

PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2022-2024 DELLA RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE

Presentazione dei progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del
decreto 26 gennaio 2000

Tema di ricerca 1.7

Titolo del progetto

Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

- Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile [ENEA]
- Politecnico di Milano - Dipartimento di Energia [MI-DENG]
- Politecnico di Milano - Dipartimento di Architettura e Studi Urbani [DASTU]
- Politecnico di Milano - Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria [PoliMIDEIB]
- Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Gestionale [PoliMI-DIG]
- Politecnico di Torino - Dipartimento di Energia [TO-DENERG]
- Sapienza Università di Roma - Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica [RM1-DIAEE]
- Sapienza Università di Roma - Dipartimento di Ingegneria informatica, automatica e gestionale [RM1-DIAG]
- Sapienza Università di Roma - Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Architettura [CITERA]
- Sapienza Università di Roma - Dipartimento di Fisica [UNIRM1-Fis]
- Sapienza Università di Roma - Dipartimento di Informatica [UniRM1-DI]
- Sapienza Università di Roma - Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura [RM1-PDTA]

- Sapienza Università di Roma - Dipartimento Ingegneria Chimica Materiali Ambiente [RM1-DICMA]
- Università degli Studi di Napoli Federico II - Dipartimento di Ingegneria Industriale [UniNA-DII]
- Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Ingegneria Industriale [UniPD-DII]
- Università dell'Aquila - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale [AQ-DICEAA]
- Università dell'Insubria - Dipartimento di Economia [DIECO]
- Università della Campania - Dipartimento di Ingegneria [UniCampDI]
- Università di Bergamo - Dipartimento di Ingegneria e Scienze applicate [UniBG-DISA]
- Università di Bergamo - Dipartimento di Ingegneria gestionale, Informazione e produzione [UniBGDIGIP]
- Università di Bologna - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione "Guglielmo Marconi" [UniBO-DEI]
- Università di Bologna - Dipartimento di Ingegneria industriale [UniBO-DIN]
- Università di Bologna - Dipartimento Informatica, Scienza e Ingegneria [UniBO-DISI]
- Università di Firenze - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale [UniFIDICEA]
- Università di Genova - Centro di servizi per il ponente ligure [CenVIS]
- Università di Milano Bicocca - Dipartimento di Scienze Economico-Aziendali e Diritto per l'Economia [UniMIB]
- Università di Palermo - Dipartimento di Ingegneria [UniPA-DI]
- Università di Parma - Dipartimento di Ingegneria e Architettura [UniPR-DIA]
- Università di Perugia - Dipartimento di Ingegneria [UniPG-DI]
- Università di Pisa - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni [DESTeC]
- Università di Pisa - Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione [UniPI-DII]
- Università di Roma Tor Vergata - Dipartimento di Ingegneria Industriale [UniRM2-DII]

- Università di RomaTre - Dipartimento di Ingegneria industriale, Elettronica e Meccanica [RM3DIEEM]
- Università di Salerno - Dipartimento di Ingegneria Civile [UniSADICIV]
- Università Politecnica delle Marche - Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche [DIISM]
- Università RomaTre - Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche [RM3-ICITA]

Durata del progetto: 36 mesi

Costo proposto: 13.299.997,50 €

convogli di veicoli, si esploreranno tecnologie innovative per lo scambio termico a cambiamento di fase per componenti di potenza delle stazioni di ricarica e delle batterie a bordo dei veicoli. Si realizzeranno poi sistemi informatici di supporto all'analisi della domanda di ricarica di veicoli elettrici, per trasporto pubblico e privato, nelle aree urbane e una piattaforma avanzata di modelli integrati a supporto delle attività di analisi, pianificazione e monitoraggio della mobilità urbana.

Per quanto riguarda il WP4 sulle pompe di calore (PdC) e la climatizzazione sostenibile, si svolgeranno attività di sostegno alla prevista, profonda diffusione delle PdC nella climatizzazione residenziale. Infatti, tutti gli scenari internazionali includono la loro ampia diffusione tra le azioni fondamentali e ineludibili per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione della climatizzazione, sia nelle nuove costruzioni, sia nella sostituzione dei dispositivi sinora impiegati. Pur essendo la PdC una tecnologia matura, un certo numero di ostacoli potrebbe limitarne la prevista penetrazione sul mercato, concretizzandosi in barriere di varia tipologia: tecniche, economiche, legislative, ecc.. Per la mitigazione di alcune problematiche tecniche si lavorerà all'analisi teorico-sperimentale dei sistemi integrati, in grado di sfruttare più sorgenti termiche (aria, terreno, sole), abbinati ad altre tecnologie come accumuli innovativi (stagionali, giornalieri, elettrici o termici, ad esempio a PCM), logiche di controllo avanzate (es. di tipo DSM) con diverse finalità, come riduzione dei consumi, riduzione dei picchi di carico, ampliamento del numero e delle tipologie di utenze asservibili alle PdC. A livello di sviluppo tecnologico si esploreranno i temi dello sbrinatorio con tecniche di recupero di calore e si indagheranno gli effetti dell'impiego di refrigeranti ultra-low GWP, centrali nel raggiungimento degli obiettivi ambientali connessi all'uso delle PdC. Inoltre, si applicherà la tecnologia, con opportuni adattamenti, ad applicazioni non convenzionali. Si svilupperanno anche ricerche per la gestione di possibili problemi conseguenti alla elevata penetrazione delle PdC, con particolare riferimento ai metodi di individuazione guasti e gestione e mitigazione delle problematiche di rumorosità. Saranno infine effettuati confronti tecno-economici e ambientali tra diversi vettori energetici e studi d'impatto sulla rete elettrica, connessi alla elevata diffusione della tecnologia.

Abstract del progetto ENG

Project 1.7 aims to promote the energy and digital transition of urban infrastructures and end users, towards carbon-free solutions and the consequent electrification of end uses (2030-2050 «carbon neutral society» objectives).

The project consists of four Work Packages (WPs):

- WP1 Sustainable Energy Community
- WP2 Energy-consuming urban infrastructures
- WP3 Technologies for electric Mobility
- WP4 Heat pump and sustainable heating and cooling.

The aim of WP1 is to provide technological support to the creation of communities for the management of energy consumption and production, through enabling technologies (IoT, machine learning, BigData, AI, etc.) and online energy sharing resources; to promote the spread of energy communities in Italy through the realization of a platform in support of energy and sustainable communities that leverage the opportunities and resources of their territory, through greater awareness and sharing of energy sources. The activities in the WP will concern the finalization of a digital infrastructure through which various community services are provided, including: web applications in aid of the technical-economic design of CERs and AUCs and the flexible and mindful management of residential users, including smart homes; methodologies aimed at defining the flexible use of energy in commercial buildings where electricity is the main energy source; dashboard for CER optimization and management by monitoring energy performance including daily consumption and production patterns; software modules to realize the "Digital Twin" of the Energy Communities including data analysis tools applied to time series and energy component modeling, toolkit for the design of multi-vector micro-grids and tools with indicators for heat islands. A prototype of advanced services will also be developed for Smart energy communities which comprise a web application and marketplace for a "local token economy" designed to remunerate community members for their energy virtuosity (collective self-consumption, flexibility, energy saving) by providing them with "utility tokens" and a service for monitoring citizens' perception of CERs.

The objective of WP2 is to promote the digital transition of the public authorities through the development of digital product concerning public energy infrastructures and with the aim of making digital infrastructures interoperable. The activities include: the creation of a national integration facility for the integration of urban platforms by extending data analytics services across the various urban domains and by providing a comparative view of the performance of the various cities (inter-SCP) as well as the development of a formal process for involving public officers to facilitate the transition to smart services (UCUM); continuous performance monitoring and innovative services of energy-intensive infrastructures through a national interoperable platform (PELL) and launch of the service for the public buildings sector (in particular schools); an experimental prototype will also be developed for smart services connected to the public lighting of hospitals and offices. The tool (CI-Res) used for risk prediction in critical energy infrastructures will be enriched with new functions aimed at assessing the vulnerability of buildings, analyzing the scenarios and localized energy faults in the event of extreme natural events in an urban area; it will be integrated with the PELL platform and interoperable with smart mobility infrastructures. A smart road with services integrated into the urban data management systems will be developed; upgrade of the sensor infrastructure in the intelligent public lighting poles, HW/SW solutions to facilitate communications between autonomous electric vehicles and urban infrastructures; new features of the autonomous electric vehicle operating on the smart roads including road and passenger safety management and the development of components for wireless charging.

The objective of WP3 is to promote the diffusion of sustainable electric mobility: this requires solutions capable of overcoming the critical issues in terms of vehicle range, charging speed, safety, durability and reuse of the storage systems, impact on the electricity distribution network. The WP addresses these issues both from the technological point of view and from planning and management of transport systems point of view. As far as technologies are concerned, experimental tests will be carried out to verify aging phenomena and safety levels of automotive storage systems under certain conditions of use and algorithms will be created to predict these phenomena; prototypes of innovative vehicle components and dynamic charging systems applied to vehicle convoys will be developed, innovative technologies will be tested for bi-phase heat transfer for power electronics components of charging stations and on-board vehicle batteries. IT systems will then be created to support the analysis of the demand for charging electric vehicles, for public and private transport, in urban areas and an advanced platform of integrated models to support the analysis, planning and monitoring of urban mobility.

As regards the heat pumps (HPs), (WP4) activities will be carried out aimed at supporting the expected, widespread diffusion of HPs in residential space heating and cooling. In fact, all international scenarios include their wide diffusion among the fundamental and essential actions to achieve the decarbonisation targets, both in new buildings and in the replacement of the older equipment. Although the HP is a mature technology, a few obstacles could limit its expected market penetration, possibly resulting in technical, economic and legislative barriers. In order to face some technical problems, the research activity will deal with the theoretical and experimental analysis of integrated systems, suited for exploiting multiple sources (air, ground, sun), combined with other technologies such as innovative storage tanks (seasonal, daily, electric or thermal, for example with PCM), advanced control logics (eg. DSM) with various purposes, such as reduction of consumption, management of load peaks, increase of the number and types of final users served by HPs. In terms of technological development, the defrosting issue will be explored by means of heat recovery techniques, and the effects of using ultra-low GWP refrigerants will be assessed as well, since they are crucial for achieving the environmental targets associated with the use of heat pumps. Furthermore, the HP technology will be applied, with suited adjustments, to unconventional applications. Research will also be carried out for the purpose of managing possible problems resulting from the high penetration of heat pumps, with particular reference to the methods of identifying faults and the characterization and mitigation of the noise. Finally, techno-economic and environmental comparisons will be made between different energy vectors and impact studies on the electricity grid, specifically connected to the high diffusion of the technology.

2.3 TRL progetto

TRL iniziale: 2

TRL finale: 8

L'incremento di TRL nel WP1 riguarda:

- piattaforma ICT di integrazione di servizi per varie tipologie di utenti delle CER: dallo sviluppo tecnologico al prototipo (da TRL5 a TRL6);
- tool web per la fattibilità tecnico-economica di configurazione di CER e AUC: estensione delle funzionalità e test in contesti reali (da TRL6 a TRL7);
- cruscotto per l'ottimizzazione e la gestione CER attraverso il monitoraggio delle prestazioni energetiche: dalla implementazione alla verifica in ambiente rilevante (da TRL4 a TRL5);
- tool web per l'ingaggio dei cittadini nelle CER e feedback agli utenti residenziali: nuove funzionalità (da TRL5 a TRL6);
- metodologie per la definizione della flessibilità di smart buildings: nuove funzionalità (da TRL 5 a TRL6);
- applicazione web per "local token economy": dalla implementazione alla verifica in ambiente rilevante (da TRL4 a TRL5);
- servizio di analisi dei social network per il monitoraggio della percezione delle CER: dal consolidamento al prototipo (da TRL 5 a TRL6);
- tool di progettazione micro-grid multi-vettore: dal progetto al prodotto finale (da TRL4 a TRL6).

L'incremento di TRL nel WP2 riguarda:

- piattaforma nazionale Smart City di integrazione delle piattaforme urbane: dalla implementazione alla verifica in ambiente rilevante (da TRL4 a TRL5);
- tool web per il coinvolgimento degli operatori urbani per la transizione verso i servizi smart (UCUM): dal modello teorico ad una prima realisatione di laboratorio (da TRL3 a TRL4);
- PELL-IP su scala nazionale con nuove funzionalità: dal prototipo all'applicazione su larga scala (da TRL7 a TRL8);
- PELL-Edifici per monitoraggio prestazionale edifici pubblici: dalla implementazione alla verifica in ambiente rilevante (da TRL4 a TRL5);
- piattaforma CI-Res per la predizione del rischio nelle infrastrutture critiche energetiche: dal consolidamento tecnologico al prototipo (da TRL 5 a TRL6);
- smart road con veicoli autonomi comunicanti con l'infrastruttura urbana: dal consolidamento tecnologico alla verifica del sistema integrato (da TRL4 a TRL5).

L'incremento di TRL nel WP3 riguarda:

- accumulo; studio del contenimento della thermal runaway di diversi fluidi dielettrici e valutazione dell'efficacia di mitigazione con test sperimentali. Validazione tecnologica in ambiente di laboratorio (da TRL2 a TRL4).
- ricarica dinamica per il trasporto pubblico locale; realizzazione di un prototipo di sistema di trasporto pubblico dotato di sistemi di ricarica dinamica applicato a veicoli connessi in convoglio (da TRL3 a TRL 7).
- scambio termico; realizzazione di un prototipo di stazione di ricarica rapida con scambio termico a cambiamento di fase (da TRL4 a TRL6)
- ricarica BEV; software per la stima dei Charging Profile del trasporto pubblico urbano (da TRL 4 a TRL 5) e del trasporto privato con autovettura in area urbana (da TRL 2 a TRL4)
- mobilità urbana; Piattaforma digitale a supporto delle attività di analisi e pianificazione di interventi per la decarbonizzazione della mobilità urbana (da TRL4 a TRL5).

