



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PIANO ENERGETICO AMBIENTALE DELLA REGIONE SARDEGNA

2015-2030

TERZO RAPPORTO DI MONITORAGGIO

Attività 3.4.3: Focus sull'uso dell'energia nei trasporti



UNIONE EUROPEA



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Dicembre 2022

Gruppo di lavoro

Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato dell'Industria

Ing. Alessandro Naitana – Direttore Generale

Servizio Energia ed Economia Verde

Dott. Alberto Cherchi - Direttore del Servizio

Ing. Maria Francesca Muru/Ing. Gian Nicola Saba - Resp. Settore Pianificazione e Programmazione Energetica

Ing. Michele Antinori - Responsabile del Settore Infrastrutture Energetiche

Dott.ssa Elisa Mattiello - Responsabile del Settore Politiche per l'Energia

Dott.ssa Francesca Contu

Ing. Silvia Murgia

Dott.ssa Marta Putzu

Redazione del Rapporto di monitoraggio



TerrAria s.r.l.

TerrAria s.r.l.

Via Melchiorre Gioia, 132 20125 Milano

Via Nuoro, 43, 09125 Cagliari

Tel: +39 02/87085650 - Fax: +39 02/87369062

E-mail: info@terraria.com

Capo Progetto: Giuseppe Maffeis

Responsabile della segreteria Tecnica: Rosella Manconi

Esperto tecnico in materia di energia ambiente: Luisa Geronimi

Esperto Legale: Giovanna Landi

Supporto operativo per il Report di monitoraggio: Igor Galbiati

Supporto operativo per la definizione del Burden Sharing e del Bilancio energetico regionale: Giorgio Fedeli



Poliedra - Centro di servizio e consulenza del Politecnico di Milano su pianificazione ambientale e territoriale

Via G. Colombo 40, 20133 Milano (Italia)

Tel: +39 02/23992900 - Fax: +39 02/23992911

E-mail: poliedra@polimi.it

Esperto tecnico in materia di energia ambiente: Elena Girola

Esperti in comunicazione: Carmina Conte, Irene Vegetti

Supporto operativo per il Report di monitoraggio: Pietro Comoretto, Valeria Penso, Silvia Pezzoli

Indice

1	Usò dell'energia nei trasporti.....	4
1.1	Inquadramento del settore dei trasporti in Sardegna.....	4
1.2	Energia elettrica, gas naturale e idrogeno: le potenzialità di sviluppo nel settore dei trasporti	10
1.3	Mobilità elettrica	12
1.3.1	Contesto normativo e obiettivi del PEARS	13
1.3.2	Stato di attuazione	17
1.3.3	Scenari e strumenti per la diffusione della mobilità elettrica	21
1.4	Trasporto alimentato a gas naturale	31
1.4.1	Contesto di riferimento e obiettivi del PEARS	31
1.4.2	Stato di attuazione	33
1.4.3	Scenari e strumenti per la diffusione del GNL nei trasporti	34
1.5	Trasporto alimentato a idrogeno	40
1.5.1	Contesto di riferimento e obiettivi del PEARS	40
1.5.2	Prime stime di potenzialità di sfruttamento del surplus di energia rinnovabile	42
1.5.3	Le caratteristiche dell'uso dell'idrogeno nei trasporti	47

1 Uso dell'energia nei trasporti

1.1 Inquadramento del settore dei trasporti in Sardegna

In Sardegna, il **Piano Regionale dei Trasporti** (PRT), approvato con D.G.R. n. 66/23 del 27/11/2008 e attualmente in corso di revisione, costituisce lo strumento per lo sviluppo integrato dei trasporti in Sardegna ed è finalizzato alla realizzazione, attraverso la pianificazione di interventi di natura infrastrutturale, gestionale e istituzionale, delle ottimali condizioni di continuità territoriale. Gli interventi sul sistema dei trasporti previsti nel PRT della Regione Sardegna si pongono i seguenti obiettivi:

