

***From Green-Energy to Green-Logistics:
a Method for Design Sustainable Transport Services
with Electric Vehicles***

DALLA GREEN-ENERGY ALLA GREEN-LOGISTICS: UNA METODOLOGIA PER LA PROGETTAZIONE DEI SERVIZI DI TRASPORTO SOSTENIBILI CON VEICOLI ELETTRICI

Antonello Ignazio Croce^a, Giuseppe Musolino^b, Corrado Rindone^b, Antonino Vitetta^b

^a*Dipartimento DICEAM, Università Mediterranea di Reggio Calabria, via Graziella, Località Feo di Vito, 89122 - Reggio Calabria, Italia*

^b*Dipartimento DIIES, Università Mediterranea di Reggio Calabria, via Graziella, Località Feo di Vito, 89122 - Reggio Calabria, Italia*

antonello.croce@unirc.it; giuseppe.musolino@unirc.it; corrado.rindone@unirc.it; vitetta@unirc.it

Abstract

The paper outlines the main actions of a research project concerning: (a) the energy production from sea waves; (b) the design of transport services for passenger and freight mobility with electric vehicles. The idea is to transfer the energy produced from sea waves to electric vehicles for passenger and freight services near port area. The paper, in particular, presents a methodology related to part (b) of the research project. The objective of the methodology is to support the decision-making process regarding the optimization of transport services for people and freight in an effort to minimise renewable energy resources. Transport system models are the core of the methodology, adopted to design transport services operated with electric vehicles. The methodology and the transport system models are validated in a practical scenario, represented by the touristic port "Porto delle Grazie", located in the Città Metropolitana of Reggio Calabria, south of Italy. Clean energy is produced from maritime waves. Transport services are designed to fulfil people mobility requirements while optimising the use of energy resources (green transport services). The research was developed within the GRE.ENE.LOG project, financed by Calabria Region (Italy).

KEY WORDS: *Sustainability, Renewable Energy, Passenger And Freight Mobility, Transport Services Design, Electric Vehicles, Seaport Area Experimentation.*

1. Introduzione

La ricerca condotta durante due anni ha perseguito l'obiettivo generale di valutare la fattibilità di un sistema che integri la produzione di energia rinnovabile e il suo consumo all'interno, e nelle adiacenze, di aree portuali per servizi di mobilità passeggeri e merci.

Il sistema è composto da due elementi: [a] una tecnologia *sea-to-grid*, che produce energia elettrica dalle onde del mare; e [b] un servizio logistico *verde*, basato sull'uso di veicoli elettrici. La parte [a] della ricerca si basa sul principio che un'onda di mare si infrange su una banchina

opportunamente disegnata, generando all'interno della banchina stessa un'oscillazione di una colonna d'acqua. La sacca d'aria presente consente la rotazione di una turbina per la produzione di energia elettrica [1-4].

Questo principio di funzionamento è stato rivisitato da Boccotti [5], che ha proposto un *Resonant Wave Energy Converter 3* (REWEC3), noto anche nella letteratura scientifica come U-OWC.

L'ottimizzazione delle risorse e la riduzione dei consumi energetici contribuiscono all'incremento della sostenibilità. Pertanto, una delle principali sfide è promuovere l'uso di risorse energetiche rinnovabili nella pianificazione

della mobilità delle merci e delle persone [6,7].

L'attività principale della parte (b) del sistema descritto in questo articolo riguarda la progettazione ottimale di servizi per il trasporto dei passeggeri e delle merci mediante veicoli elettrici, per collegare un porto con i luoghi della vicina zona sub-(urbana). Il problema viene risolto mediante metodi di *Vehicle Routing* (VR), che consistono nella progettazione delle rotte ottimali dei veicoli da/verso un nodo centrale (centro di distribuzione merci e area di parcheggio) [8-10], verso un insieme di destinazioni da visitare [11]. L'obiettivo è la minimizzazione del costo generalizzato, soggetto a vincoli, come quelli tecnologici e prestazionali (ad es. veicoli elettrici) [12]. I metodi più avanzati includono l'analisi dei tempi di viaggio congestionati in tempo reale [13], che possono essere osservati [14-17] o stimati [18, 19]. Recentemente, il problema è stato riformulato al fine di tenere conto dell'uso dei veicoli elettrici [20-22] e di rappresentare le condizioni di traffico a livello di rete per mezzo del Network Macroscopic Fundamental Diagram (NMFD) [23-25].