L'incremento di TRL nel WP4 riguarda:

- sistemi integrati: incremento di TRL nel settore del dimensionamento e gestione di PdC ad alta temperatura dual source (TRL da 7 a 8), nello sviluppo di PdC con moduli PV-T (TRL da 6 a 7) e nella definizione ed applicazione ad utenze di riferimento di logiche di controllo di tipo DSM (TRL da 7 a 8), con la finalità principale di ridurre i carichi elettrici connessi con la diffusione delle PdC e di studiare sistemi interconnessi.
- tecnologie innovative: si ricercheranno incrementi di TRL nella progettazione di sistemi di sbrinamento innovativi (TRL da 5 a 7) con accumuli a PCM o per rigenerazione termica, nell'uso di refrigeranti ultra-low GWP (da 6 a 8), nell'uso di tecnologia PdC a basso impatto ambientale in sistemi di produzione alimentare e multipiano (TRL da 6 a 8)
- tematiche legate alla diffusione delle PdC: metodologia di ricerca dei guasti (TRL da 7 a 8) e di mitigazione del rumore (TRL da 7 a 8).

2.4 Inquadramento del progetto nello stato dell'arte

a) Stato dell'arte nazionale e internazionale relativamente alle attività previste nel progetto

Le strategie convenzionali fondate sull'efficienza del singolo componente o gli incentivi sul singolo impianto a fonte rinnovabile mostrano effetti di saturazione che ne limitano l'efficacia e una delle vie suggerite dagli strumenti di programmazione europea sopracitati suggeriscono l'adozione di una logica più sistemica quali Positive Energy District (PED) e comunità energetiche. Tali obiettivi, sono stati recepiti nel programma di finanziamento Horizon Europe 21-27 con i Cluster su Climate, Energy and Mobility, la Mission Climate e Neutral Cities, le Institutionalized Partnerships, e per finire anche i programmi sulla competitività industriale su Climate, Energy and Mobility e Civil Security for Society. Si rileva tuttavia che allo stato attuale mancano incentivi per la digitalizzazione delle infrastrutture energivore.

Il tema delle comunità energetiche, oggetto del WP1, è molto recente e richiede lo sviluppo di tecnologie digitali che ne supportino la creazione e la diffusione; in particolare ad oggi mancano strumenti standard per la pianificazione e il monitoraggio delle CER, viceversa le piattaforme esistenti sono tipicamente chiuse e non rendono disponibile il dato in quanto seguono la logica "platform-as-service". A livello di raccolta dati in ambito residenziale i contatori di seconda generazione e gli standard CEI ad essi associati sono una realtà, occorre tuttavia superare il gap della standardizzazione della informazione, dalla abitazione ai sistemi cloud di raccolta dati. Si rileva inoltre la carenza di strumenti per incentivare la partecipazione dei cittadini alle CER, che offrano servizi e vantaggi aggiuntivi (basate sulla condivisione delle risorse locali e sulla token economy). Infine ad oggi i decisori politici non dispongono di strumenti di supporto alla PA; in questo senso una piattaforma per la valutazione delle CER a livello locale e nazionale, secondo metodologie standard è finalizzata a superare questo gap.

In riferimento al WP2, la principale barriera alla transizione digitale nel settore urbano è rappresentata dalla frammentazione dei dati e della intera filiera che va dai produttori di tecnologie, ai gestori dei servizi, alle municipalità. Accanto a questo permangono comunque gap tecnologici, di processo e normativi. Per quanto riguarda la gestione dei servizi urbani i passati progetti europei hanno prodotto prototipi di piattaforme urbane (Milano e Firenze) il cui limite è quello di aver utilizzato uno standard locale e non aver invece adottato uno standard nazionale che permettesse la replicabilità delle soluzioni sviluppate. Inoltre si rileva la carenza di una piattaforma nazionale di valutazione della smartness delle varie città e a tal fine la inter-SCP rappresenta un valido strumento per superare questa carenza. Nel comparto edilizio pubblico il monitoraggio delle utenze energivore è attualmente basato su protocolli e metodologie disomogenee; manca lo standard di censimento e acquisizione del dato e in questo senso il PELL-Edifici vuole ottemperare a questa carenza, in linea con il PELL-IP. Analogamente nel settore delle infrastrutture urbane energivore, quale l'illuminazione pubblica (IP), gli enti locali non dispongono di piattaforme pubbliche nelle quali siano raccolti i dati raccolti della infrastruttura IP ma pagano un servizio alle utilities per accedere a delle piattaforme private. In questo senso il PELL-IP è l'unica piattaforma pubblica che detiene tutte le informazioni degli impianti IP e le

mette a disposizione della PA gratuitamente. Infine allo stato attuale si rileva la mancanza di una piattaforma nazionale per il monitoraggio delle infrastrutture critiche, in grado di effettuare una analisi e una previsione a brevissimo termine del rischio e una valutazione di scenari di impatto delle stesse al fine di aumentarne la resilienza. In merito alla smart road si vuole sopperire alla assenza di un sistema che integra la infrastruttura stradale (veicolo-strada) con il sistema di gestione della città, al fine di offrire un monitoraggio puntuale e continuo di informazioni dai veicoli alla città e viceversa, per una migliore fruizione del sistema elettrico da parte dell'utente finale; inoltre l'interazione con il CI-Res fornisce informazioni georeferenziate sulla qualità aria e sullo stato del manto stradale. Infine attraverso il rilevamento del segnale audio, viene offerto un monitoraggio dell'inquinamento acustico, anche selettivo, delle varie zone della città. In riferimento al WP3, le attività di ricerca per la transizione tecnologia hanno tra i principali filoni: la sicurezza dei sistemi di accumulo e lo studio del second life, lo sviluppo dei sistemi di raffreddamento delle batterie e dei sistemi elettronici di potenza, i sistemi di ricarica in movimento dei mezzi pubblici, lo studio dei profili di ricarica dei veicoli e l'analisi e la modellizzazione della mobilità urbana. Il fenomeno del Thermal Runaway (T.R.) delle batterie è stato ampiamente studiato in letteratura: esistono numerosi studi sulla composizione dei gas, su modelli di previsione del T.R., sullo sviluppo di BTMS avanzati per prevenire esplosioni o incendi, ecc.. La propagazione del T.R. rimane, però, un rischio elevato che richiede approfondimenti ulteriori. L'importanza del second-life aumenta con la diffusione delle auto elettriche, e rappresenta una delle soluzioni esplorate dal mondo accademico e dall'industria per ridurre i costi iniziali dei veicoli elettrici. Molti studi si concentrano sulla definizione del periodo di ritiro di queste batterie, e sulla valutazione efficiente delle prestazioni residue che possono essergli richieste. I sistemi di trasporto in convoglio hanno l'obiettivo di poter promuovere il trasporto pubblico in zone a domanda più bassa, con il vantaggio di costi di esercizio più bassi, riuscendo a percorrere tragitti con più mezzi convogliati ed un solo guidatore. La ricarica in movimento di tali mezzi, collegati tramite un pantografo (magari alle linee tramviarie già esistenti) consente di ricaricare tutti i veicoli del convoglio in tratti di breve durata rispetto a tutto il tragitto, con la possibilità di avere veicoli che non necessitano di ricarica notturna e quindi sempre in esercizio e con un sistema di accumulo ridotto. Il thermal management bifase è una nuova tecnologia nel settore dell'elettronica. Tale tecnologia consente di smaltire gli elevati flussi termici tipici dei componenti IGBT degli inverter a fronte di un ridotto consumo energetico. La stima dei Charging profiles per il trasporto pubblico e privato è un tema di grande interesse per la pianificazione e la previsione del carico della rete di ricarica. La maggior parte dei lavori esistenti costruiscono CP sulla base di distribuzioni statistiche "statiche" e solo pochi studi approfondiscono la dinamica effettiva dei comportamenti di ricarica tramite informazioni dirette, specie in ambito privato. La letteratura scientifica dedica sempre più attenzione alla ricerca sulla domanda di mobilità e sui principali fattori che ne influenzano le dinamiche nella convinzione che per ottenere profili di mobilità urbana più efficienti, puliti e decarbonizzati sia necessario comprendere e modellizzare le interazioni tra morfologia degli insediamenti, offerta di trasporto, fabbisogno energetico ed emissioni climalteranti generate. In questo solco si inserisce la ricerca finalizzata alla creazione di una piattaforma digitale, alimentata da Open Data del trasporto e Big Data sugli spostamenti di persone, idonea a supportare i processi di governance della mobilità urbana sempre più orientati all'efficientamento energetico e alla neutralità carbonica. Le PdC, oggetto del WP4, costituiscono una tecnologia già proposta sul mercato in diverse configurazioni. Allo stato attuale, esse sono genericamente considerate competitive per determinate tipologie di utenza (per esempio, abitazioni ben coibentate o N-ZEB, terminali a media-bassa temperatura) e condizioni climatiche, sia per motivi tecnologici che economici. D'altra parte, la grande capacità di interfacciarsi con numerose altre tecnologie rende le PdC estremamente versatili ed adattabili, con opportune configurazioni, alle richieste energetiche di qualsiasi utilizzatore. Lo studio di sistemi di controllo avanzati, applicabili alla gestione del singolo apparecchio e di reti termiche multi-impianto riveste un ruolo importante, in vista dell'attesa massiccia diffusione delle PdC. L'applicazione di opportune logiche di DSM (Demand Side Management), può condurre a significativi vantaggi energetici ed economici, sia per il singolo utente che per il sistema elettrico nel suo complesso, potendo consentire un suo significativo incremento di flessibilità (riduzione o spostamento dei picchi di carico). Una tematica che necessita di sviluppi tecnologici è quella dello sbrinamento delle batterie alettate in alcune condizioni di lavoro (basse temperature d'esercizio ed elevata umidità). Esso è attualmente eseguito attraverso l'inversione del ciclo frigorifero o tramite resistenze elettriche. Entrambi i metodi hanno degli svantaggi notevoli, causando l'interruzione temporanea del servizio il primo e un elevato dispendio energetico il secondo. Una tematica in continua evoluzione è quella dei refrigeranti, per i quali si sta predisponendo una revisione ancora più stringente della regolamentazione F-GAS. Ulteriori problematiche potenzialmente rilevanti per la tecnologia, possono insorgere nei settori della gestione del rumore prodotto dalle macchine e dei sistemi di rilevamento dei malfunzionamenti delle PdC. In virtù di questo scenario, i temi principali di ricerca, che saranno oggetto anche del presente PTR, riguarderanno gli studi-teorico-sperimentali di sistemi integrati (residenziali e non) e delle opportune logiche di DSM, studi su componentistica, sbrinamento, refrigeranti a bassissimo GWP, sulla riduzione del rumore delle PdC e il rilevamento tempestivo dei guasti.

b) Attività svolte nel triennio precedente

Nel triennio precedente nell'ambito del progetto 1.7, nel WP1 "Local Energy District" sono state sviluppate soluzioni e piattaforme interoperabili per un distretto urbano energetico basato sul vettore elettrico in cui offrire servizi integrati e flessibili ai cittadini. In particolare per i servizi aggregati per smart homes e smart buildings sono state sviluppate e testate soluzioni per la integrazione tra efficienza energetica, economia, sicurezza, flessibilità e tra rete elettrica ed edificio sia in ambito residenziale (con la piattaforma Dhomus) che nel settore terziario tramite uno smart building 2.0 con l'EMS di impianto e il BEMS al fine di attuare l'ADR (Automated Demand

Response); nell'ambito delle Energy communities sono stati progettati e implementati tool e metodologie per la fornitura di servizi per la valutazione della prefattibilità tecnico-economica, (Recon), la remunerazione della flessibilità, la valorizzazione dei comportamenti virtuosi, lo scambio di beni e servizi basati su token economy, il crowdsourcing e l'ottimizzazione per hub energetici multi-vettore. In questo triennio tali attività verranno rifunzionalizzate, completate, validate in ambiente rilevante e in alcuni casi sperimentate in contesti reali. Le attività riguarderanno la finalizzazione di una infrastruttura digitale sui cui sono convogliati diversi servizi per varie tipologie di utenti per la creazione e la diffusione di comunità energetiche a partire da servizi utili nella fase di avvio, di gestione e valutazione delle CER stesse.

Nell'ambito dei Servizi Urbani Smart nello scorso PTR sono state implementate piattaforme interoperabili per la digitalizzazione, ottimizzazione ed integrazione di infrastrutture del distretto: la Smart City Platform nazionale in grado di recuperare i dati urbani dalle piattaforme smart city agenti su scala urbana; il Public Energy Living Lab (PELL) con applicazioni su illuminazione pubblica, smart services ed edifici; l'infrastruttura per la smart road che dialoga con la piattaforma Cipcast per l'analisi e il rischio delle infrastrutture elettriche e stradali.

In questo triennio tali attività verranno completate, rifunzionalizzate, validate in ambiente rilevante e in alcuni casi sperimentate in contesti reali. Le attività riguarderanno sia lo sviluppo di nuove funzionalità per le piattaforme urbane interoperabili PELL, SCP, CI-Res, Smart Roads che di consolidamento tecnologico, con conseguente applicazioni e dimostrazioni in contesti simulati o reali.

Nell'ambito del work package relativo alle tecnologie per la mobilità elettrica (WP2), l'obiettivo dello scorso triennio è stato lo sviluppo di tecnologie e sistemi in grado di favorire una corretta penetrazione dell'alimentazione elettrica nei vari segmenti del trasporto passeggeri e merci, con un focus particolare sulla mobilità urbana

In particolare, nell'ambito degli Accumuli Elettrochimici per l'Automotive sono stati eseguiti test sperimentali di sovraccarica e sovra-scarica su celle agli ioni di litio di due differenti chimiche anodiche (Grafite e Litio Titanato Ossido) al fine di studiare le conseguenze di tali abusi elettrici ed individuare condizioni critiche di utilizzo. Inoltre, sono stati individuati i parametri rivelatori dello Stato di Salute (SoH) delle singole celle all'interno di moduli batteria in grado di indicare la vita utile residua per l'impiego in essere o per eventuali impieghi di «Second life». In questo triennio verranno proseguite focalizzandosi sul thermal runaway delle batterie e dello studio dei liquidi estinguenti, e degli algoritmi per la valutazione in tempo reale dello stato di rischio delle batterie.