- garantire elevati livelli di accessibilità per le persone e per le merci che intendono spostarsi sulle relazioni sia interregionali (Sardegna/Continente) che intraregionali (all'interno della Sardegna) al fine di conseguire ricadute anche di natura economica (migliorare la competitività delle imprese), territoriale (attrattività insediativa, riequilibrio verso l'interno, integrazione aree interne e versante costiero) e sociale (coesione, superamento dell'isolamento geografico dovuto all'insularità e dello spopolamento delle aree interne);
- rendere più accessibile il sistema a tutte le categorie fisiche e sociali, ed in particolare alle fasce più deboli e marginali in qualsiasi parte del territorio siano localizzate;
- assicurare elevata affidabilità e sicurezza al sistema;
- assicurare lo sviluppo sostenibile del trasporto riducendo il consumo energetico, le emissioni inquinanti, gli impatti sul territorio specie in quei contesti di particolare pregio paesistico ed ambientale e storico architettonico (aree costiere e aree montane interne), in coerenza con il Piano energetico ambientale regionale. La caratterizzazione paesistico/ambientale della Sardegna deve riconoscersi anche nella capacità di coniugare sviluppo (nuovi interventi, cultura del progetto sostenibile) con salvaguardia e valorizzazione ambientale come previsto nel Piano Paesaggistico Regionale e nel Piano Regionale del Turistico Sostenibile;
- contribuire a governare le trasformazioni volute dai piani economico-sociali e di riassetto territoriale intervenendo, in combinazione con altre iniziative, per garantire l'unitarietà funzionale tra fenomeni di migrazione insediativa (spopolamento aree interne – deurbanizzazione delle due concentrazioni urbane di Cagliari e Sassari verso aree esterne economicamente e ambientalmente più appetibili) e modelli mediativi a bassa densità e diffusi su ampi territori.

Per quanto riguarda le merci, è stato elaborato uno studio per la "Realizzazione di indagini finalizzate all'analisi economico territoriale e all'**analisi della domanda di trasporto merci in Sardegna**", che ha consentito di analizzare la geografia del sistema produttivo sardo e le dinamiche di mobilità delle merci. Lo studio, utilizzando valutazioni economiche che tengono conto anche dei costi esterni di trasporto, assume un ruolo fondamentale per l'individuazione degli interventi prioritari nel trasporto merci. Inoltre, la realizzazione delle indagini è propedeutica all'elaborazione del **Piano regionale delle Merci** che è in fase di predisposizione da parte della struttura tecnica dell'Assessorato dei Trasporti.

Il settore dei trasporti è rilevante dal punto di vista energetico e si pone l'obiettivo di ottemperare agli obiettivi previsti nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)¹. In particolare, il PNIEC attualmente approvato prevede che nel nostro Paese, entro il 2030, le energie rinnovabili coprano il 30% dei Consumi Finali Lordi, il 22% dei consumi Finali Lordi di energia nei trasporti e indicativamente +1,3% annuo dei Consumi Finali Lordi per riscaldamento e raffrescamento. Tale obiettivo dovrà essere conseguito secondo la logica del **burden sharing** (letteralmente, suddivisione degli oneri), ovvero ripartito tra le Regioni e le

¹ <https://www.mise.gov.it/index.php/it/notizie-stampa/pniec2030>

Province autonome italiane in ragione delle rispettive potenzialità energetiche, sociali ed economiche. Per informazioni di dettaglio si rimanda al Capitolo 5 del Report di monitoraggio del PEARS.

All'interno del *Documento di indirizzo per migliorare l'efficienza energetica in Sardegna 2013-2020*, documento stralcio del PEARS (approvato con D.G.R. n. 49/31 del 26/11/2013), è riconosciuta, quale compito della Regione, l'individuazione di azioni di risparmio ed efficientamento da perseguirsi tramite l'adozione di **sistemi alternativi di trasporto più sostenibili**.