Il progetto di ricerca GRE.ENE.LOG unisce le esperienze, di due gruppi di lavoro dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria (Italia), nel campo dell'ingegneria marittima e dell'ingegneria dei trasporti. L'energia prodotta dalle onde del mare, attraverso un sistema REWEC3 dotato di turbine, alimenta i veicoli elettrici per i passeggeri (auto e moto) e le merci (furgoni), utilizzati per erogare servizi di trasporto in prossimità di un porto.

L'innovazione riguarda i seguenti elementi:

- uso diretto dell'energia prodotta nel porto per i servizi di mobilità degli utenti presenti nel porto;
- progettazione di servizi di mobilità passeggeri e merci per collegare il porto con destinazioni della vicina zona sub-(urbana) ;
- sperimentazione in un'area urbanizzata, caratterizzata dalla presenza di un porto di dimensioni medio-piccole.

Con riferimento alla progettazione dei servizi di mobilità, descritti in questo articolo, l'innovazione ha riguardato lo sviluppo di una metodologia per supportare il processo decisionale relativo all'ottimizzazione dei servizi di trasporto per le persone e le merci, riducendo al minimo il consumo delle risorse energetiche rinnovabili (energia prodotta dalle onde di mare).

Il cuore della metodologia è rappresentato dai modelli di trasporto, nelle sue tre componenti relative ai modelli di offerta, modelli di domanda e modelli di interazione domanda-offerta, adottati per supportare la progettazione dei servizi di trasporto operati con veicoli elettrici. La stima dei modelli di offerta e dei modelli di domanda per la mobilità di persone e merci è stata condotta con tecniche tradizionali dell'ingegneria dei sistemi di trasporto, arricchite dall'utilizzo di big-data sulla mobilità veicolare. Il sistema proposto contribuisce al perseguimento degli obiettivi ambientali stabiliti dall'UE (Strategia Europa

2020) e dal governo italiano (Piano Nazionale per l'Energia) per ridurre i costi e la dipendenza da fonti tradizionali. L'impatto della ricerca riguarda il supporto alle amministrazioni locali, alle autorità pubbliche nella definizione di servizi di trasporto atti a incrementare l'accessibilità e la competitività delle diverse aree, sulla base dell'innovazione tecnologica e dei criteri di sostenibilità economica, sociale e ambientale.

L'articolo presenta i principali risultati della sperimentazione pilota condotta presso un'area portuale italiana (il "Porto delle Grazie" nel comune di Roccella Jonica) a supporto della mobilità dei passeggeri e delle merci tra il porto e una zona (sub)-urbana vicina.

Il documento è articolato come segue. Il capitolo 2 illustra la struttura della ricerca, il capitolo 3 descrive la metodologia e il capitolo 4 riporta alcune indicazioni sulla sperimentazione pilota e sui risultati conseguiti.

2. Struttura della ricerca

La ricerca riguarda la progettazione e la sperimentazione di una catena di produzione-consumo di energia rinnovabile composta:

- da una componente sea-to-grid, di seguito indicata energia verde, e
- da servizi di trasporto erogati mediante veicoli elettrici, di seguito indicati logistica verde.

La metodologia è stata sperimentata in uno studio pilota che coinvolge un porto e l'area (sub)-urbana circostante. L'energia prodotta dalle onde del mare alimenta i veicoli elettrici per la gestione di servizi logistici e di trasporto a supporto della mobilità di merci e passeggeri (vedi Fig. 1).

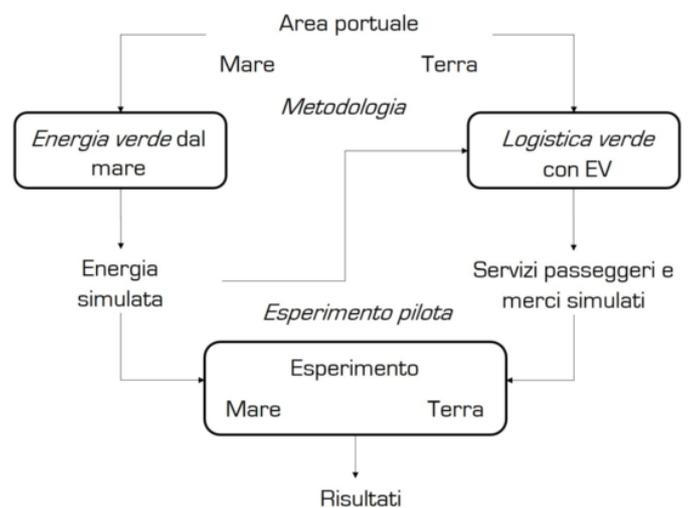


Fig. 1 - Schema delle attività di progetto
[Fonte: Elaborata da [4]]