Nell'ambito della Ricarica per i veicoli elettrici è stato sviluppato un prototipo di Wireless Power Transfer bidirezionale per lo scambio dei flussi di energia elettrica fra veicolo e utenze civili (Vehicle-to-Home); di tale sistema sono state studiate le potenzialità di impiego in base all'uso prevalente delle autovetture private in area urbana ed agli assorbimenti delle utenze domestiche. Inoltre è stato progettato e sviluppato un sistema per la ricarica rapida di minibus elettrici dotato di un sistema di accumulo inerziale per la gestione dei picchi di potenza sulla rete elettrica. Infine è stato studiato un sistema di cogenerazione elettricità-calore per la ricarica elettrica e termica dei bus urbani, in grado di limitare l'assorbimento energetico da batteria dei sistemi di condizionamento termico dell'abitacolo. Sono state effettuate misure dei CEM prodotti da sistemi di ricarica e veicoli elettrici. In questo triennio verranno proseguite tali attività focalizzandosi sulla ricarica in movimento di veicoli elettrici per il trasporto pubblico in convoglio con trasferimento di carica tra i veicoli. E' stato sviluppato e testato in condizioni di esercizio un prototipo di raffreddamento per cambiamento di fase dei componenti critici di un veicolo elettrico e In questo triennio verrà applicato ad una stazione di ricarica rapida con raffreddamento simultaneo della batteria di bordo di un minibus.

Sono state condotte analisi sui comportamenti di mobilità con autovettura a partire da Floating Car Data, mirate all'individuazione delle potenzialità di diffusione di stazioni di ricarica domestica di tipo bidirezionale. Nei trienni pregressi, altre analisi erano state rivolte alla localizzazione ottimale delle stazioni pubbliche di ricarica in ambito urbano ed alla individuazione della migliore soluzione di ricarica per le linee di Trasporto pubblico locale. In questo triennio verrà proseguita la stima dei Charging profiles per il trasporto pubblico e privato.

Nell'ambito della Pianificazione e gestione della mobilità urbana elettrica, sono state implementate nuove funzionalità della piattaforma e-MU; tale piattaforma raccoglie, organizza ed elabora molteplici tipologie di dati per analizzare i comportamenti degli utenti del sistema di trasporto di una città e suggerire strategie di sostenibilità, con particolare riferimento alla promozione della mobilità elettrica. In particolare è stato sviluppato e testato su un caso di studio un sistema modellistico per pianificare e gestire la distribuzione di merci in città mediante furgoni elettrici. L'obiettivo della ricerca è di proseguire e consolidare il percorso intrapreso nel triennio precedente puntando allo sviluppo di nuovi approcci modellistici che attraverso i big data della mobilità consentano di descrivere e riprodurre i legami esistenti tra la struttura degli insediamenti, l'offerta di trasporto, le scelte individuali di mobilità e le conseguenti ripercussioni sui consumi energetici e sulle emissioni climalteranti.

Relativamente al presente WP4, il progetto si svolge sostanzialmente in continuità con il PTR 2019-2021.

I principali percorsi di ricerca ivi affrontati hanno riguardato lo studio di PdC a CO2 con eiettori, l'analisi prestazionale di PdC in modalità di funzionamento dinamico, la comparazione delle prestazioni ottenibili con diversi refrigeranti a basso GWP, gli studi teorici e di predisposizione sperimentale di sistemi di sbrinamento innovativi e la realizzazione e caratterizzazione di sonde geotermiche da utilizzare come sorgente termica per PdC prototipali.

Alcuni argomenti e tematiche affrontate nello scorso triennio richiedono ulteriori approfondimenti e sviluppi. In particolare, si modificheranno alcune facilities con lo scopo di procedere all'esecuzione di test dinamici di sistemi integrati, su utenze simulate, in

impianti di tipo HiL (Hardware in the Loop). Nel dettaglio, l'impianto geotermico realizzato nello scorso triennio sarà asservito ad una PdC ad alta temperatura dual-source (aria-terreno). Quest'ultima sarà caratterizzata in camera climatica nell'uso con la sorgente termica aria e direttamente in collegamento alle sonde geotermiche per la caratterizzazione della sorgente terreno. Inoltre, l'impianto stesso sarà dotato di circuito secondario per la simulazione dell'utenza con logiche HiL.

Un'altra attività strettamente collegata al dimensionamento e alla progettazione preliminare, realizzata nello scorso triennio, sarà quella relativa all'uso di serbatoi a PCM e calore di scarto per finalità di sbrinamento. Si prevede la realizzazione dell'impianto (con una nuova configurazione del sistema di trasmissione del calore) e l'esecuzione di test sperimentali di verifica della bontà della soluzione proposta. Anche le attività sui refrigeranti naturali o ultra-low GWP riprendono gli studi già iniziati nello scorso triennio. Sui refrigeranti naturali, oltre al completamento di test in modalità HiL con la macchina CO2 a disposizione (con diversa configurazione impiantistica per verificare la correttezza di alcune conclusioni della precedente campagna sperimentale), si impiegherà una PdC con refrigerante naturale (R600a) sull'impianto geotermico. Sui refrigeranti a bassissimo GWP si prevede l'esecuzione di test ai carichi parziali per valutare il comportamento di questi a bassi valori di portata specifica, in modo da coprire interamente le possibili condizioni di lavoro.

Un importante filone di ricerca sperimentale farà uso dell'apparato sperimentale realizzato nel progetto SOLAIRHP (AIR SOLAR Heat Pump), che prevedeva lo studio di una PdC multisorgente accoppiata con collettori solari di tipo PV-T (termo-fotovoltaici). In questo PTR, si prevede il completamento del sistema di produzione fotovoltaica, la modifica dell'impianto per renderlo adatto a test dinamici, la modellazione di soluzioni di raffreddamento dei pannelli fotovoltaici attraverso flussi termici provenienti dalla PdC e l'esecuzione di campagne sperimentali di monitoraggio, che, tra l'altro, dovranno fornire indicazioni utili per lo sviluppo di corrette logiche di controllo del sistema, connesse anche alla flessibilità ottenibile con l'applicazione dei principi del DSM.

c) Obiettivi scientifici e tecnologici e progressi attesi rispetto allo stato dell'arte

Obiettivo WP1

- accrescere la consapevolezza e il ruolo attivo dei consumatori, sfruttando le tecnologie della domotica, della digitalizzazione delle reti e dello smart metering; sistemi centralizzati per l'analisi dei dati provenienti dalle abitazioni con interfaccia dialogativa utente (smart homes service);
- sviluppare edifici smart di seconda generazione interamente basati sul consumo elettrico e caratterizzati da autonomia energetica e flessibilità;
- studiare misure per accrescere la partecipazione attiva e consapevole dei consumatori ai mercati, introdurre una disciplina che consenta e regoli lo sviluppo di iniziative di cittadini che si associano in entità nuove finalizzate a gestire, con finalità prevalentemente sociali, consumi e generazione di energia, anche attraverso strumenti di sharing anche virtuale;
- studiare e implementare metodologie per lo sviluppo di energy communities e creare piattaforme di scambio energetico basate sulla Blockchain a vantaggio dei prosumers che potranno vendere l'elettricità in eccesso direttamente ad altri utenti della rete grazie ai cosiddetti smart contract.

Obiettivi WP2

- sviluppare un framework di integrazione applicabile in contesti urbani che agevoli la replicabilità dei modelli grazie alla definizione di specifiche standard e tecnologie open e adottabile come strumento a servizio delle amministrazioni locali e dei cittadini per evitare il lock-in dei vendors;
- nel contesto della PA lanciare un programma di efficienza energetica indirizzato dall'illuminazione pubblica attraverso l'utilizzo di piattaforme per la valutazione delle prestazioni energetiche delle reti IP;
- sviluppare sistemi di supporto alle decisioni per la valutazione del rischio del patrimonio edilizio e delle infrastrutture.
- sviluppare una infrastruttura integrata di smart mobility basata sul dialogo veicolo - rete smart roads e piattaforme di monitoraggio delle infrastrutture urbane.

Obiettivi WP3

- La mitigazione degli effetti del Thermal Runaway; Sebbene siano numerosi gli studi di immersion cooling di batterie agli ioni di litio, attualmente lo scopo principale delle analisi sui sistemi di raffreddamento ad immersione si è focalizzato sulla rimozione del calore in eccesso per un'ottimizzazione delle prestazioni delle celle, non sulla mitigazione degli effetti del TR, che è, invece, l'obiettivo del nostro lavoro.
- Lo sviluppo di strumenti di diagnostica e previsione basati sulla conoscenza iniziale dello stato di salute delle batterie e sul monitoraggio in funzionamento del modulo sono di fondamentale importanza per il corretto utilizzo in sicurezza delle batterie in second-life.
- Il sistema di thermal management basato su pompa di calore termica e il trasferimento di calore bifase rappresenta una innovazione assoluta rispetto la tecnologia attuale. Quest'ultima è basata su sistemi a liquid cooling senza recupero di energia integrato. Tale innovazione consentirà di dimostrare la fattibilità della ricarica veloce dei veicoli elettrici con recupero dell'energia termica di scarto.
- fornire strumenti innovativi di analisi per la stima dei Charging Profile della ricarica elettrica, partendo sia da basi di dati ampiamente

disponibili (FCD e GTFS), già utilizzate nei passati trienni di ricerca, ma con finalità diverse dall'attuale, sia utilizzando indagini sui comportamenti di ricarica per i privati.

- Costruire nuovi e più efficaci strumenti di analisi e pianificazione in chiave energetica della mobilità e dei trasporti urbani che tengano conto della crescente disponibilità di dati provenienti da dispositivi mobili, veicoli, infrastrutture e sistemi di gestione dei servizi.

Obiettivi WP4

- Studiare sistemi integrati, costituiti da PdC, abbinate a differenti sorgenti termiche (aria-acqua, geotermiche, con pannelli PV-T) e dotate di accumuli, sia termici che elettrici, di diversa tecnologia, per contribuire alla definizione di configurazioni impiantistiche con prestazioni superiori alle macchine convenzionali, adatte al maggior numero possibile di utenze e condizioni climatiche.
- definire logiche di gestione avanzate di sistemi integrati, sia per il corretto sfruttamento delle sorgenti termiche disponibili, sia per fornire strumenti di flessibilità per la rete elettrica e per le utenze, intese anche come sistema interconnesso, attraverso l'azione di gestione della domanda con logiche DSM.
- migliorare alcuni aspetti tecnologici, come ad esempio le tecniche di sbrinamento attraverso calore di scarto, rigenerazione interna e accumuli a PCM. Il buon esito dell'attività garantirebbe un considerevole beneficio energetico per l'esecuzione della fase di sbrinamento degli evaporatori di macchine con sorgente aria.
- sviluppare sistemi di controllo e monitoraggio avanzati dello stato di funzionamento delle PdC, con lo scopo di rilevare prontamente eventuali cali di prestazione, dovuti a guasti o all'applicazione di logiche di controllo non corrette; studiare sistemi di mitigazione del rumore provenienti dai sistemi di ventilazione delle PdC, con lo scopo di limitare possibili deficit di comfort.
- Predisporre degli strumenti, utili per i decisori e gli utenti, per il confronto della tecnologia delle PdC ad uso riscaldamento con le principali tecnologie concorrenti, in termini di efficienze, costi, tariffe, benefici ambientali ed energetici. L'attività si propone di effettuare un'analisi aggiornata su numerosi aspetti in evoluzione, quali il cambiamento degli scenari energetici, delle tecnologie impiegate, degli obiettivi di decarbonizzazione ed efficientamento energetico.

d) Eventuali collegamenti con altri progetti relativamente alle attività previste nel progetto

Per quanto riguarda l'intero progetto, il collegamento principale è il progetto 1.7 "Tecnologie per la penetrazione del vettore elettrico e la transizione digitale nelle infrastrutture urbane" del PT19-21, RdS.

Altri progetti con tematiche affini al WP1 sono:

Cogito, A COGNitive dynamic sysTem to allOw buildings to learn and adapt. - Programma PON Ricerca e Innovazione (2014-2020) del MiUR. Il Progetto aveva l'obiettivo di sviluppare un sistema dinamico e cognitivo per consentire agli edifici di apprendere ed adattarsi, la sovrapposizione è in generale sulla tematica smart building anche se affrontata con obiettivi differenti.

GECO, Green Economy Community, EIT Climate KIC. 2019-2022: il collegamento riguarda la pianificazione e progettazione di una Comunità Energetica in un contesto misto residenziale/industriale.

SELF USER, Accordo di Cooperazione tra ART-ER, Acer, Dipartimento dell'Ingegneria elettrica e dell'Informazione "Guglielmo Marconi" dell'Università di Bologna, anno 2021-2022, per la realizzazione di attività di ricerca relativa allo sviluppo di un sistema per l'autoconsumo collettivo in un contesto residenziale.

ENERGYNIUS, ENERGY Networks Integration for Urban Systems, POR-FESR, anno 2019-2021, il collegamento riguarda la costruzione di modelli per sistemi energetici integrati applicati nel contesto della pianificazione, gestione e diagnostica dei distretti energetici.

COMERES, HORIZON 2020, anno 2020-2023 il collegamento riguarda l'incremento della quota di energia da rinnovabile nel settore elettrico attraverso lo strumento delle Comunità Energetiche.

COMESTO, Community Energy Storage: Tecnologie, Modelli e Algoritmi per una Gestione Aggregata di Sistemi distribuiti di Accumulo dell'energia in ambito PowerCloud - PON, 2018-2021: il collegamento riguarda l'implementazione di modelli e algoritmi per la gestione aggregata dei sistemi di accumulo distribuiti presso consumatori, produttori e prosumer, in assetto di comunità energetica locale.

AMBIENCe, Active managed Buildings with Energy performaNce Contracting - Horizon 2020, 2019-2022: il collegamento riguarda la definizione di contratti di prestazione energetica innovativi per gli edifici che tengano conto della flessibilità degli utenti finali e dello scambio energetico con altri edifici nell'ambito di comunità energetiche locali.

eNeuron, greEN Energy hUbs for local integRated energy cOmmunities optimizatioN - Horizon 2020, 2020-2024: il collegamento riguarda lo sviluppo di tool innovativi per la pianificazione e gestione ottimale di comunità energetiche locali integrate.

E-DYCE - Energy flexible DYnamic building Certification, Horizon EU 2020-2023. Il progetto riguarda lo sviluppo di sistemi di certificazione energetica dinamici, basati anche sull'acquisizione dei dati di uso energetico e comfort ambientale in edifici debitamente equipaggiati con sistemi di monitoraggio, possibilmente smart. In tal senso, il progetto si collega alle attività del WP1 per i temi riguardanti le tecnologie intelligenti, la flessibilità energetica e l'uso di rinnovabili negli edifici.