Il **Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)** nella missione 3 prevede interventi dedicate al settore dei trasporti, in particolare alla settore ferroviario, con lo stanziamento di 24,77 miliardi di Euro, e sulla intermodalità e logistica integrata, con lo stanziamento di 0,63 miliardi di Euro. Inoltre, nell'ambito della missione 2 dedicata alla rivoluzione verde e transizione ecologica è previsto un pacchetto di misure dedicate all'energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile per 23,78 miliardi di Euro.

I dati pubblicati da Automobile Club d'Italia (ACI) permettono di dettagliare la composizione del settore dei **trasporti terrestri su gomma** in Sardegna, sia dal punto di vista dei mezzi di trasporto utilizzati che dei combustibili, con valori aggiornati all'anno 2021.

La figura seguente riporta la ripartizione dell'intero **parco veicoli** della Regione in cinque categorie. Tra di esse emerge l'utilizzo di **autovetture**, le quali rappresentano circa i tre quarti del parco complessivo, per un totale di 1.089.897 veicoli. A seguire vi sono **autocarri e motrici**, in larga parte destinati al trasporto merci, che rappresentano l'12% del totale (171.332 veicoli). Risultano piuttosto diffusi anche i motocicli costituenti il 9,4% mentre una piccola quota riguarda motocarri e altri veicoli (2,1%). Infine, il numero di **autobus** circolanti rappresenta solo lo 0,2% del parco veicoli totale, corrispondente a 3.512 mezzi; la maggior parte di essi, circa il 43,8%, si concentra nella provincia di Cagliari.

