatori, tra cui il genere, l'età e il corso di laurea. Infine, è stato possibile comprendere se la flessibilità variasse a seconda del tipo di richiesta (spostamento o riduzione del carico energetico) e/o della fascia oraria in cui fosse proposta.

In vista di una seconda edizione del gioco, sono forniti inoltre alcuni importanti accorgimenti. Per mantenere alto l'*engagement* del giocatore durante il gioco sarà necessario ridurre la durata dell'esperimento (es. da due settimane a una) o inserire altri elementi di gioco più coinvolgenti per l'utente (es. la personalizzazione della propria casa virtuale nell'app). Inoltre, come accennato al punto 6 del capitolo 5 alcuni utenti hanno frainteso alcune regole di gioco; quindi, sarà fondamentale una migliore comunicazione di queste ultime per ridurre le incomprensioni. Infine, per riequilibrare il numero di richieste di spostamento e riduzione, sarà fondamentale rivedere i possibili output dell'app alle azioni dell'utente e le relative probabilità.