Altri progetti con tematiche affini al WP2 sono:

Cogito, A COGNitive dynamic sysTem to allOw buildings to learn and adapt. - Programma PON Ricerca e Innovazione (2014-2020) del

MiUR: il collegamento riguarda sviluppo dei protocolli di trasporto e dell'interoperabilità fra una Piattaforma Smart City istanziata appositamente per il progetto, denominata SCP-COGITO, e la piattaforma di riferimento COGITO.

MOD-Energy, Applicazione e diffusione di modelli d'intervento nel campo dello smart lighting/street/building per il contenimento dei consumi energetici nelle Città Metropolitane - Programma Operativo Complementare Città Metropolitane 2014-2020 POC METRO: il collegamento riguarda l'utilizzo di SCP/SCPS per raccogliere dati dal campo e per visualizzare i dati finali tramite dashboard, per il Comune di Palermo.

ES-PA, Energia e Sostenibilità per la Pubblica Amministrazione, PON-GOV 2014-2020: il collegamento tra ES-PA e le tematiche del WP2, riguarda la applicazione del PELL agli operatori del settore per la produzione delle schede censimento e l'utilizzo di SCP/SCPS che raccoglie i dati dalla città di Livorno e invia un UrbanDataset dalla stazione meteo.

DARE UIA, Digital environment for collaborative Alliances to Regenerate urban Ecosystems in middle-sized cities - Urban Innovative Action 2019-2022: il collegamento riguarda l'utilizzo di SCP/SCPS per raccogliere dati dal campo, per il Comune di Ravenna.

RAFAEL, System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions: Sistema per la previsione e la gestione del rischio sulle Infrastrutture Critiche nel Sud Italia. PNR 2015-2020, MIUR: il collegamento riguarda l'analisi della vulnerabilità e del rischio, nonché la valutazione della resilienza delle infrastrutture critiche, con particolare riguardo ai sistemi elettrici, idrici e di trasporto.

TOR-DSS, Contratto di ricerca tra ENEA e TERNA per lo sviluppo sperimentale di un sistema a supporto delle decisioni durante la gestione delle situazioni emergenziali, 2021-2025: il collegamento riguarda l'analisi della resilienza della rete di trasmissione elettrica in caso di eventi naturali estremi.

Contratto tra ENEA e Consorzio FABRE per servizi tecnico scientifici e di ricerca relativi a censimento, ispezioni e individuazione Classe Attenzione opere ANAS (viadotti e ponti), 2022-2023: il collegamento riguarda l'utilizzo di droni per il monitoraggio di ponti e viadotti e il rilievo delle infrastrutture.

Centro Nazionale HPC, BIG DATA AND QUANTUM COMPUTING – Spoke 5 “ENVIRONMENT & NATURAL DISASTERS”, 2022-2024 PNRR MUR: il collegamento riguarda l'analisi della vulnerabilità e del rischio delle infrastrutture in caso di calamità naturali.

Altri progetti con tematiche affini al WP3 sono:

UserChi (Horizon 2020 EU) è un progetto che mira a creare delle soluzioni per la ricarica di veicoli elettriche incentrate sui bisogni degli utenti, guidate dalle città attorno a 7 nodi di collegamento dei corridoi della rete transeuropea di trasporto (TEN-T) del Mediterraneo e della Scandinavia-Mediterraneo tra febbraio 2020 e gennaio 2024. Il collegamento riguarda le attività relative al task sui profili di ricarica dei veicoli elettrici e sulla ricarica dinamica.

Mosore: Infrastrutture e servizi per la Mobilità Sostenibile e Resiliente. Il progetto vuole investigare la resilienza dei sistemi e delle infrastrutture per la mobilità, proponendo soluzioni legate alle infrastrutture stradali, alle infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici, alle infrastrutture ICT e un nuovo vettore che permettano all'utente di spostarsi in sicurezza, tranquillità e nei tempi attesi, anche in presenza di eventi o di situazioni di emergenza. Il collegamento riguarda le attività relative al task sui profili di ricarica dei veicoli elettrici.

RAFAEL, System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions: Sistema per la previsione e la gestione del rischio sulle Infrastrutture Critiche nel Sud Italia. PNR 2015-2020, MIUR: il collegamento riguarda l'analisi della vulnerabilità e del rischio basata su big data degli spostamenti veicolari urbani. Il collegamento riguarda le attività relative al task sui profili di ricarica dei veicoli elettrici.

SOUL – Smart Mobility Hub Platform (2020) della KIC EIT Urban Mobility aveva lo scopo di realizzare uno strumento avanzato di supporto decisionale (DSS) basato sulla elaborazione di dati real-time di mobilità ed integrato in un ecosistema digitale robusto ed affidabile. Il collegamento riguarda la raccolta e l'utilizzo dei big data degli spostamenti urbani e gli open data dei servizi di mobilità.

Accordo di collaborazione tra ENEA e Università di Firenze senza flusso di denaro: con l'obiettivo di realizzare e sperimentare veicoli a guida automatica, collegato al WP3 relativamente ai sistemi di ricarica dinamica in “Convoying”.

Altri progetti con tematiche affini al WP4 sono:

Per il WP4, gli Annex appena conclusi o in corso nel TCP IEA sulle Heat Pumping Technologies (HPT, per il quale ENEA esprime i referenti italiani), evidenziano le tematiche nelle quali vi è maggiore necessità di sviluppi tecnologici. Tra essi, si ricordano i seguenti: Annex 54, Heat pump systems with low Global Warming Potential (GWP) refrigerants (in corso), sui refrigeranti a basso GWP, Annex 55, Comfort and Climate Box (concluso), su sistemi integrati compatti, Annex 56, Internet of Things for Heat Pumps (in corso), che tratta le opportunità e le sfide delle pompe di calore abilitate all'IoT, con molteplici obiettivi, tra cui un maggiore comfort per l'utente, la riduzione del consumo energetico e la decarbonizzazione della fornitura di calore, Annex 57, Flexibility by implementation of heat pumps in multi-vector energy systems and thermal networks (in corso), che tratta il tema dell'impiego flessibile delle PdC, Annex 58, High-Temperature Heat Pumps (in corso), che studia le PdC ad alta temperatura, Annex 60, Retrofit Heat Pump Systems in Large Non-domestic Buildings (in avvio), che studierà l'applicazione di PdC specifiche per l'ammodernamento impiantistico di edifici di vecchia costruzione, Annex 63, Placement Impact on Heat Pump Acoustics (in programma), che si occupa delle soluzioni per la mitigazione del rumore prodotto dalle PdC.

Altri importanti progetti in corso, anch'essi attinenti alle tematiche del WP4 sono i seguenti:

- Go-Flex, esplora il potenziale di flessibilità delle PdC, puntando ad una riduzione dei picchi di carico (fino al 5%) e ad un aumento dell'autoconsumo;
- Eco-Grid EU: monitoraggio di 270 abitazioni dotate di PdC, con applicazione di logiche di controllo per la riduzione del picco di carico;
- CrowFlex: progetto pluriennale volto a realizzare le potenzialità che la flessibilità domestica, grazie anche all'impiego delle PdC, può rendere disponibili nell'affrontare la decarbonizzazione;
- EU H2020 GEO4CIVHIC: studio di sistemi geotermici efficienti e a basso costo per il retrofitting nel residenziale e negli edifici storici.

2.5 Obiettivi e risultati

a) Obiettivi finali del progetto

L'Italia intende accelerare la transizione dai combustibili tradizionali alle fonti rinnovabili, promuovendo il graduale abbandono dei combustibili fossili per la generazione elettrica a favore di un mix elettrico basato su una quota crescente di rinnovabili. La transizione energetica si pone come motore di crescita sostenibile, in linea con la strategia definita dal Green New Deal con attenzione alla sostenibilità economica e sociale, talora con condivisione della neutralità carbonica al 2050 e con invito a consolidare le misure per l'attuazione del PNIEC. In questo scenario, si vuole rafforzare la consapevolezza e il ruolo attivo del consumatore che diviene figura centrale nella transizione verso un sistema sempre più decentrato, anche in riferimento agli obiettivi delle direttive UE RED II del 2018 e EMD del 2019 e al PNRR. Inoltre l'Azione 3.2 del SET Plan ed Horizon Europe, con la Partnership Driving Urban Transition (DUT), la Mission Climate Neutral Cities (100CNC), orientano fortemente i progetti di Ricerca, Sviluppo ed Innovazione in direzione della sostenibilità delle aree urbane, privilegiando tra le altre la dimensione dei Positive Energy District (PED) e della 15th Minutes City. Pertanto, in continuità con le attività di ricerca del triennio precedente, ci si prefigge il conseguimento dei seguenti obiettivi finali generali:

- presidiare e sviluppare processi e tecnologie di prodotto essenziali per la transizione energetica focalizzandosi su edifici smart di seconda generazione, veicoli del futuro autonomi e smart, sistemi di rifornimento energetico dei veicoli elettrici, sistemi complessi di pompe di calore;
- favorire l'introduzione di tecnologie, processi, sistemi e modelli organizzativi e gestionali funzionali alla transizione energetica e alla sicurezza attraverso tecnologie avanzate dell'informazione, le comunità energetiche sostenibili per la crescita della generazione distribuita, l'autoconsumo e la flessibilità, modelli innovativi per la penetrazione del vettore elettrico nel settore dei trasporti e della climatizzazione sostenibile.

Per quanto riguarda il WP1, gli obiettivi sono:

- sviluppare strumenti che supportino la creazione e la diffusione delle CER, in particolare superando il concetto di piattaforma chiusa e proprietaria ma perseguendo il paradigma della standardizzazione della informazione e della disponibilità del dato;
- sviluppare web-tool per pianificazione, la progettazione delle CER che siano open e accessibili per agevolare la penetrazione delle CER nel territorio nazionale;
- sviluppare web-tool per l'ingaggio e la partecipazione alle CER basata su dati standard per accrescere la consapevolezza e il ruolo attivo dei consumatori;
- Implementare strumenti di scambio virtuale basati su blockchain per aumentare i vantaggi economici e sociali di adesione alle CER;
- sviluppare web-tool per la gestione e il monitoraggio delle CER come supporto alla PA e ai decisori politici.

Per quanto riguarda il WP2, gli obiettivi sono:

- sviluppare piattaforme interoperabili basate su uno standard nazionale che permetta la replicabilità delle soluzioni sviluppate
- sviluppare piattaforme per la gestione dei servizi urbani che adottano uno standard nazionale e in grado di valutare la smartness delle varie città;
- monitorare le utenze energivore attraverso strumenti basati su protocolli e metodologie omogenee (standard di censimento e acquisizione del dato);
- sviluppare una piattaforma nazionale per il monitoraggio delle infrastrutture critiche, in grado di effettuare una analisi e una previsione a brevissimo termine del rischio e una valutazione di scenari di impatto delle stesse;
- Realizzare una smart road integrata con la infrastruttura urbana e il sistema di monitoraggio della città.

Per quanto riguarda il WP3, gli obiettivi sono:

- Sviluppo e validazione di algoritmi di stima dell'invecchiamento delle celle e del loro stato di salute, "off line" come metodi di previsione, ed "on line", come metodi di 'misura' e sperimentazione di fluidi in grado di mitigare/sopprimere il Thermal Runaway delle celle.
- Realizzazione di un sistema di trasporto in convoglio di mezzi per il trasporto pubblico in grado di ricaricarsi in movimento lungo dei percorsi prefissati (come, ad esempio, linee tramviarie) e di ripartire la ricarica su tutti i mezzi collegati.
- Sviluppo di un sistema di gestione termica di una stazione di ricarica rapida. Tale sistema, di tipo bifase sarà integrato con una pompa di

calore termica ad adsorbimento (ad acqua e silica gel) per il recupero del calore di scarto generato dall'inverter di potenza.

- Sviluppo di strumenti innovativi di supporto alla pianificazione consapevole ed ottimale dell'infrastruttura di ricarica per veicoli elettrici pubblici e privati e valutazione della richiesta di energia elettrica nelle diverse zone urbane per diversi scenari di penetrazione della mobilità elettrica.
- Sviluppo e validazione di un sistema modellistico capace di sfruttare i big e open data del trasporto urbano per l'analisi ed estrazione dei reali profili di mobilità, la simulazione delle scelte modali e la valutazione delle conseguenti ripercussioni sui consumi energetici e sulle emissioni climalteranti

Per quanto riguarda il WP4, i principali obiettivi, di seguito elencati, sono collegati allo sviluppo di soluzioni tecniche di sostegno all'atteso incremento di diffusione della tecnologia per la decarbonizzazione e l'efficientamento energetico del settore della climatizzazione residenziale e non:

- studio di soluzioni applicabili al retrofitting di edifici, con studi teorico-sperimentali su PdC ad alta temperatura, a servizio di utenze di riferimento, simulate su impianti di tipo HiL.
- Analisi di sistemi integrati, che utilizzano più sorgenti termiche (aria, terreno, sole), per ottenere prestazioni elevate con qualsiasi condizione climatica. Si effettueranno inoltre studi su sistemi avanzati che richiedono carichi termici finemente controllati;
- studi di applicazione di logiche di DSM (Demand Side Management) su impianti integrati specifici, sia per valutare gli effetti sulla rete (peak shifting, peak shaving) sia eventuali benefici sull'utenza stessa.
- Sviluppo di tecniche per l'individuazione e la prevenzione da remoto di guasti e cali di prestazione delle PdC; Proposta di soluzioni di mitigazione del rumore causato dalle unità esterne delle PdC;
- studio di soluzioni di sbrinamento innovative, con l'impiego di serbatoi a PCM, di calore di scarto o di sistemi di rigenerazione interna;
- studio modellistico e sperimentale di refrigeranti ultra-low GWP, dotati dei requisiti richiesti dalla vecchia e dalla imminente, nuova, regolamentazione F-GAS;
- predisposizione di strumenti per il confronto della tecnologia delle PdC con le principali tecnologie concorrenti, esistenti e prospettate (es. uso dell'H2 per la climatizzazione) in termini di efficienze, costi, tariffe, benefici ambientali ed energetici.

b) Principali risultati attesi/deliverable

I principali risultati attesi nel WP1 riguardano:

- prototipo di una piattaforma ICT di integrazione di servizi per varie tipologie di utenti delle CER.
- tool web per la fattibilità tecnico-economica di configurazione di CER e AUC;
- Linee Guida per una efficace implementazione delle CER a livello nazionale;
- cruscotto per l'ottimizzazione e la gestione CER attraverso il monitoraggio delle prestazioni energetiche tra cui modelli di consumo e produzione del giorno;
- tool web per l'ingaggio dei cittadini nelle CER e feedback agli utenti residenziali;
- metodologie per la definizione della flessibilità di edifici terziari con prevalente uso del vettore elettrico;
- prototipo di una applicazione web e marketplace per una "local token economy" per la remunerazione del virtuosismo energetico;
- servizio di analisi dei social network per il monitoraggio della percezione dei cittadini delle CER.
- tool di progettazione micro-grid multi-vettore.