I risultati del progetto di ricerca hanno riguardato:

- a) la determinazione della configurazione ottimale del REWEC3 per il porto di Roccella Jonica (Italia) e la stima dell'energia media annuale/stagionale prodotta da una singola camera REWEC3 (tali risultati non sono riportati nel presente documento);
- b) la metodologia per la progettazione delle rotte dei veicoli merci e per la progettazione di servizi per la mobilità dei passeggeri e la valutazione dei costi.

Relativamente al punto b), descritto nella sezione 3, l'energia verde prodotta nel porto è utilizzata per alimentare i veicoli elettrici destinati ai servizi di mobilità.

La metodologia utilizzata ha consentito di progettare la localizzazione di un centro di distribuzione per merci, un'area di parcheggio e le rotte dei veicoli in un'area (sub)-urbana vicino al porto (area di studio), soggetta a vincoli tecnologici e prestazionali (ad esempio: i veicoli elettrici). Le localizzazioni e i servizi sono disegnati riducendo al minimo l'uso delle risorse energetiche, ottenute da fonti rinnovabili. La configurazione ottimale è stata ottenuta valutando alcuni scenari relativi al tipo di veicoli elettrici e alle caratteristiche dell'area di studio. Alcuni criteri sono adottati per la valutazione attraverso la DEA (*Data Envelopment Analysis*) o in contesti multi-criterio [26, 27].

3. Metodologia

La metodologia proposta per il progetto dei servizi di trasporto è composta da due livelli:

- un livello *esterno*, in cui sono identificate le localizzazioni potenziali di un'infrastruttura nodale urbana, in termini di uno o più centri di distribuzione e una o più aree di parcheggio;
- un livello *interno*, in cui i servizi di mobilità sono progettati mediante procedure di *vehicle routing* per ciascun centro di distribuzione-area di parcheggio, al fine di ottenere una stima quantitativa degli indicatori di mobilità sostenibile.

L'implementazione della soluzione progettuale consente un incremento dell'efficienza nel processo di produzione e consumo di energia a emissioni zero.

La funzione obiettivo, φ , contiene criteri/componenti economici, sociali e ambientali con metodo di ottimizzazione mono o multi criterio [27, 28]. Gli indicatori sono diversi per i livelli interno ed esterno (ad es. per la componente economica, l'energia per il livello esterno e i costi di gestione per il livello interno).

Le principali variabili di progettazione, y , sono:

- le localizzazioni ottimali dei centri di distribuzione, nel caso della mobilità delle merci, e delle aree di parcheggio, nel caso della mobilità di passeggeri;
- i percorsi ottimali per i veicoli elettrici passeggeri e

le rotte ottimali per i veicoli elettrici merci.

Il problema di ottimizzazione è soggetto a diversi vincoli, ψ :

- economico e monetario (es. bilancio monetario);
- ambientale (es. emissione di gas serra);
- sociale (es. rischio di incidente del conducente);
- tecnico (es. caratteristiche del territorio);
- normativo (es. norme e regole di pianificazione a scala locale);
- di comportamento (es. massimizzazione dell'utilità associata all'utente del sistema di trasporto).

Il modello può essere formulato come segue:

$$\text{Minimo } \varphi(y) \quad (1)$$

con $y \in \psi$

La funzione obiettivo può essere di tipo mono o multi criterio, con specificazione in genere di tipo non lineare.

Le variabili decisionali sono di tipo misto intero. I vincoli sono di tipo non lineare. La soluzione del problema viene ricercata mediante algoritmi di natura euristica.

Maggiori dettagli relativi alla formulazione del modello e alla soluzione dello stesso sono riportati in [7, 11, 13, 14, 18].

La metodologia generale (vedi Fig. 2) per ottenere la soluzione ottimale è composta dai seguenti elementi:

- identificazione di diversi siti potenziali per localizzare un centro di distribuzione e un'area di parcheggio e confronto tra scenari di localizzazione (livello esterno);
- progettazione di percorsi di veicoli merci, basati sullo scenario di localizzazione del centro di distribuzione definito e generazione di percorsi di veicoli passeggeri, basati sullo scenario di localizzazione dell'area di parcheggio definita (livello interno);
- calibrazione dei parametri mediante osservazione diretta delle prestazioni dei veicoli elettrici relativamente ai percorsi progettati;
- stima dei fabbisogni energetici e dei costi dei servizi di mobilità erogati mediante i veicoli elettrici;
- aggiornamento dei parametri dei modelli di domanda mediante flussi di traffico, ottenuti mediante rilevamenti tradizionali o estratti da big-data.