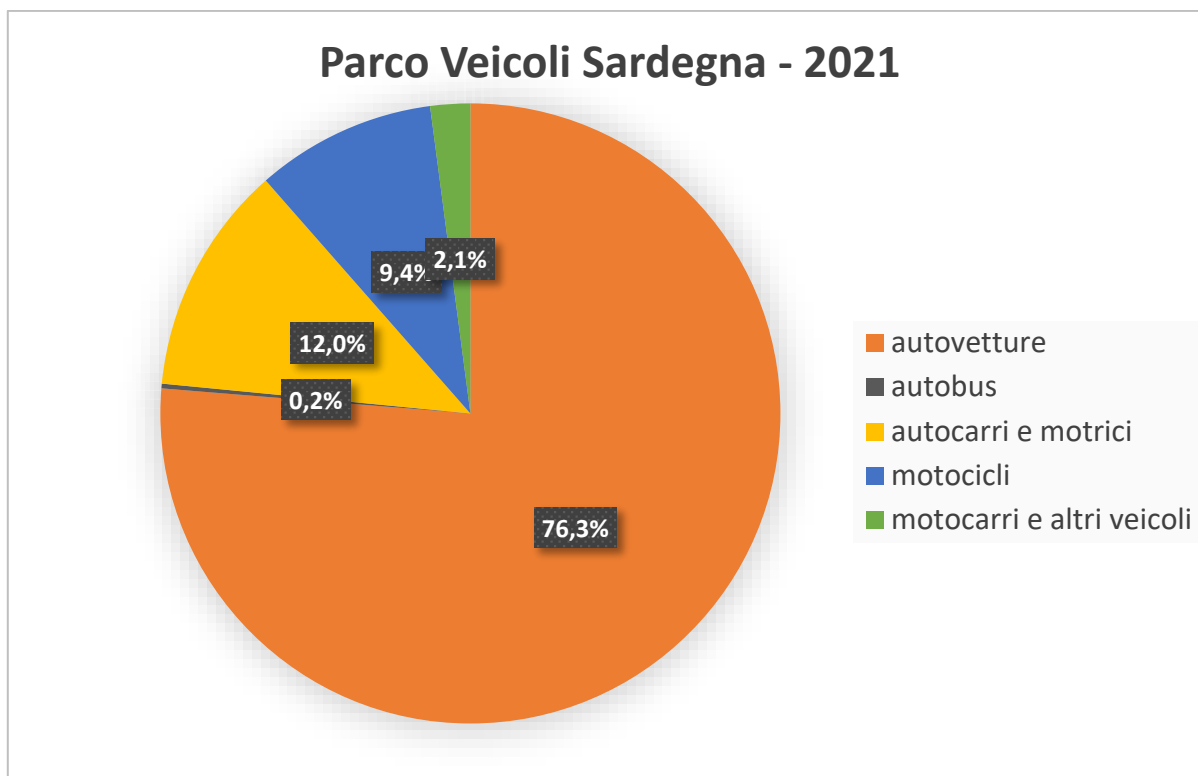


Figura 1 - Composizione del parco veicoli complessivo della Sardegna nel 2021 (Fonte: elaborazione degli autori su dati ACI)

Prendendo un sottogruppo delle categorie riportate: **autovetture, autocarri e autobus**, ovvero i mezzi di trasporto che possono risultare di maggiore interesse nelle politiche di sviluppo del settore, si riportano anche gli andamenti temporali in termini di consistenza dei veicoli nel periodo 2000 – 2021. Seppur trattandosi di categorie con numerosità nettamente differente tra loro, come osservato nella ripartizione percentuale, per tutte e tre si evince un continuo incremento del parco veicolare, a indicare un aumento della necessità di spostamento nel territorio che riguarda sia il trasporto privato, sia quello delle merci oltre che del trasporto collettivo. Con maggiore dettaglio risulta che, dato come riferimento l'anno 2000, al 2021 le autovetture sono cresciute del 30%, gli autobus del 24% mentre gli autocarri sono cresciuti del 92%.