I principali risultati attesi nel WP2 riguardano:

- prototipo di piattaforma nazionale Smart City per la integrazione delle piattaforme urbane
- tool web per il coinvolgimento degli operatori urbani per facilitare la transizione verso i servizi smart (UCUM);
- consolidamento del PELL (Public Energy Living Lab) IP (illuminazione pubblica) su scala nazionale con acquisizione dati reali e nuove funzionalità;
- avvio del PELL-Edifici per monitoraggio prestazionale edifici pubblici;
- upgrade della piattaforma (CI-Res) per la predizione del rischio nelle infrastrutture critiche energetiche;
- demo di smart road a supporto del movimento veicolare basato su veicoli autonomi sensorizzati e comunicanti con l'infrastruttura urbana.

I principali risultati attesi nel WP3 riguardano:

- Determinazione delle caratteristiche di fluidi in grado di contenere o sopprimere il Thermal Runaway. Sviluppo di algoritmi per la previsione della durata di vita e della variazione stato di salute delle celle. Risultati sperimentali di test di mitigazione del fenomeno del T.R. per immersion cooling.
- Prototipo di 2 minibus in convoglio in cui il veicolo che guida si ricarica in movimento e che travasa l'energia ricaricata anche al mezzo che segue.

- prototipo di controllo termico bifase integrato con la pompa di calore ad adsorbimento per una stazione di ricarica rapida, con la sua logica di controllo ed il sistema di raffreddamento delle batterie a bordo del veicolo.
- software per la stima dei Charging Profile del Trasporto Pubblico Locale su gomma in caso di impiego di veicoli elettrici a batteria;
- software per la stima dei CPs del trasporto su autovettura privata per scenari di penetrazione della alimentazione elettrica a batteria e di dotazione di infrastruttura di ricarica;
- piattaforma digitale per l'analisi e la simulazione a micro-scala della mobilità di persone e veicoli nelle aree urbane; Metodi e modelli per la profilazione dei comportamenti di mobilità urbana, la simulazione delle scelte modali e la stima degli impatti in termini di consumi energetici ed emissioni di sostanze climalteranti.

I principali risultati attesi nel WP4 riguardano:

- impianto integrato composto da pompa di calore Dual-source (aria-terreno) ad alta temperatura e sonde geotermiche (realizzate nel precedente triennio del PTR);
- prototipo di pompa di calore aria-sole, dotata di collettori PV-T (fotovoltaico-termico) funzionanti come evaporatori della PdC, sistema di accumulo elettrico, logiche di controllo dedicate;
- prototipo di sistema di sbrinamento (o prevenzione del brinamento) dotato di accumuli termici a PCM, per lo sfruttamento di calore di scarto o sistemi rigenerativi;
- linee guida per la definizione di procedure di test standardizzate di sistemi integrati in pompa di calore;
- linee guida per la definizione di mappe di defrost applicabili a differenti geometrie e potenze delle PdC;
- proposta di etichettatura energetica armonizzata di sistemi integrati in pompa di calore.

2.6 Fattibilità tecnico-scientifica

a) Fattibilità tecnico-scientifica

Nel WP1 sarà sviluppato un prototipo di piattaforma ICT di integrazione di servizi utilizzando strumenti open e standard, tra cui attraverso le tecnologie abilitanti quali IoT, machine learning, BigData, data analytics e blockchain. Per i servizi integrati sarà utilizzato un identity provider che tramite un meccanismo di single-sign-on abiliterà l'utilizzo di tutti i servizi verticali, riportati nella sezione 2.5 b). I tool web saranno realizzati attraverso i più moderni framework aperti standard in modo tale da facilitare la user experience degli utenti finali seguendo uno schema comune.

Le attività del WP1 saranno suddivise in macro-task, quali: 1) strumenti digitali per l'avvio delle CER; 2) strumenti per la valutazione e gestione delle CER; 3) servizi social aggiuntivi per lo sviluppo CER; 4) servizi energetici aggiuntivi per lo sviluppo CER.

Ognuno di questi comprenderà un cluster di Linee di Attività sia a responsabilità di ENEA che delle Università. Le principali milestones, in corrispondenza dei SAL, saranno al mese 18 e al mese 36 (1 intermedio e 1 a fine triennio), e produrranno come deliverable rapporti tecnici di avanzamento e rilascio di componenti tecnologici sviluppati e prototipi.

Per quanto riguarda il task relativo agli strumenti digitali per l'avvio delle CER si procederà con l'upgrade del web tool RECON attraverso il perfezionamento della dashboard dell'amministratore, l'implementazione di algoritmi per gestire multi-prosumer e diverse tipologie di utenze con test e manutenzione evolutiva delle nuove funzionalità e interoperabilità con la piattaforma DHOMUS; questa ultima sarà oggetto di un upgrade tramite lo sviluppo di appositi tools che saranno testati in contesti reali sia su dati storici che in real time.

Per quanto riguarda il task relativo agli strumenti per la valutazione e gestione delle CER si procederà con lo sviluppo del tool CRUISE, prevedendo l'estensione dei dati utilizzati nei modelli, il raffinamento dei modelli di calcolo dei KPI e, per l'estrazione delle informazioni dai dati grezzi, l'uso di tecnologie Big Data per la gestione dei thread dei dati, l'uso di tecnologie di Intelligenza Artificiale per modelli di consumo e produzione del giorno, il raffinamento della interfaccia di gestione dei dati e dei widget che interagiscono con gli utenti per ottenere un'applicazione funzionante on-line con oggettive performance nella interazione con l'utente e nella produzione e visualizzazione delle informazioni, strumenti di valutazione e confronto tra le comunità operativi e già pubblicati per gruppi selezionati di utenti di test; per il tool SIMUL si procederà con lo sviluppo e dispiegamento di moduli per realizzare il "Digital Twin" delle Comunità Energetiche includendo strumenti di analisi dati applicati alle serie temporali e di modellazione dei componenti energetici. I componenti realizzati verranno validati tramite l'utilizzo di dati reali / piloti individuati nei diversi contesti applicativi.

Per quanto riguarda il task relativo ai servizi social aggiuntivi per lo sviluppo di CER si procederà con lo sviluppo della piattaforma Local Token Economy, con interfaccia utente per accedere ai servizi del marketplace e interfaccia admin per gestire backend LTE, l'upgrade del sistema di marketplace basato sullo scambio di beni e servizi attraverso il pagamento in token dei servizi fruiti, l'integrazione con sorgenti dati LEC e la configurazione su blockchain esterna; le funzionalità saranno validate e testate versione Demo per la piattaforma LTE in ambiente web.

Per quanto riguarda il task relativo ai servizi energetici aggiuntivi per lo sviluppo CER si procederà con lo studio e implementazione di metodologie per la definizione della flessibilità di edifici terziari con prevalente uso del vettore elettrico ed elaborazione di indici rappresentativi a partire dall'analisi di alcuni casi di Studio che saranno validati e testati in campo.

Per lo sviluppo e implementazione di un tool di pianificazione nazionale per l'optimal planning di LEC integrate verrà implementato un approccio multi-obiettivo per tener conto di priorità economiche e ambientali, mentre per l'analisi per l'identificazione e quantificazione dell'isola di calore urbana verranno individuate e valutate tecniche di mitigazione a scala urbana con analisi dei benefici per la qualità termica nell'ambiente costruito, outdoor e indoor e dimostrate in ambiente reale le soluzioni puntuali per la mitigazione del surriscaldamento estivo.

Per le comunità energetiche è stata elaborata una analisi costi benefici a varie scale di intervento. Considerato il dato del PNRR per i Comuni inferiori a 5000 abitanti, per il quale si prevede una produzione annua aggiuntiva di energia elettrica da FER pari a 2.500 GWh al 2025, è stato ipotizzato un relativo risparmio, conseguente l'autoconsumo diretto pari a 500 GWh, di 240Mln€ euro di costi evitati in bolletta (calcolato con la attuale tariffa all'utente finale); l'energia condivisa considerandola al 42% sulla intera produzione, come dato medio dei casi studio elaborati con RECON, ammonterebbe a 1.050 GWh. Parimenti con la proiezione al 2030, ipotizzando una produzione annua di energia elettrica da FER pari a 4.000 GWh in virtù delle nuove configurazioni di mercato, ipotizzando un aumento (30%) dell'AUC grazie ad una maggior penetrazione di tecnologie di storage e automazione e maggior consapevolezza degli utenti, si ottiene un risparmio, conseguente l'autoconsumo diretto pari a 1.200 GWh, di circa 580Mln€ euro di costi evitati in bolletta, applicando sempre la attuale tariffa all'utente finale; l'energia condivisa, ipotizzandola al 50% (sempre in virtù della penetrazione delle tecnologie a supporto) sulla intera produzione, ammonterebbe a 2.000 GWh. Oltre a questi benefici economici l'AUC comporta anche un minor stress della rete con i conseguenti sovraccarichi e un abbattimento delle emissioni inquinanti.

Proiettando questo scenario a scala nazionale la diffusione delle CER comporterebbe, se il trend di penetrazione si mantenesse in linea con quello dei Comuni inferiori a 5000 abitanti, una produzione annua aggiuntiva da FER di 12.500 GWh al 2025, con un risparmio di 1.2 Md€ grazie ad un AUC di 2.500 GWh; al 2030 ipotizzando una produzione di 20.000 GWh si conseguirebbe un risparmio per gli utenti finali di circa 3 Md€ tramite un AUC di 6.000 GWh. Parimenti l'energia condivisa arriverebbe a 5250 GWh al 2025 e a 10.000 GWh al 2030.

In tale scenario le soluzioni e tecnologie sviluppate nel WP1 fungono da acceleratori per il conseguimento di questi risultati.

Nel WP2, per raggiungere l'obiettivo si utilizzeranno diverse tecnologie e metodologie investendo su quelle aperte e non proprietarie in modo tale da evitare il fenomeno del 'vendor lock-in' e da massimizzarne il roll out a livello industriale. Alcune di esse sono trasversali ai diversi ambiti applicativi, altre invece specifiche. Tecnologie standard trasversali riguardano essenzialmente il settore ICT con particolare riferimento a sistemi 'web e cloud based', per l'implementazione dei diversi portali applicativi, su cui poggerà anche l'infrastruttura BigData, implementata secondo le metodologie open standard ad oggi più diffuse, quale "federazione di database" comune a tutti gli applicativi.

Per le infrastrutture urbane (Smart City Platform, PELL, CI-Res, Smart Road) saranno utilizzate metodologie standard orientate all'interoperabilità (es. protocollo MQTT, scheda censimento ENEA-AGID, formati dati standard, ontologie comuni).

Le attività del WP2 saranno suddivise in macro-task, quali: 1) framework interoperabile per la gestione dei dati urbani (SCP); 2) piattaforma per la conoscenza standardizzata delle infrastrutture urbane energivore (PELL); 3) piattaforma per la resilienza delle infrastrutture critiche (CI-RES); 4) infrastruttura stradale a supporto del movimento veicolare elettrico e autonomo.

Ognuno di questi macro-task comprenderà un cluster di Linee di Attività sia a responsabilità di ENEA che delle Università. Le principali milestones, in corrispondenza dei SAL, al mese 18 e al mese 36 (1 intermedio e 1 a fine triennio), produrranno come deliverable rapporti tecnici di avanzamento e rilascio di componenti tecnologici sviluppati e prototipi.

Per quanto riguarda il task relativo al framework interoperabile per la gestione dei dati urbani si procederà con l'upgrade della piattaforma SmartCityPlatform (SCP e inter-SCP) attraverso diversi sviluppi evolutivi necessari per rendere il prototipo maggiormente stabile e solido per gestire grandi moli di dati e minimizzare così gli errori dovuti a picchi di carico; il consolidamento e la manutenzione evolutiva saranno pianificati per connettere diverse SCP urbane esistenti alla inter-SCP nazionale, implementare scambi di dati per il monitoraggio energetico ed evolvere le dashboard di visualizzazione dati.

Per quanto riguarda il task relativo alla piattaforma per la conoscenza standardizzata delle infrastrutture urbane energivore (PELL) si procederà per il PELL-IP con l'elaborazione e la visualizzazione di dati dinamici, nuovi KPI dinamici, servizio esportazione dati PELL per erogazione TEE e visualizzazione di dati aggregati a livello nazionale (SCP-PELL e PELL) da validare nel portale PELL; per il PELL-Edifici si procederà con l'implementazione del sistema di elaborazione e visualizzazione dati scuole (Utente ENEA), della specifica tecnica e dei KPI statici e dinamici che saranno testati e pubblicati nella piattaforma.

Per quanto riguarda il task relativo alla piattaforma per la resilienza delle infrastrutture critiche (CI-Res) si procederà con la definizione e lo sviluppo di funzionalità di valutazione della vulnerabilità e di analisi del rischio, sulla base di dati/informazioni territoriali, di output di modelli e di dati provenienti da sensori sul campo e con l'implementazione e la verifica di algoritmi e strumenti di simulazione per la stima di metriche di resilienza operativa per la rete elettrica di distribuzione urbana che saranno validati nella versione prototipale della

piattaforma stessa.

Per quanto riguarda il task relativo a infrastruttura stradale a supporto del movimento veicolare elettrico e autonomo (Smart Road) verrà effettuato uno studio dello stato dell'arte di sistemi di ricarica smart per veicoli elettrici propedeutici alla installazione di colonnine di ricarica per il veicolo a guida autonoma nell'infrastruttura Smart Road; inoltre verranno sviluppate funzionalità di sicurezza per il veicolo autonomo quali il riconoscimento di segnaletica e la gestione di allarmi di bordo generati dal veicolo o dai passeggeri e su procederà con l'integrazione della sensoristica di contesto e con il suo interfacciamento con CI-Res per la visualizzazione ed ulteriore elaborazione.