Uno schema che descrive nel dettaglio i due livelli della metodologia (esterno e interno), e le reciproche interazioni, è presentato in figura (vedi Fig. 3).

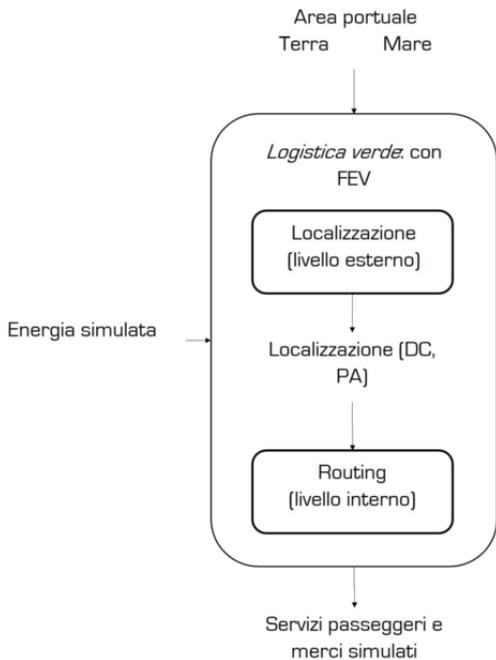


Fig. 2 - Metodologia generale
[Fonte: Elaborata da [4]]

4. Caso studio

L'obiettivo della sperimentazione ha riguardato la verifica della metodologia proposta. Essa è stata applicata per la progettazione di servizi di trasporto per persone e merci con l'ausilio di veicoli elettrici e il dimensionamento della flotta. Nella sperimentazione è stata utilizzata una stazione di ricarica di energia elettrica localizzata nel Porto delle Grazie di Roccella Jonica.

L'area di studio (sito pilota) è costituita dal retroterra del porto e comprende i comuni limitrofi suddivisi in tre aree concentriche (vedi Fig. 4): l'area centrale, costituita dal comune di Roccella Jonica; la prima corona, composta dai comuni intorno a Roccella Jonica: M. di Gioiosa, Gio-

iosa Jonica, Martone e Caulonia; la seconda corona, comprendente i comuni di: Stignano, Placanica, S.G. di Gerace, Grotteria, Mammola, Siderno, Locri, Gerace, Canolo, Agnana Calabria e Riace.

Durante la prima fase della sperimentazione (*before*), sono stati costruiti:

- i modelli di domanda, per stimare la mobilità degli utenti all'interno dell'area di studio e tra l'area di studio e l'ambiente esterno;
- i modelli di offerta, per schematizzare le caratteristiche della rete stradale dell'area di studio e stimare i costi generalizzati per gli utenti e, in particolare, i consumi energetici dei veicoli [29-31].

I modelli, importanti strumenti per la previsione della mobilità, sono stati costruiti acquisendo dati provenienti da diverse fonti informative: l'ISTAT per i dati socio-economici del territorio esaminato; i Floating Car Data (FCD), relativi agli autoveicoli in movimento nell'area di studio, il Porto delle Grazie, per le informazioni sugli utenti in arrivo e in partenza dal porto e in merito al noleggio dei veicoli.

I parametri utilizzati in questa fase sono presenti in letteratura e sono validi per realtà territoriali simili. Un'attività analoga è stata svolta per la costruzione delle funzioni di costo associate ai rami della rete di trasporto.

La domanda complessiva media nell'area, relativa agli utenti che si spostano con veicoli stradali, è pari a 61196 veic/giorno. Di questa, la domanda che si muove all'interno dell'area di studio (spostamenti interno-interno) è pari a 53960 veic/giorno; la domanda che entra nell'area di studio proveniente dall'esterno (spostamenti esterno-interno) è pari a 3410 veic/giorno; la domanda che esce dall'area di studio e si dirige all'esterno (spostamenti interno-esterno) è pari a 3388 veic/giorno.