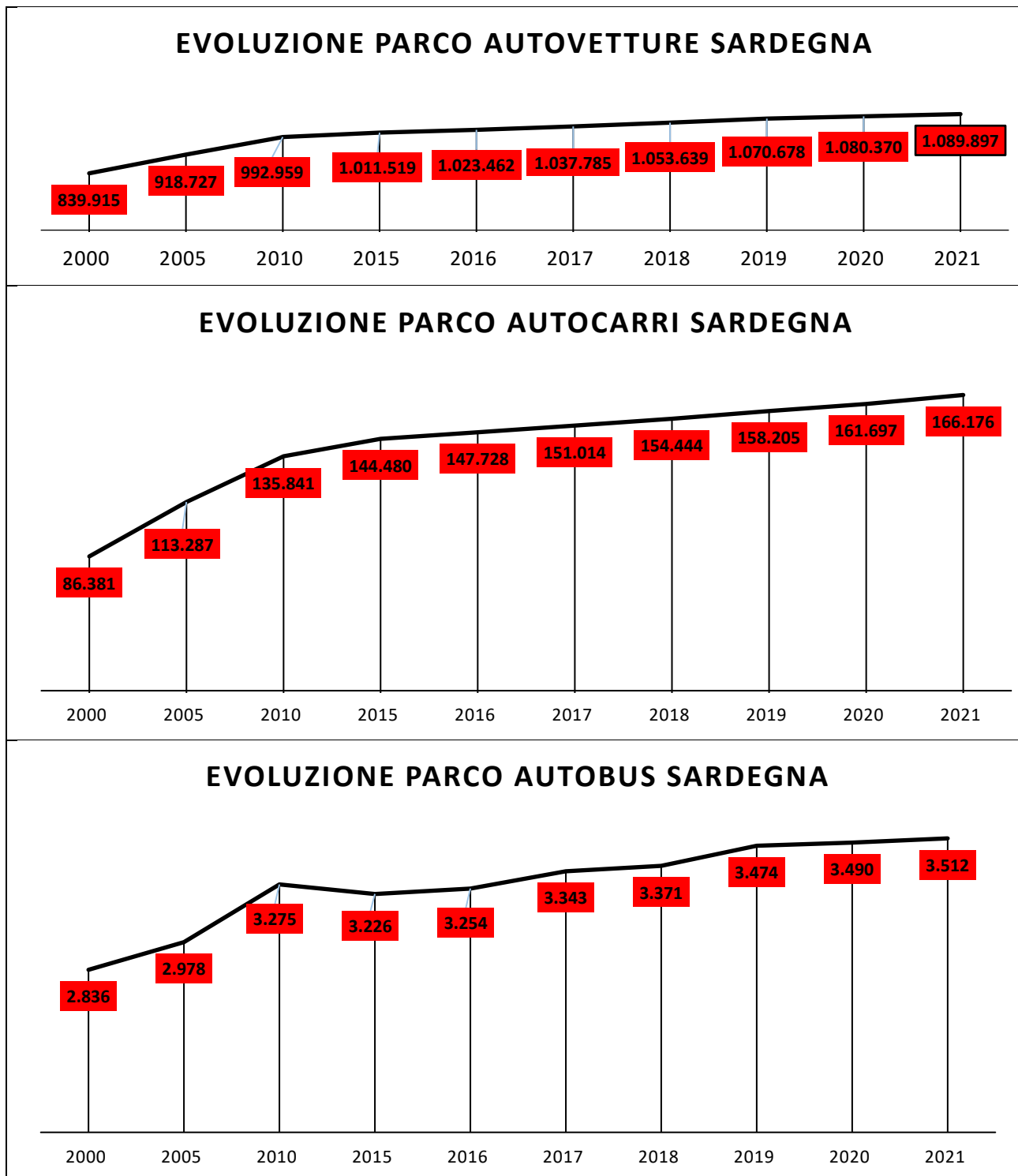


Figura 2 - Evoluzione del parco veicoli dal 2000 al 2021 in Sardegna (Fonte: elaborazione degli autori su dati ACI)

Rispetto ai circa 166.000 **autocarri** circolanti, quasi la totalità di essi, ovvero l'86,7%, è destinato al trasporto delle **merci** e, tra questo sottogruppo (circa 144.000 autocarri), il 94,6% utilizza come carburante il gasolio (vedi figura seguente). Il restante 5,4% utilizza principalmente benzina e, in quote esigue GPL, metano e energia elettrica.

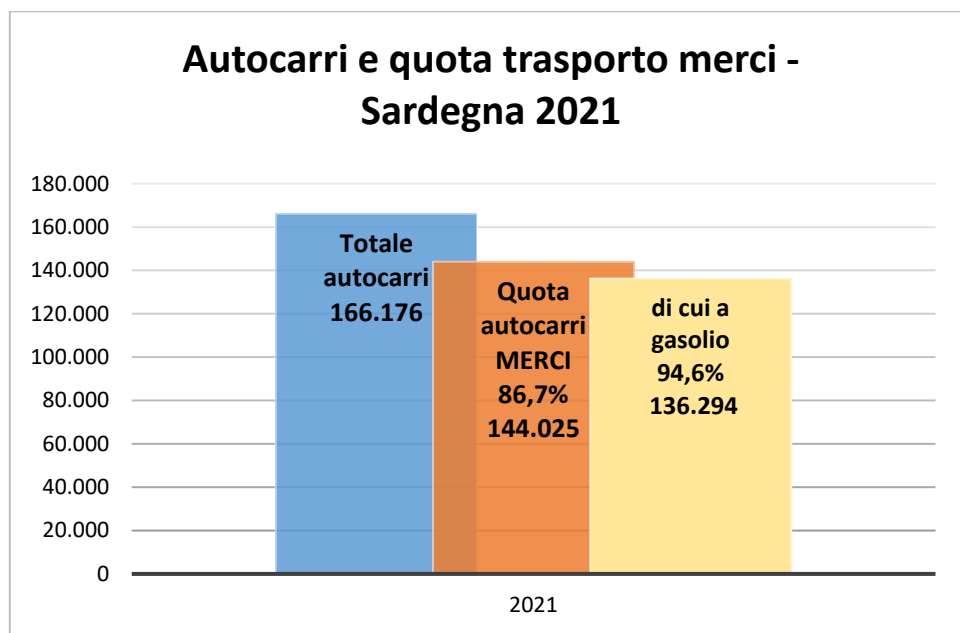


Figura 3 - Autocarri circolanti, di cui quelli destinati a merci e di cui alimentati a gasolio nel 2021 (Fonte: elaborazione degli autori su dati ACI)

Per quanto riguarda la consistenza degli **autobus** presenti sul territorio e pari a 3.490 nel 2020, è necessario precisare che di essi, solo una quota parte di poco superiore alla metà, ovvero circa il 55%, è destinato al trasporto pubblico, mentre la restante fetta riguarda principalmente servizi a noleggio (28,7%) e autobus privati (15,6%).