Per le piattaforme urbane energivore è stata elaborata una analisi costi-benefici a scala nazionale. Partendo dal dato ISTAT 2020 relativo ai consumi elettrici urbani totali pari a 67.455 GWh, è stato ipotizzato un risparmio annuo medio del 10% che si traduce in 6.745 GWh; ipotizzando una penetrazione media delle tecnologie al 2025 pari al 10% si ottiene un risparmio energetico di 674 GWh e un risparmio economico di circa 230 Mln€ (considerando una tariffa media di 0,35€/kWh). Infine, ipotizzando una penetrazione media delle tecnologie al 2030 pari al 30% si ottiene un risparmio energetico di 2.024 GWh e un risparmio economico di circa 700 Mln€ (considerando una tariffa media di 0,35€/kWh), il che costituirebbe un contributo significativo al perseguimento degli obiettivi dell'Agenda2030. Oltre a questi benefici economici la diffusione delle piattaforme digitali urbane avrà un impatto significativo sulla sicurezza, la resilienza e l'indipendenza energetica.

Le attività del WP3 saranno suddivise in macro-task, quali: 1) Accumulo; 2) Ricarica dinamica di mezzi per il trasporto pubblico; 3) sistemi di scambio termico bifase; 4) Profili di ricarica dei veicoli elettrici; analisi e simulazione della mobilità urbana.

Ognuno di questi macro-task comprenderà un cluster di Linee di Attività sia a responsabilità di ENEA che delle Università. Le principali milestones, in corrispondenza dei SAL, al mese 18 e al mese 36 (1 intermedio e 1 a fine triennio), produrranno come deliverable rapporti tecnici di avanzamento e rilascio di componenti tecnologici sviluppati e prototipi.

Accumulo: L'attività prevede la selezione di diversi fluidi al fine di analizzare la loro potenziale capacità di sopprimere eventuali incendi od esplosioni di batterie agli ioni di litio. I test dovranno essere eseguiti in un campo prove all'aperto, in condizioni di sicurezza, con personale addestrato. I test sul modulo second life e sulle singole celle che lo compongono, che saranno effettuati anche con l'utilizzo della camera climatica, sono conformi a quelli che normalmente si eseguono nel laboratorio batterie Enea Casaccia.

Dai dati presentati dall'Osservatorio della federazione risulta che la potenza complessiva è di 720 MW e la capacità massima è di 1.361 MWh (fonte ANIE).

Un monitoraggio dei sistemi di accumulo on line e off line consente, con il successivo riuso in second life, di allungare la vita operativa del pacco base (tramite la sostituzione di singoli elementi degradati piuttosto che di tutto il pacco), il suo secondo utilizzo per una vita che può essere paragonabile a quella del primo esercizio o addirittura maggiore (da sei-otto anni per cicli continui a bassa intensità di corrente fino ad un decennio se utilizzate come tampone) e tutti i benefici derivanti dalla aumentata sicurezza di esercizio del sistema. Considerando l'insieme di quanto detto si potrebbe stimare che ad un investimento aggiuntivo di costo del 10% rispetto alla realizzazione dei moduli di un pacco automobilistico per l'introduzione della sostanza moderatrice del Thermal Runaway, ed un successivo costo fisso per le prove di caratterizzazione preliminare per l'utilizzo in Second Life ed il rimontaggio dei moduli, trascurabile rispetto alla realizzazione di un nuovo pacco batterie destinato all'applicazione stazionaria specifica (si stima un risparmio del 90% intorno al costo di realizzazione del nuovo pacco), a questo corrisponde un aumento della sua vita operativa delle celle che va, a seconda degli utilizzi, da un terzo di quella base fino al doppio.

Ricarica dinamica: l'attività prevede una parte (svolta da ENEA) dove si farà una analisi tecnico-economica di diverse soluzioni per la ricarica in movimento, che sarà poi da input per la successiva dove verrà realizzato il prototipo di stazione di ricarica. In parallelo verrà sviluppato il sistema di convoying di veicoli (sviluppata dalle università) che prevede l'adeguamento di due minibus in modo da potersi collegare al sistema di ricarica ed al trasferimento di potenza da veicolo a veicolo. L'ultima parte prevede il testing del sistema completo -sistema di ricarica- minibus a guida automatica-minibus condotto.

Il sistema di trasporto con ricarica dinamica, se applicato ad esempio come servizio di adduzione per alcuni comuni della città metropolitana di Firenze e si è verificato il potenziale di un significativo shift modale verso un nuovo servizio di trasporto. Tale servizio è una combinazione di car-sharing e ride-sharing in cui i clienti guidano le auto in condivisione (con altri clienti a bordo) verso un nodo di interscambio del trasporto pubblico e lasciano lì le auto condivise che vengono poi riposizionate utilizzando il convoying e ricaricando al contempo i veicoli su corridoi attrezzati. Con una tariffa di 0,4 Euro a viaggio oltre il 50% degli utenti che oggi si spostano a piedi o in trasporto pubblico sarebbe attirato dal nuovo servizio consentendo al servizio di mantenersi in equilibrio finanziario senza sussidi pubblici.

Proiettando questi risultati sull'intero territorio nazionale si possono valutare benefici economici per almeno 10 milioni di utenti potenziali con riduzione dei costi sia per le municipalità che per gli utenti ed al contempo un significativo aumento della sicurezza stradale, una significativa riduzione di consumi energetici, di emissioni di anidride carbonica e di emissioni locali. Monetizzando il tutto si arriva,

sull'intero territorio nazionale, ad avere benefici potenziali per circa 20 miliardi di € l'anno.

Scambio termico: verrà sviluppato un sistema di thermal management di tipo bifase per l'inverter della stazione di ricarica integrato con una pompa di calore termica ad adsorbimento. Tale sistema consentirà un controllo ottimale dell'elettronica di potenza rappresentata dai moduli IGBT associato al recupero del calore di scarto generato da questi. Il calore di scarto verrà utilizzato da una pompa di calore ad adsorbimento ad acqua e gel di silice per generare a sua volta una certa quantità di frigorifici da utilizzare per vari scopi. Nel progetto proposto, il freddo prodotto verrà utilizzato per il raffreddamento termico delle batterie durante le fasi di ricarica veloce. La potenza termica generata dall'inverter da smaltire sarà pari a 5 KW, mentre la potenza termica trasformata in frigorifici sarà di 2 kW. Il sistema verrà installato sulla stazione di ricarica presente nel C.R. Casaccia realizzata nel precedente triennio di attività. Il progetto prevede dei test di scambio termico di verifica sull'impianto sperimentale da banco. Inoltre, si prevede l'attività di modellizzazione del sistema di raffreddamento bifase che a loro volta consentiranno la definizione del sistema di controllo.

Le colonnine di ricarica rapida in Italia, al 31 dicembre 2022, sono 36.772, con un trend di crescita rispetto al 2021 del 41%, di cui 4424 con potenza di ricarica sopra i 40kW (valore utilizzato nella presente attività).

I benefici di questa tecnologia sono una riduzione del 40% dell'energia necessaria al raffreddamento di componenti di potenza (normalmente raffreddati ad aria in locali condizionati), mentre il 30% dell'energia di scarto di tali componenti (nella presente attività 5 kW) può essere recuperata per il raffreddamento delle batterie di bordo, che verrebbero raffreddate senza utilizzo di energia con anche un vantaggio in termini di vita utile di quest'ultima.

Ricarica BEV: la disponibilità diffusa di dati sulla pianificazione del Trasporto Pubblico Locale (GTFS) e sull'impiego dei veicoli privati (FCD), in formato georeferito, consente lo sviluppo di una nuova modellistica in grado di supportare la localizzazione ed il dimensionamento dell'infrastruttura di ricarica per scenari di penetrazione dell'alimentazione elettrica a batteria. Tale obiettivo richiede altresì l'esecuzione di un'indagine campionaria rivolta agli utilizzatori attuali e potenziali di autoveicoli elettrici, progettata per acquisire, sul caso di studio prescelto (Comune di Roma), tutte le informazioni necessarie a calibrare un modello comportamentale di ricarica per diversi scenari di dotazione infrastrutturale. Nel caso del Trasporto Pubblico, la modellistica prevede la selezione della soluzione di ricarica ottimale in relazione alle caratteristiche delle diverse linee.

Il PNIEC - Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (attualmente in corso di revisione da parte del competente MASE) punta ad un obiettivo di almeno 6 milioni di autoveicoli a batteria circolanti in Italia nel 2030; per supportare tale rivoluzione, si prevede l'installazione di 50.000 punti di ricarica entro il 2025, con un costo stimato di circa 3 miliardi di euro.

Tale imponente sforzo finanziario, pubblico e privato, merita un'attenta pianificazione degli interventi, così che le infrastrutture di ricarica siano collocate e dimensionate in funzione delle reali esigenze della domanda.

Obiettivo della ricerca proposta è lo sviluppo di modelli per la stima dei "Charging Profile" di zone urbane per scenari di progressiva penetrazione dell'alimentazione a batteria nel parco circolante urbano. Tali strumenti possono supportare un più rapido ritorno degli investimenti in infrastrutture di ricarica.

Attualmente il tempo di ritorno dell'investimento in infrastrutture di ricarica si colloca fra 5 e 10 anni, con grande variabilità; assumendo un valore intermedio di 8 anni, un incremento del tasso di utilizzazione del 10% comporterebbe una riduzione del tempo di ritorno di circa il 12%.

Specularmente, un'infrastruttura di ricarica ben pianificata è in grado di agevolare la diffusione dell'alimentazione elettrica, con tutte le note ricadute positive in termini energetici ed ambientali.

Assumendo, come conseguenza di attente politiche di infrastrutturazione, una maggiorazione del 10% sulle previsioni del parco elettrico circolante nel 2030 (+600.000 auto elettriche nel 2030), si verificherebbe un'ulteriore riduzione di circa 580.000 tonnellate di CO₂eq/anno, pari ad una riduzione del danno ambientale di circa 58 M€/anno, a cui vanno aggiunti i benefici derivanti dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico urbano nonché una riduzione della bolletta energetica nazionale grazie al minor impiego di carburanti fossili, specie in uno scenario di incremento della produzione nazionale di energia elettrica da fonti rinnovabili. In un tale scenario, gli utilizzatori delle auto elettriche vedrebbero ulteriormente ridursi i costi di esercizio del mezzo rispetto ad un omologo a combustione.

L'attività sul tema "Mobilità Urbana" è incentrata sull'uso innovativo di big data degli spostamenti e di open data del trasporto per il monitoraggio e la pianificazione strategica dei sistemi di trasporto urbani. La sfida è quella di costruire nuovi approcci misti, di tipo data-driven e model based, in grado di riprodurre i meccanismi di interazione tra fattori strutturali e comportamenti di scelta modale degli individui. Questa attività mira, inoltre, alla modellizzazione dei consumi energetici, delle emissioni di sostanze climalteranti e delle esternalità per la valutazione dei benefici potenziali legati a scenari di trasformazione della domanda di mobilità e di elettrificazione della mobilità.

Una migliore gestione della mobilità dei passeggeri, con una sostanziale riduzione di quella privata su strada, soprattutto in ambito urbano, e un suo parziale shift verso il trasporto pubblico, autobus in città e treni per spostamenti regionali e di lunga distanza, è uno degli assi su cui si fonda la Strategia a Lungo Termine (LTS), presentata ad inizio 2021 dal MITE, in attuazione dell'Accordo di Parigi del 2015 e dei conseguenti impegni assunti dall'Europa. Gli obiettivi della LTS per il trasporto passeggeri sono la riduzione del 27% delle percorrenze realizzate in autoveicolo entro il 2050. La realizzazione di un'inedita piattaforma modellistica alimentata dai big data della mobilità

contribuirà in modo concreto al raggiungimento degli obiettivi di efficientamento energetico e decarbonizzazione del trasporto urbano. In particolare, la migliore conoscenza delle esigenze di spostamento che si potrà ottenere attraverso la piattaforma permetterà alle amministrazioni locali di ripensare i servizi TPL e di potenziarli con nuovi servizi di mobilità condivisa, per aumentare la loro attrattività ed intercettare una quota non trascurabile della domanda di mobilità privata. Assumendo pertanto una riduzione del 5% delle percorrenze annuali delle auto private nella sola area di test della piattaforma, corrispondente al territorio della provincia di Roma, si potrebbe conseguire un risparmio energetico di 9 ktep/anno e un risparmio dei costi di carburante per gli automobilisti fino a circa 17 M€/anno. Con una riduzione del 5% dei vkm, si avrebbe inoltre una riduzione annua di circa 250kt di CO₂ con un beneficio stimabile in circa 25 M€/anno.

Le attività del WP4 saranno suddivise nei seguenti macro-task: 1) sistemi integrati, che si incentrerà su studi modellistici e sperimentali di impianti multicomponente in pompa di calore; 2) tecnologie avanzate e sistemi complessi, che si occupa dello sviluppo di soluzioni tecniche a TRL più basso e di applicazioni non residenziali 3) diffusione delle PdC, che si occupa di approfondire tematiche tecniche (prevenzione e rilevamento guasti, riduzione impatto sonoro) e di sistema (effetti e conseguenze sull'ambiente, sulla rete elettrica, sugli utenti, ecc.) connesse con la diffusione di massa della tecnologia a PdC.

Nel complesso, il WP4 si propone di sviluppare soluzioni per la climatizzazione adattabili ad un crescente numero e ad una svariata tipologia di utenza. Relativamente al primo macro-task, si studieranno soluzioni integrate in PdC dotate di differenti sorgenti termiche per individuare le loro potenzialità e i limiti. In quest'ottica, sono proposti approcci innovativi su più livelli: impiego di tecnologie prototipali (nei componenti e/o nelle configurazioni d'impianto) capaci di sfruttare in modo sinergico le sorgenti termiche rinnovabili disponibili; perfezionamento di tecniche di sfruttamento degli accumuli termici ed elettrici. La conoscenza delle prestazioni dinamiche delle PdC costituisce un fattore chiave nella definizione di logiche di controllo in grado di fornire effettivi vantaggi prestazionali ed economici. Si doteranno quindi gli impianti sperimentali (in particolare il geotermico e solare) di circuito secondario, col quale si simuleranno diverse tipologie di utenza e diversi carichi termici. I dati acquisiti saranno impiegati anche per mettere a punto proposte di classificazione delle prestazioni di impianti integrati e procedure standardizzate di test di impianti di questa tipologia.