I valori sono stati stimati utilizzando modelli comportamentali di domanda, nelle dimensioni della emissione e

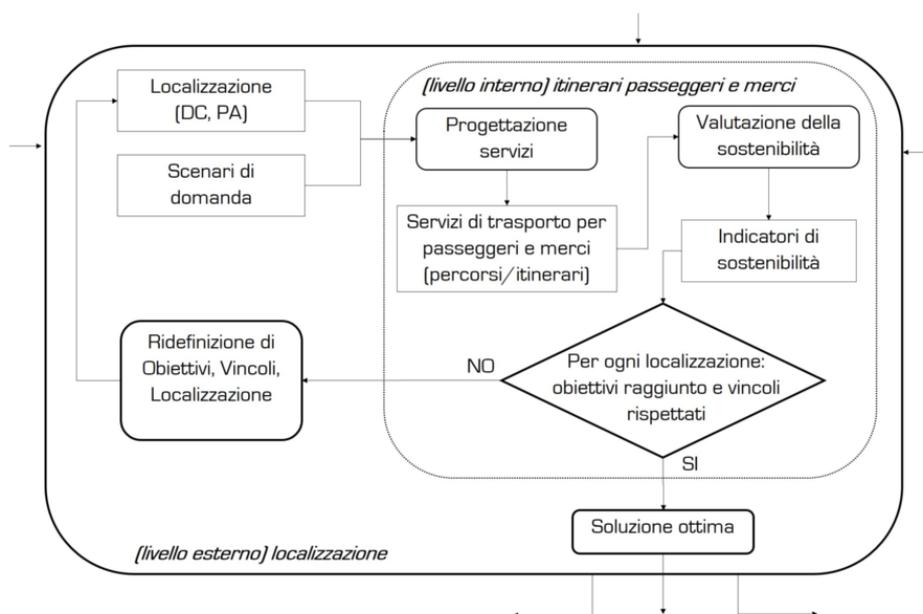


Fig. 3 - Metodologia di progettazione dei servizi per la mobilità passeggeri e merci
[Fonte: Elaborata da [32]]

della distribuzione degli spostamenti di veicoli. I parametri di letteratura usati nella prima fase per i modelli di domanda sono stati aggiornati mediante dati provenienti da Floating Car Data (FCD) [33].

L'aggiornamento dei parametri è stato eseguito mediante uno stimatore di tipo GLS (*Generalized Least Square*) pesato, combinando simultaneamente le componenti legate all'emissione e alla distribuzione degli spostamenti di autoveicoli. Le funzioni di costo e di consumo energetico associate alla rete stradale si basano sia sui parametri dei veicoli elettrici disponibili in commercio, sia sui dati derivanti da FCD [34], che consentono il calcolo delle resistenze totali al variare del moto dei veicoli.

Per una specifica filiera merceologica e per uno scenario ipotizzato è stato possibile: definire le rotte ottimali dei veicoli merci; stimare i costi di esercizio relativi al servizio di trasporto delle merci con veicoli elettrici; confrontare gli scenari differenti ipotizzati.

In modo analogo, per la mobilità delle persone sono stati definiti dei percorsi ottimali per i collegamenti tra il porto e le località turistiche dell'area di studio più frequentate;

stimati i costi di esercizio relativi al servizio con veicoli elettrici.

A titolo di esempio dei diversi risultati ottenuti, la figura (vedi Fig. 5) illustra alcuni risultati grafici riferiti alle rotte dei servizi progettati. Data una singola destinazione, o un gruppo di destinazioni, l'ordine di visita mediante veicoli elettrici è ottenuto mediante il modello di ottimo [1], tenendo conto dei seguenti tre criteri: minimo consumo di energia, minimo tempo di viaggio, minima distanza di viaggio. La seconda fase della sperimentazione (*after*) ha riguardato la raccolta di dati sui consumi energetici di due veicoli elettrici, la Renault Zoe per i servizi passeggeri e la Nissan e-NV200 per la distribuzione delle merci.

La campagna di rilievo eseguita ha permesso di misurare le grandezze cinematiche ed energetiche dei due veicoli elettrici suddetti. Il confronto fra le stime ottenute dalle simulazioni di laboratorio (*analisi before*) e le osservazioni eseguite durante la campagna di rilievo (*analisi after*), ha consentito di procedere ad una seconda fase di calibrazione e di validazione delle capacità previsionali dei modelli implementati.