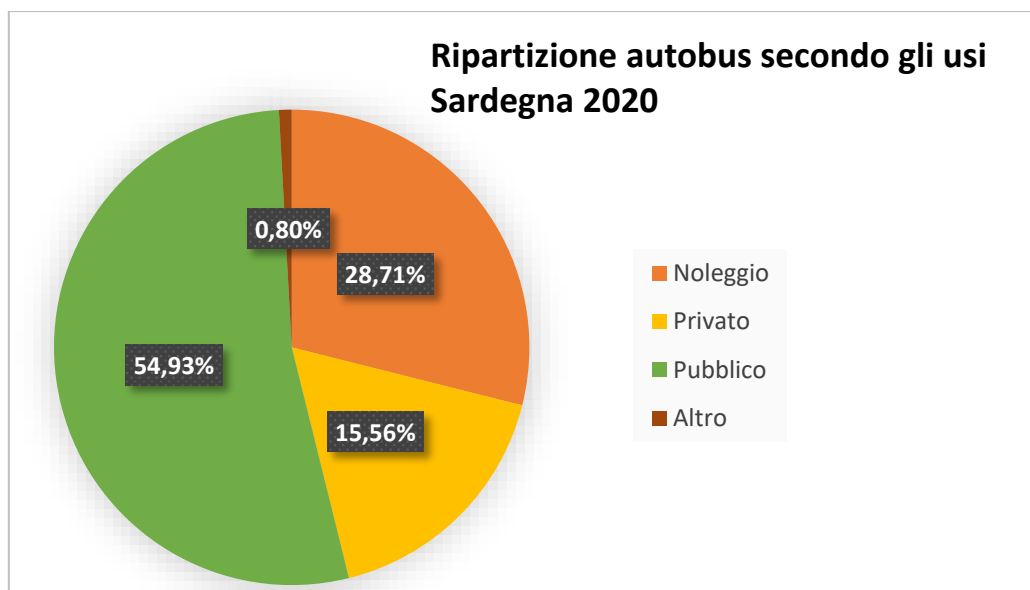
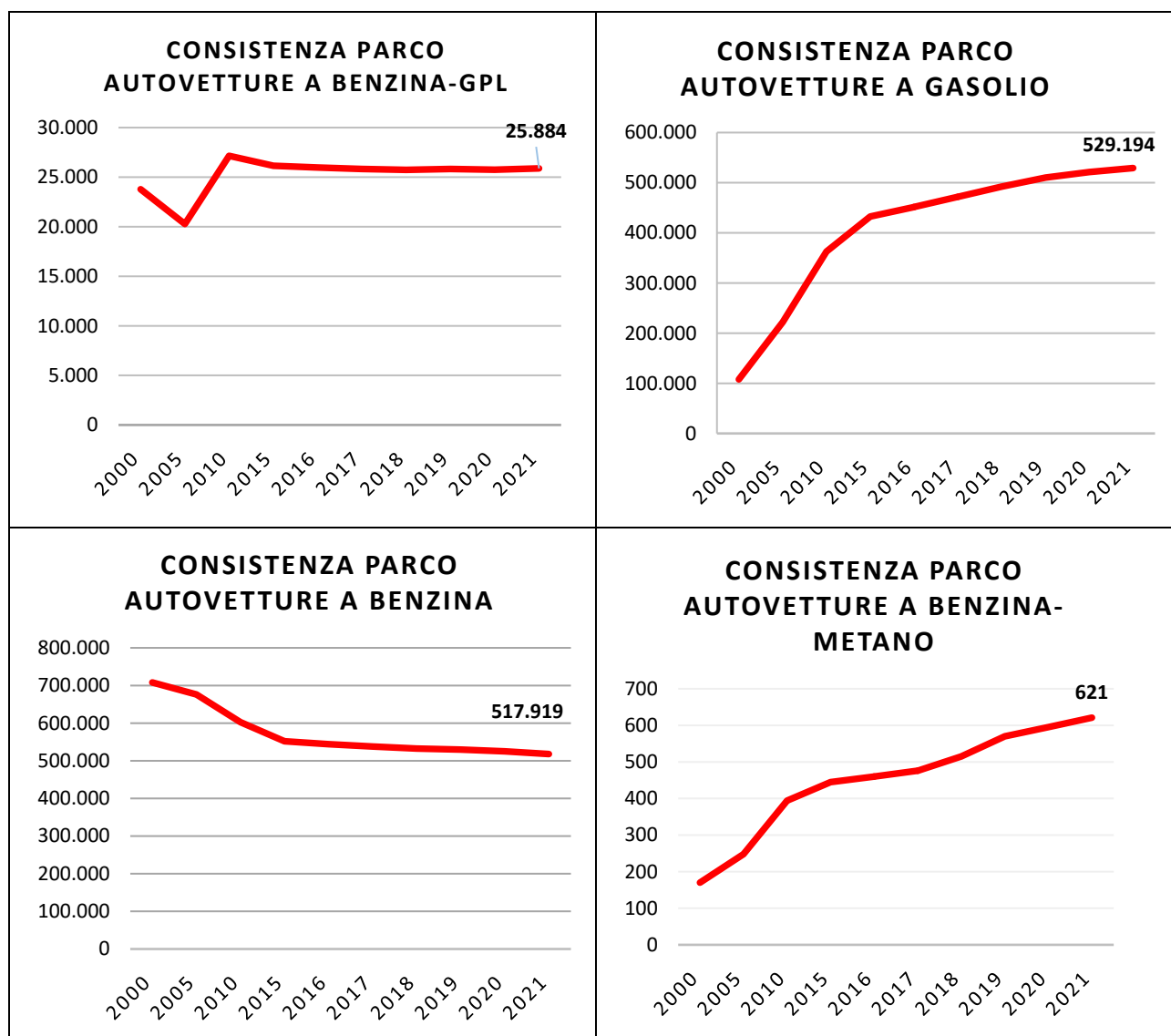