Per le attività di modellazione, incluse nel primo task, un importante filone di studio riguarderà l'applicazione di logiche di controllo di tipo DSM, applicate ad impianti innovativi, con finalità di ottimizzazione della domanda elettrica dalla rete e di beneficio economico per l'utente. Ad esempio, saranno sviluppati gli algoritmi di controllo ottimizzato per implementare logiche di DSM (es. massimizzazione dell'autoconsumo da pannelli fotovoltaici, strategie di peak shaving, ecc.). Si selezioneranno configurazioni di impianto rappresentative con relative strategie di controllo ottimizzato e si svilupperà un modello per il sistema edificio-impianto tarato su dati (reali o da simulazioni) da utilizzare all'interno dell'MPC (model predictive control). In questo modo si disporrà di algoritmi di controllo replicabili in applicazioni simili a quelle dei casi studio di riferimento.

Per quanto riguarda il secondo macro-task, le attività sulla componentistica si incentreranno sullo studio di sistemi di sbrinamento avanzati, funzionanti con sistemi di accumulo a PCM o secondo il principio della rigenerazione. Una parte di questo task riguarderà l'impiego dei sistemi integrati in pompa di calore nel settore della produzione alimentare multilivello in ambiente controllato. È stata scelta tale applicazione perché, oltre a costituire una tecnologia di grande interesse e in espansione (in virtù dei sempre più frequenti fenomeni meteorologici distruttivi che tendono a limitare la produttività outdoor), necessita di una regolazione e di un sistema di controllo molto accurato, soprattutto in alcune fasi di sviluppo dei prodotti alimentari coltivati.

Il secondo macro-task includerà anche attività sui refrigeranti a bassissimo GWP. Si eseguiranno sia lavori di modellazione che di test ai carichi parziali (ad integrazione di quelli svolti nel precedente triennio) per valutare la possibilità e i limiti delle PdC testate nel seguire i carichi variabili dell'utenza.

Tipicamente le attività sperimentali incluse nelle prime due task del progetto, in particolare quelle sopra esposte, prevederanno una fase di predisposizione degli apparati di prova (primo milestone) ed una seconda fase di esecuzione dei test e di analisi dei dati raccolti (secondo milestone).

Per quanto riguarda il terzo macro-task, l'attesa, massiccia diffusione delle PdC come impianto principale di riscaldamento richiederà lo sviluppo di nuovi strumenti di diagnostica in tempo reale, per evitare interruzioni o inefficienze del servizio. Si effettueranno quindi modelli deterministici di PdC operanti con e senza guasti multipli, per determinarne gli effetti sui consumi energetici e stabilire correlazioni tra gli effetti e i guasti. Inoltre, si effettueranno studi per il controllo delle problematiche acustiche legate all'uso intensivo delle PdC. La fase di modellazione e le soluzioni proposte, faranno uso del supporto sperimentale di misurazione e verifica delle soluzioni sugli apparati disponibili durante l'attività di ricerca. A questi studi su aspetti tecnici, saranno affiancati studi di comparazione tecno-economica ed ambientale tra i principali vettori energetici e i possibili effetti sulla rete elettrica legati alla diffusione su grande scala delle PdC.

Ognuno di questi macro-task comprenderà Linee di Attività sia a responsabilità di ENEA che delle Università. Le principali milestones, al mese 18 e al mese 36 (1 intermedio e 1 a fine triennio), produrranno come deliverable, oltre ai rapporti tecnici di avanzamento, il rilascio dei prototipi e dei componenti tecnologici sviluppati.

In relazione all'analisi costi-benefici per il WP4, si sottolinea che il beneficio principale per la collettività e per il sistema Paese, derivante dal raggiungimento degli obiettivi del presente progetto, risiede nel contributo all'ampliamento della platea dei possibili utilizzatori, con soluzioni di elevata efficienza, impiego accresciuto di fonti rinnovabili, basso impatto ambientale, condizioni di comfort ottimali in tutte le

condizioni di esercizio.

Si deve infatti rimarcare che gli ambiziosi obiettivi del PNIEC 2020 relativamente alla decarbonizzazione, all'efficientamento energetico e all'uso delle rinnovabili nel settore del riscaldamento residenziale, possono essere raggiunti solo accrescendo notevolmente la diffusione delle PdC sul territorio.

Nel dettaglio, il PNIEC pone i seguenti obiettivi da raggiungere entro il 2030: riduzione delle emissioni del settore residenziale e terziario del 33%; riduzione dei consumi energetici del 39,7% e dell'intensità energetica primaria del 20%; incremento dell'uso delle rinnovabili termiche del 33,1%. Tali obiettivi sono unanimemente ritenuti raggiungibili solo con l'attuazione di programmi di riqualificazione degli edifici che contemplino l'uso delle PdC per il miglioramento dell'efficienza energetica e l'aumento della penetrazione delle rinnovabili. Alcuni studi di settore indicano in circa 2,5 milioni le abitazioni che dovranno essere servite dalle PdC come impianto principale di riscaldamento nel 2030, con un incremento della capacità installata di oltre 2,6 volte, da 9,6 GWt a 25,4 GWt.

Considerando che in Italia, al 2018, oltre 10 milioni di edifici sui circa 12 e oltre 26 milioni di abitazioni su circa 31 milioni hanno una età superiore a 30 anni e che il territorio italiano è caratterizzato da una notevole variabilità climatica, numerosi sforzi di ricerca devono essere concentrati su PdC ad alta temperatura e su utenze caratterizzate da carichi termici significativi. In effetti, gli stessi studi di settore sopra citati ritengono che le pompe di calore idroniche, anche ad alta temperatura, abbiano un elevato potenziale di penetrazione negli edifici plurifamiliari, sia con impianti autonomi che centralizzati. Inoltre, prevedono una importante penetrazione degli impianti a PdC in abbinamento alla installazione di impianti fotovoltaici e di accumulo di energia elettrica per le abitazioni monofamiliari.

Una stima del beneficio economico per il singolo utente derivante dal miglioramento delle prestazioni delle PdC è stata effettuata da diversi studi di settore: nel caso di applicazioni delle PdC ad appartamenti di 150 m², non ristrutturati, aventi un fabbisogno termico stimabile in circa 120 kWh/(m² anno) (caratteristico, ad esempio, alla zona climatica D italiana), un incremento di SCOP della PdC impiegata, da 3 a 3,5, può portare ad un risparmio economico del 12,5 % circa, con un costo dell'elettricità di 20 c€/kWh. All'aumentare del costo dell'elettricità, ad esempio a 24 c€/kWh, il risparmio economico per l'utilizzatore delle PdC, con il medesimo incremento di SCOP, si attesterebbe a circa il 14,4 %. Rispetto alla tecnologia della caldaia a condensazione, considerando un prezzo del gas di 7,5 c€/kWh, il risparmio nei costi operativi per un utilizzatore di PdC con SCOP di 3,5 oscillerebbe tra il 14,4 % e il 45% (con costi elettrici rispettivamente di 24 c€/kWh e 20 c€/kWh).

A livello di beneficio ambientale, si evidenzia come l'impiego delle pompe di calore può portare ad una riduzione di emissioni dell'86 % rispetto alle caldaie a condensazione e, in proiezione, del 53 % rispetto alle future caldaie ad idrogeno.

Alla luce di ciò, il progetto di ricerca persegue lo sviluppo di un ventaglio di soluzioni tecnologiche applicabili ad ampio spettro, tra cui soluzioni integrate con PdC ad alta temperatura (applicabili anche a costruzioni non sottoposte a ristrutturazioni pesanti, con terminali d'impianto di vecchia generazione ed elevati carichi termici) e soluzioni che utilizzano diverse sorgenti termiche, tra cui il terreno e il sole, e diverse tipologie di accumulo termico ed elettrico.

2.7 Impatto sul sistema energetico e benefici attesi

a) Impatto e benefici sul sistema energetico

Il tema delle Energy Communities (trattato nel WP1) è di recente costituzione e rappresenta una innovazione nel mercato della energia elettrica; il suo impatto sul sistema energetico è pertanto significativo, tuttavia la diffusione delle CER in Italia scontano la presenza di complessità tecnica, limiti normativi, accettabilità sociale, competitività. Il contributo dei risultati della ricerca del WP1 affronta tali questioni sviluppando tecnologie a supporto delle CER, da diversi punti di vista: nella loro progettazione, gestione e ottimizzazione di funzionamento e attraverso metodologie di engagement e di incentivazione alla partecipazione (LTE). Inoltre la diffusione delle CER comporta in parallelo l'incremento di produzione energetica da fonte rinnovabile e la conseguente riduzione di emissioni climalteranti, una migliore gestione dei picchi di consumo/produzione (grazie alla sincronizzazione dei due carichi), maggior stabilità e minor sovraccarico sulla rete di distribuzione con conseguente riduzione degli oneri di sistema.

In riferimento al WP2, la digitalizzazione delle infrastrutture energivore comporta un impatto notevole sul sistema energetico, in quanto consente la conoscenza, il monitoraggio, il controllo, la diagnostica, nonché la valutazione prestazionale delle stesse. Essa è basata su data model standardizzati per la descrizione e gestione delle infrastrutture, acquisizione di dati giornalieri di consumo e prestazione, offerta di servizi per calcolo di indicatori chiave (KPI), certificazione, diagnostica, benchmarking, progetti di riqualificazione; l'approccio si propone di fare da riferimento per la digitalizzazione delle infrastrutture energivore, al fine di migliorarne la performance, la resilienza e ridurre il loro impatto sul sistema energetico e sull'ambiente. La digitalizzazione delle infrastrutture energivore produce quindi una base di conoscenza standardizzata che permettendone una loro gestione ottimale con un conseguente risparmio energetico.

In riferimento al WP3, l'incremento della sicurezza dei sistemi batteria potrà garantire una riduzione dei potenziali incidenti. Nella selezione dei liquidi si terrà conto del loro impatto sull'ambiente.

Lo sviluppo di modelli previsionali e diagnostici efficaci permetterà l'utilizzo massivo delle batterie second-life nelle applicazioni di stoccaggio, con notevole beneficio derivante dal fatto che esse sono più economiche delle batterie nuove.

I sistemi di trasporto in convoglio consentono la ricarica in movimento soltanto in alcuni punti del percorso di una linea urbana limitando la

problematica della disponibilità di potenza in tutte le altre parti, come ad esempio la periferia.

L'adozione del sistema integrato di controllo termico bifase e di recupero del calore di scarto dell'inverter consentiranno di ottenere risparmi energetici significativi delle infrastrutture di ricarica. Oltre l'aspetto energetico si prevede una significativa riduzione della produzione di CO₂ dei sistemi di controllo termico delle stazioni di ricarica.

Una corretta valutazione della distribuzione spazio-temporale della potenziale richiesta di ricarica è di fondamentale importanza per la corretta pianificazione degli interventi strutturali (distribuzione dei punti di ricarica, sistemi di accumulo o generazione di energia) e la gestione dei flussi di potenza da parte della rete elettrica locale e nazionale.

La messa in campo di strumenti idonei a supportare i processi di analisi e pianificazione della mobilità urbana è oggi di cruciale importanza per affrontare e risolvere le pesanti diseconomie e inefficienze energetiche che derivano principalmente da un eccessivo squilibrio modale a favore dell'uso dell'auto privata e dalla presenza di un parco auto alquanto vetusto alimentato in prevalenza dai combustibili fossili.

Riguardo il WP4, nei più recenti programmi di decarbonizzazione ed efficientamento energetico nel settore della climatizzazione residenziale, le PdC sono designate come le principali sostitute delle tecnologie attualmente impiegate, che fanno uso di energia non rinnovabile e sono responsabili di elevate emissioni di sostanze climalteranti. Le emissioni delle PdC d'altra parte, localmente nulle, possono essere minimizzate anche a livello complessivo con l'incremento delle loro prestazioni. Inoltre, poiché l'unica origine di emissioni inquinanti può essere individuata nelle fonti primarie impiegate per la produzione di energia elettrica, la PdC trae a sua volta vantaggio da un maggior uso delle FER nella generazione.

L'impiego delle PdC può inoltre essere visto come un'opportunità per la gestione del sistema elettrico nazionale, perché, se da una parte può determinare un incremento dei picchi di carico giornaliero (ritenuto comunque generalmente sostenibile dall'attuale rete, anche nel caso di ampia diffusione), dall'altra può introdurre un elemento di elevata flessibilità del sistema elettrico, soprattutto nel caso d'impiego di PdC multi-sorgente ed integrate.

Si evidenzia anche che l'uso diffuso di tecnologie rinnovabili, quali le PdC, può contribuire alla stabilizzazione dei costi delle materie prime e di conseguenza dei sistemi di tariffazione per l'utente finale. Sotto questo profilo, il progetto qui presentato intende rafforzare, con analisi tecnico-scientifiche, gli strumenti a disposizione dei decisori e degli utenti riguardanti le modalità di incentivo alla maggior diffusione della tecnologia delle PdC, ivi compresa l'opportunità di ridiscutere e valutare sistemi tariffari dedicati per gli utenti "full-electric".

b) Benefici per gli utenti

Nel WP1, lo sviluppo delle comunità energetiche produrrà un significativo miglioramento nella "sostenibilità sociale", promuovendo un cambiamento dell'utente finale verso uno "stile di vita" più sostenibile, e introducendo un nuovo tipo di interazione tra membri della comunità e le società "energetiche". A seconda del tipo di configurazione delle CER gli impatti sugli utenti possono essere sia diretti (redistribuzione degli incentivi per combattere la povertà energetica), sia indiretti attraverso investimenti di natura sociale sul territorio in ottica di sharing economy (car-sharing, servizi di comunità, etc). In particolare nel settore residenziale gli utenti, sia che siano o non siano membri di una CER, potranno usufruire dei servizi di supporto alla gestione della propria abitazione per ridurre il proprio consumo attraverso un comportamento virtuoso guidato dai servizi della piattaforma orientati alle singole utenze.

Nel WP2, con la digitalizzazione delle infrastrutture urbane energivore, le PA avranno a disposizione un "framework" sicuro, garantito, facilitato per sostenere la trasformazione digitale della città attraverso le piattaforme PELL, SCP, CI-Res. Inoltre la disponibilità di tali piattaforme faciliterà l'azione di sistematizzazione della conoscenza delle infrastrutture delle PA, la gestione delle situazioni di emergenza, la pianificazione e programmazione, la possibilità di verifica dei servizi commissionati su cui basare una eventuale contrattualistica con i relativi gestori. Il beneficio finale per gli utenti consiste in un minor costo e una maggiore qualità dei servizi offerti.