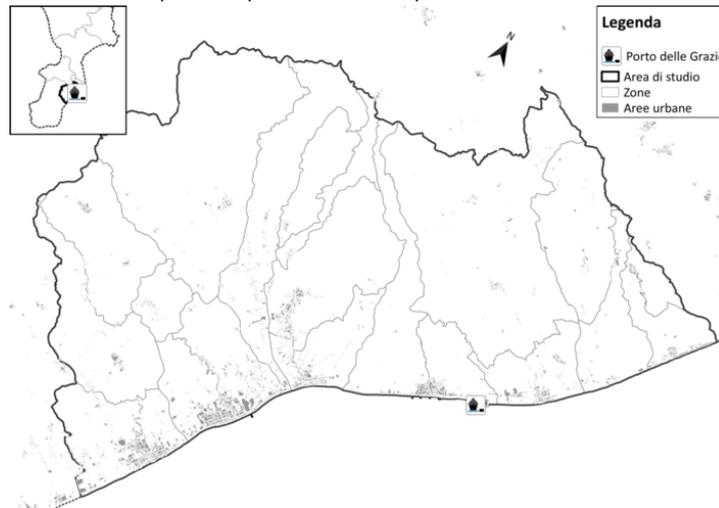


Fig. 4 - Area di studio e zonizzazione
(Fonte: Propria elaborazione)

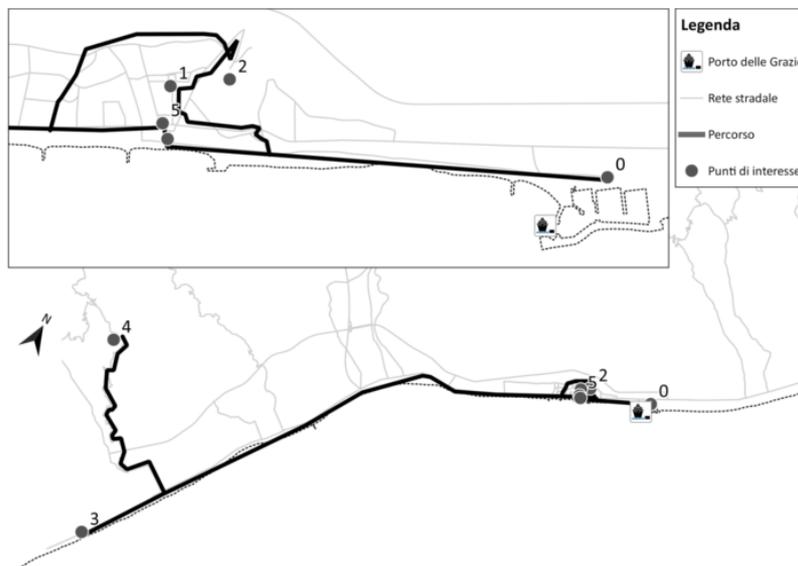


Fig. 5 - Metodologia di progettazione dei servizi di mobilità: rotte dei veicoli elettrici
(Fonte: Propria elaborazione)

L'abaco della figura (vedi Fig. 6) illustra il fabbisogno energetico giornaliero, in relazione alle diverse combinazioni di veicoli passeggeri (autoveicoli) e merci (furgoni) utilizzati per fornire i servizi progettati. L'abaco rappresenta uno dei risultati ottenuti durante la seconda fase della sperimentazione.

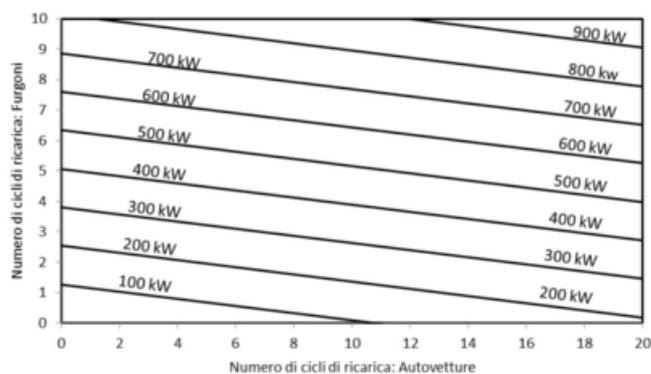


Fig. 6 - Fabbisogno energetico giornaliero in relazione al numero di veicoli/cicli di ricarica
[Fonte: Elaborata da [32]]

6. Risultati /Conclusioni

L'articolo illustra i principali risultati delle attività del progetto di ricerca GRE.ENE.LOG.. Una specifica attività ha riguardato l'analisi e la progettazione di servizi per la mobilità di persone e merci mediante veicoli elettrici in prossimità di un'area portuale.