Per quanto riguarda il WP3, i benefici per gli utenti sono, per la task relativa all'Accumulo, un incremento della sicurezza dei sistemi batteria; è un vantaggio notevole per gli utenti che potranno utilizzare in sicurezza veicoli elettrici o ibridi così come ridurre il costo di investimento per le auto elettriche grazie al valore aggiunto del pacco batterie, riutilizzabile in applicazioni successive.

I sistemi di trasporto in convoying, possono migliorare il servizio di trasporto in zone a bassa domanda in quanto, veicoli più piccoli possano svolgere questo servizio e gli stessi, quando raggiungono le direttrici verso il centro della città, si applottonano e vengono guidati dal veicolo di testa, con vantaggi anche di tipo economico poiché il costo del guidatore ha un impatto molto alto nel costo totale del trasporto.

L'adozione del sistema integrato di controllo termico bifase e di recupero del calore di scarto dell'inverter consentiranno di ottenere sia risparmi energetici significativi delle infrastrutture di ricarica, sia la diffusione della ricarica veloce. Tali risultati consentiranno, finalmente, la diffusione della mobilità elettrica in tutti i settori con la conseguente riduzione dei costi e la migliore fruibilità.

La conoscenza dei profili di ricarica è di estrema importanza nella corretta valutazione della distribuzione dei punti di ricarica. Questa, a sua volta, è uno dei fondamentali strumenti per incentivare l'adozione della mobilità elettrica, superando l'ansia da autonomia che caratterizza molti potenziali utenti.

La corretta conoscenza, analisi e modellizzazione della domanda di mobilità e delle risorse necessarie per esprimerla è un'imprescindibile condizione per la pianificazione di interventi più efficaci e rispondenti alle reali esigenze dei cittadini, in termini di accessibilità ai servizi e

di riduzione dei costi del trasporto, e alle sempre più pressanti necessità di efficientamento energetico, decarbonizzazione e miglioramento della qualità dell'aria all'interno delle città.

Relativamente al WP4, la significativa diffusione nei prossimi anni della tecnologia delle pompe di calore prevista in molti scenari internazionali potrà avere un impatto anche sull'utente finale. L'ampia casistica tecnologica, indagata in questo WP, intende mettere le PdC a disposizione del maggior numero di utenti possibile, andando ad indagare applicazioni in diverse zone climatiche, retrofitting con terminali ad alta temperatura ed uso di diverse sorgenti termiche. Si ricercheranno soluzioni in grado di fornire un effettivo beneficio per l'utente anche in termini economici, tenendo in considerazione, nelle valutazioni modellistiche, i tempi di ritorno dell'investimento, con l'analisi delle principali grandezze che ne caratterizzano la convenienza (CapEx, OpEx).

Si consideri peraltro che la tecnologia avanzata che accompagna le PdC, soprattutto a livello di gestione delle logiche di funzionamento, rende l'utente potenziale attore nel conseguimento di obiettivi di sistema, (ad esempio in contesti come comunità energetiche, sottoreti, ecc.), poiché gli obiettivi di flessibilità, declinabili anche in termini di Demand-Response, assumeranno negli anni a venire un peso sempre più rilevante.

c) Previsione delle ricadute applicative

L'efficacia delle soluzioni proposte avrà ricadute applicative di immediato effetto sui diretti beneficiari (cittadini, comuni, stakeholders) piuttosto che per i proponenti.

Nell'ambito del WP1, i tool sviluppati infatti sono finalizzati a promuovere l'avvio e la gestione delle CER su tutto il territorio nazionale; essendo strumenti aperti e disponibili a tutti presentano due tipi di impatti: in primis permettono alle aziende di migliorare il proprio posizionamento e la competitività sul mercato e in secondo luogo ai cittadini di accedere alle opportunità offerte dalle CER. Inoltre un tale modello collaborativo di approvvigionamento energetico, basato sul paradigma delle Energy Community (EC), renderà il mercato elettrico più sicuro e stabile mentre la remunerazione del virtuosismo energetico-sociale e lo sharing di asset tra i membri della community porterà dei benefici economici alla intera comunità. I benefici economico-finanziari potenziali per l'utente finale, calcolati come somma del risparmio effettivo in bolletta derivante dall'autoconsumo diretto e degli incentivi derivanti dall'energia condivisa, (come descritto nel paragrafo 2.6 a) su scala nazionale ammonterebbero complessivamente al 2025 a circa 1,8 Md€ e al 2030 a circa 4 Md€.

Per quanto riguarda il WP2, la diffusione di piattaforme digitali basate su standard aperti comporta ricadute significative e benefici a vari utenti dei servizi urbani energivori. Per le aziende i benefici economici riguardano l'apertura del mercato e la possibilità di offrire nuovi prodotti e servizi a valore aggiunto. Per la PA, tali strumenti consentiranno di attivare azioni e strategie di protezione dai fenomeni di vendor lock-in fornendo, nel contempo un valido aiuto e supporto per le gare di approvvigionamento dei servizi, sia da parte delle stazioni appaltanti locali che nazionali (Consip). Per i cittadini le ricadute applicative riguardano una maggior qualità e affidabilità dei servizi pubblici. I benefici economico-finanziari potenziali per il sistema Paese, si tradurrebbero in un risparmio economico di circa 230 Mln€ al 2025 e di circa 700 Mln€ al 2030.

Per quanto riguarda il WP3, I fluidi testati per contenere il thermal runaway potranno essere utilizzati per garantire condizioni operative sicure. Nel progetto si terrà conto anche dell'incidenza del costo dei fluidi sul sistema complessivo. Gli algoritmi per la diagnostica delle batterie possono essere utilizzati dalle industrie e start-up che intendono entrare nel business del riutilizzo delle batterie automotive. I sistemi in convoglio possono essere utilizzati in esercizio non necessitando di tecnologie troppo complesse sia per il collegamento meccanico sia per il trasferimento di energia tra un veicolo e l'altro e potrebbero collegarsi per la ricarica alle linee tramviarie esistenti non richiedendo quindi particolari investimenti infrastrutturali.

I sistemi di trasporto in convoying, potrà avere applicazioni nel prossimo futuro nell'ottica dell'efficientamento del servizio pubblico. Veicoli più piccoli che effettuano la loro missione in periferia, zone tipicamente a più bassa domanda, si applottonano sulle direttrici verso il centro delle città, guidati da un solo autista (e in prospettiva senza guidatore). Gli autisti dei mezzi appena applottonati guideranno successivamente altri veicoli appena ritornati dal centro per rieffettuare nuovamente la loro missione. Ne risulta un minore costo del trasporto, in quanto il costo del guidatore ne ha un forte impatto ed un miglioramento del servizio in generale.

La soluzione della ricarica veloce delle batterie e del recupero energetico del calore di scarto dell'inverter avrà ricadute applicative nel breve e medio periodo sui diretti beneficiari (cittadini, aziende, comuni, stakeholders) piuttosto che per i proponenti.

La stima dei profili di ricarica dei veicoli è un risultato di estremo interesse per gli operatori della ricarica pubblica e per le Aziende del trasporto pubblico locale che, su tale base, sono in grado di pianificare e dimensionare correttamente l'infrastruttura da rendere disponibile agli utenti della mobilità elettrica individuale ed alle flotte dei bus del servizio pubblico, nonché di indicare il fabbisogno di potenza da impegnare nelle diverse zone urbane.

L'innovazione dei processi di analisi e modellizzazione della mobilità urbana attraverso l'utilizzo dei big data della mobilità e degli open data dei servizi di trasporto avrà importanti e immediate ricadute sociali, ambientali ed energetiche. Questa innovazione è di particolare interesse per i responsabili delle politiche e della pianificazione della mobilità urbana che si trovano ad affrontare le attuali inefficienze e diseconomie della mobilità urbana e che promuovono politiche ed interventi per una transizione verso modi di trasporto più accessibili, puliti e sostenibili.

Lo scopo del WP4, già evidenziato, è l'ampliamento dei potenziali utilizzatori delle PdC, fornendo apparecchiature e sistemi di controllo

più versatili ed efficienti. Per quanto riguarda la possibile industrializzazione dei risultati, le soluzioni indagate si avvalgono di tecnologie esistenti, che in generale non presentano criticità riguardo all'industrializzazione. La loro mutua integrazione e i sistemi di controllo, tuttavia, richiedono un'attenta progettazione, molto spesso calibrata sul singolo utente. Come tale, presenta ampi margini di miglioramento, dipendendo dalla configurazione d'impianto e dalla tipologia di utenza servita.

In generale, numerose indagini concordano sulla crescente rilevanza degli impianti termici nell'edilizia, che costituiscono sempre più elemento di valorizzazione del patrimonio immobiliare, sia per le nuove costruzioni, che, a maggior ragione, per la riqualificazione dell'esistente. D'altro canto, questione altrettanto centrale è rappresentata dalla digitalizzazione e dallo sviluppo della domotica nei sistemi di controllo, ormai consueti in molte abitazioni.

2.8 Verifica dell'esito del progetto

a) Oggetti e documentazione dei risultati finali

La documentazione e gli oggetti che costituiscono i risultati finali del progetto riguarderanno reportistica tecnica (rapporti tecnici, linee guida, manuali tecnici, specifiche tecniche, business model), e prodotti quali software, piattaforme, prototipi, etc.

Per raggiungere gli obiettivi del WP1, che consistono nella realizzazione di una piattaforma di servizi a supporto delle CER, verranno prodotti i seguenti risultati finali da considerarsi utili per la verifica dell'esito del progetto e che saranno descritti nei rapporti tecnici delle singole LA:

- prototipo di piattaforma ICT di integrazione di servizi per varie tipologie di utenti delle CER;
- test in contesti reali del tool web per la fattibilità tecnico-economica di configurazione di CER e AUC;
- sperimentazione del cruscotto per l'ottimizzazione e la gestione CER attraverso il monitoraggio delle prestazioni energetiche;
- sperimentazione in contesti reali del tool web per l'ingaggio dei cittadini nelle CER e feedback agli utenti residenziali;
- sperimentazione e analisi dati di metodologie per la definizione della flessibilità di smart buildings
- sperimentazione dell'applicazione web e del marketplace per una "local token economy";
- prototipo del servizio di analisi dei social network per il monitoraggio della percezione dei cittadini riguardo le CER;
- prototipo del tool di progettazione micro-grid multi-vettore.

Per raggiungere gli obiettivi del WP2 che consistono nella realizzazione piattaforme interoperabili per i servizi urbani energivori, verranno prodotti i seguenti risultati finali da considerarsi utili per la verifica dell'esito del progetto e che saranno descritti nei rapporti tecnici delle singole LA:

- sperimentazione della piattaforma nazionale Smart City per la integrazione delle piattaforme urbane;
- prototipo del tool web per il coinvolgimento degli operatori urbani per la transizione verso i servizi smart (UCUM);
- applicazione su larga scala del PELL-IP pubblica e adottata nelle gare per la gestione degli impianti IP;
- test e avvio del PELL-Edifici per monitoraggio prestazionale edifici pubblici;
- prototipo della piattaforma CI-Res per la predizione del rischio nelle infrastrutture critiche energetiche;
- demo di smart road con veicoli autonomi sensorizzati e comunicanti con l'infrastruttura urbana funzionante in ambiente simulato.

Per raggiungere gli obiettivi del WP3 che consistono nella realizzazione piattaforme interoperabili per i servizi urbani energivori, verranno prodotti i seguenti risultati finali da considerarsi utili per la verifica dell'esito del progetto e che saranno descritti nei rapporti tecnici delle singole LA:

- prove sperimentali per la selezione dei liquidi dielettrici ritenuti più adatti a sopprimere/controllare la thermal runaway di una cella e la propagazione dei suoi effetti sulle celle limitrofe.
- prove sperimentali per la stima della vita di un modulo di batterie realizzati e testing degli algoritmi per la previsione della durata di vita e della variazione stato di salute delle celle che lo compongono in relazione al ciclo di funzionamento assegnato, validazione degli algoritmi di stima 'on line' dello stato di salute stesso.
- prototipo di sistema di convoying, implementato su due Gulliver Tecnobus esistenti, testing del prototipo con relativa valutazione di efficienza della ricarica e dell'intero sistema.
- prototipo di un sistema integrato di trasporto con ricarica in movimento in convoying di due minibus, con ricarica tramite catenaria e trasferimento di carica tra i veicoli connessi; realizzazione e sperimentazione su un circuito chiuso
- prototipo di un sistema di raffreddamento bifase da banco, sistema in scala reale da 5 KW e testing del prototipo in ambiente simulato.
- prototipo in scala reale di un sistema di scambio termico bifase per una stazione di ricarica rapida con raffreddamento anche della batteria di bordo di un minibus. Realizzazione e Testing del prototipo in ambiente reale.
- software monofunzionali e piattaforme integrate che saranno sottoposti a test di verifica funzionale e di risultato attraverso l'applicazione a casi di test significativi

- piattaforma software a supporto delle attività di analisi e pianificazione di interventi per l'efficientamento energetico e la decarbonizzazione della Mobilità Urbana. I rapporti tecnici illustreranno in particolare le specifiche funzionali della piattaforma, la formulazione dei modelli implementati e i risultati delle attività di test e validazione.

Per raggiungere gli obiettivi del WP4, facendo riferimento ai principali risultati attesi del progetto, i seguenti prodotti, che saranno descritti nei rapporti tecnici descrittivi delle singole LA, possono essere considerati per la verifica dell'esito del progetto:

- impianto integrato composto da pompa di calore Dual-source (aria-terreno) ad alta temperatura e sonde geotermiche (realizzate nel precedente triennio del PTR);
- prototipo di pompa di calore aria-sole, dotata di collettori PV-T (fotovoltaico- termico) funzionanti come evaporatori della PdC, sistema di accumulo elettrico, logiche di controllo dedicate;
- prototipo di sistema di sbrinamento (o prevenzione del brinamento) dotato di accumuli termici a PCM, per lo sfruttamento di calore di scarto o sistemi rigenerativi;
- linee guida per la definizione di procedure di test standardizzate di sistemi integrati in pompa di calore, presentate nel rispettivo;
- linee guida per la definizione di mappe di defrost applicabili a differenti geometrie e potenze delle PdC;
- etichettatura energetica armonizzata di sistemi integrati in pompa di calore.
- attività di sperimentazione sui prototipi di sistemi integrati e di sbrinamento sopraindicati.