Le attività di progetto hanno consentito di mettere a punto una metodologia per la valutazione ex-ante dei potenziali effetti prodotti dall'implementazione di servizi di trasporto passeggeri e merci, erogati con veicoli elettrici. Il contesto reale della sperimentazione è il "Porto delle Grazie" nel comune di Roccella Jonica. Durante il progetto sono stati effettuati rilievi concernenti la mobilità di persone e merci nell'area di studio. Le informazioni raccolte hanno avuto una doppia valenza: la calibrazione dei modelli del sistema dei trasporti (analisi *before*); la verifica delle capacità dei modelli di riprodurre la realtà (analisi *after*). Gli strumenti messi a punto costituiscono prototipi da sviluppare e rendere operativi in un eventuale follow-up del progetto di ricerca.

I risultati della ricerca mostrano possibili ed interessanti scenari di sviluppo. È necessario approfondire il tema della gestione integrata dell'energia e dei servizi di mobilità, individuando l'allocazione ottimale dell'energia per le diverse esigenze del porto, svolgendo anche un'analoga ed integrata analisi di tipo *before-after*.

È inoltre necessario integrare l'energia rinnovabile derivante dalle onde di mare con altre forme di energia rinnovabile, soprattutto nei periodi in cui le quantità prodotte dal moto ondoso sono ridotte. È infine necessario esplorare la propensione degli utenti (persone e operatori della logistica) ad utilizzare servizi di mobilità condivisa operati con mezzi elettrici.

Acknowledgement

Questa ricerca è parzialmente supportata dal progetto GRE.ENE.LOG., finanziato dalla Regione Calabria attraverso il POR CALABRIA FESR - FSE 2014 - 2020, Prog. 2894, Prot. SIAR 52115, data 17/02/2017.

Bibliografia

- [1] Boccotti P., *On a new wave energy absorber*. In: Ocean Engineering, n. 30(9), pp. 1191 - 1200, 2003
- [2] Boccotti P., *Comparison between a U-OWC and a conventional OWC*. In: Ocean Engineering, n. 34(5-6), pp. 799 - 805, 2007
- [3] Arena F., Romolo A., Malara G., Ascanelli A., *On design and building of a U-OWC wave energy converter in the Mediterranean Sea: a case study*. In: 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2013Nantes, France, 2013
- [4] Arena F., Malara G., Musolino G., Rindone C., Romolo A., Vitetta A., *From green-energy to green-logistics: A pilot study in an Italian port area*. In: Transportation Research Procedia 30, pp. 111 - 118, 2018
- [5] Boccotti P., *Wave Mechanics and Wave Loads on Marine Structures*. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2014
- [6] Russo F., Rindone C., Panuccio P., *European plans for the smart city: from theories and rules to logistics test case*. In: European Planning Studies, n. 24(9), pp. 1709 - 1726, 2016
- [7] Croce A.I., Musolino G., Rindone C., Vitetta A., *Sustainable mobility and energy resources: A quantitative assessment of transport services with electrical vehicles*. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, n. 113, 2019
- [8] Russo F., Musolino G., Trecozzi M.R., *A system of models for the assessment of an urban distribution center in a city logistic plan*. In: WIT Transactions on the Built Environment, n. 130, pp. 799 - 810, 2013
- [9] Sopha B.M., Sri Asih A.M., Pradana F.D., Gunawan H.E., Karuniawati Y., *Urban distribution center location: Combination of spatial analysis and multi-objective mixed integer linear programming*. In: International Journal of Engineering Business Management, n.8, pp. 1 - 10, 2016
- [10] Zak J., Weglinski S., *Selection of the Logistics Center Location Based on MCDM. A Methodology*. In: Transportation Research Procedia, n. 3, pp. 555 - 564, 2014
- [11] Laporte G., *Fifty years of vehicle routing*. In: Transportation Science, n. 43(4), pp. 408 - 416, 2009
- [12] Dalla Chiara B., Pellicelli M., *Sustainable road transport from the energy and modern society points of view: Perspectives for the automotive industry and production*. In: Journal of Cleaner Production, n. 133, pp. 1283 - 1301, 2016

- [13] Ando N., Taniguchi E., *Travel time reliability in vehicle routing and scheduling with time windows*. In: Networks and Spatial Economics, n. 6, pp. 293 - 311, 2006
- [14] Haghani A., Jung S., *A dynamic vehicle routing problem with time-dependent travel times*. In: Computers & Operations Research, n. 32, pp. 2959 - 2986, 2005
- [15] Nuzzolo A., Comi A., Ibeas A., Moura J.L., *Urban Freight Transport and City Logistics Policies: Indications from Rome, Barcelona and Santander*. In: International Journal of Sustainable Transportation, n.10 (6), 2016
- [16] Comi A., Buttarazzi B., Schiraldi M., *Smart urban freight transport: tools for planning and optimising delivery operations*. In: Simulation Modelling Practice and Theory, n. 88, 2018
- [17] Russo F., Comi A., *From city logistics theories to city logistics planning. City Logistics 3 - towards sustainability and liveable cities*. Taniguchi E., Thompson, R.G. (eds): ISTE Ltd 2018, John Wiley and sons, London, UK, pp. 329 - 348, 2018
- [18] Polimeni A., Vitetta A., *Optimising Waiting at Nodes in Time-Dependent Networks: Cost Functions and Applications*. In: Journal of Optimization Theory and Applications, vol. 156, Issue 3, pp. 805 - 818, 2013
- [19] Polimeni A., Vitetta A., *Vehicle routing in urban areas: An optimal approach with cost function calibration*. In: Transportmetrica B, vol. 2, Issue 1, pp. 1 - 19, 2014
- [20] Lin J., Zhou W., Wolfson O., *Electric Vehicle Routing Problem*. In: Transportation Research Procedia, n. 12, pp. 508 - 521, 2014
- [21] Hiermann G., Puchinger J., Ropke S., Hartl R.F., *The Electric Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows and Recharging Stations*. In: European Journal of Operational Research, n. 252(3), pp. 995 - 1018, 2016
- [22] Keskin M., Çatay B., *Partial recharge strategies for the electric vehicle routing problem with time windows*. In: Transportation Research Part C: Emerging Technologies, n. 65, pp. 111 - 127, 2016
- [23] Alonso B., Ibeas Á., Musolino G., Rindone C., Vitetta A., *Network Fundamental Diagram (NFD) and Traffic signal control: first empirical evidences from the city of Santander*. In: Transportation Research Procedia, n. 27, pp. 27 - 34, 2017
- [24] Alonso B., Ibeas Á., Musolino G., Rindone C., Vitetta A., *Effects of traffic control regulation on Network Macroscopic Fundamental Diagram: A statistical analysis of real data*. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 126, pp. 136 - 151, 2019
- [25] Musolino G., Polimeni A., Vitetta A., *Freight vehicle routing with reliable link travel times: a method based on network fundamental diagram*. In: Transportation Letters, n. 10(3), pp. 159 - 171, 2018
- [26] Awasthi A., Chauhan S.S., Goyal S.K., *A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty*. In: Mathematical and Computer Modelling, n. 53(1-2), pp. 98 - 109, 2011
- [27] Musolino G., Rindone C., Vitetta A., *Evaluation in Transport Planning: A Comparison between Data Envelopment Analysis and Multi Criteria Decision Making Methods*. In: ESM'2017, The European Simulation and Modelling Conference 2017, (Eds.) P.J.S. Gonçalves. October 25 - 27, 2017, Lisbon, Portugal. EURO-SIS-ETI, pp. 238 - 243, 2017
- [28] Musolino G., Polimeni A., Rindone C., Vitetta A., *Planning urban distribution center location with variable restocking demand scenarios: general methodology and testing in a medium-size town*. In: Transport policy, n. 80, pp. 157 - 166, 2018
- [29] Ben-Akiva M., Lerman S.R., *Discrete choice analysis. Theory and application to travel demand*. MIT Press, 1984
- [30] Ortuzar J., Willumsen L.G., *Modelling Transport*. Wiley, Chichester, 2001
- [31] Cascetta E., *Transportation Systems Analysis. Models and Applications*. Springer-Verlag, 2009
- [32] Musolino G., Rindone C., Vitetta A., *Passengers and freight mobility with electric vehicles: A methodology to plan green transport and logistic services near port area*. In: Transportation Research Procedia, n. 37, pp. 393 - 400, 2019
- [33] Croce A.I., Musolino G., Rindone C., Vitetta A., *Transport system models and big data: zoning and graph building with traditional surveys, FCD and GIS*. In: ISPRS International Journal of Geo-Information, n. 8(4), p. 187, 2019
- [34] Croce A.I., Musolino G., Rindone C., Vitetta A., *From GREen ENERgy to green LOGistic: A joint analysis of energy, accessibility and mobility*. In: Adv. Model. An. A., n. 55, pp. 121 - 127, 2018