Figura 4 - Ripartizione degli autobus per uso nel 2020 (Fonte: elaborazione degli autori su dati ACI)

Il trasporto tramite **autovetture**, che rappresentano la maggior parte del parco veicoli è, come già osservato, aumentato durante gli anni ma allo stesso tempo è variato notevolmente anche il mix dei vettori energetici utilizzati come carburanti. A riprova di ciò si possono osservare le seguenti figure in cui è presente l'evoluzione del parco autovetture nel periodo 2000 – 2021 che utilizzano benzina, gasolio, GPL, metano e altre alimentazioni. Dalla scala numerica si evince come benzina e gasolio siano sicuramente i due carburanti più diffusi, con andamenti però opposti: le autovetture a benzina sono diminuite del 27%, le auto a gasolio sono 4,9 volte maggiori. Le autovetture a GPL presentano piccole variazioni ma si attestano attorno ai 26.000 veicoli mentre le auto a metano sono in aumento anche se con una percentuale sul totale molto bassa (0,06% nel 2021). Infine, di interesse è anche l'ultima categoria (altre alimentazioni) che vede un'impennata, seppur relativa in valore assoluto, a partire dal poiché da quell'anno sono incluse anche le autovetture **elettriche e ibride** benzina/gasolio. Dal 2015 al 2021 le autovetture ricadenti in "altre alimentazioni" sono aumentate di 19,5 volte arrivando a rappresentare l'1,5% dei veicoli in circolazione.



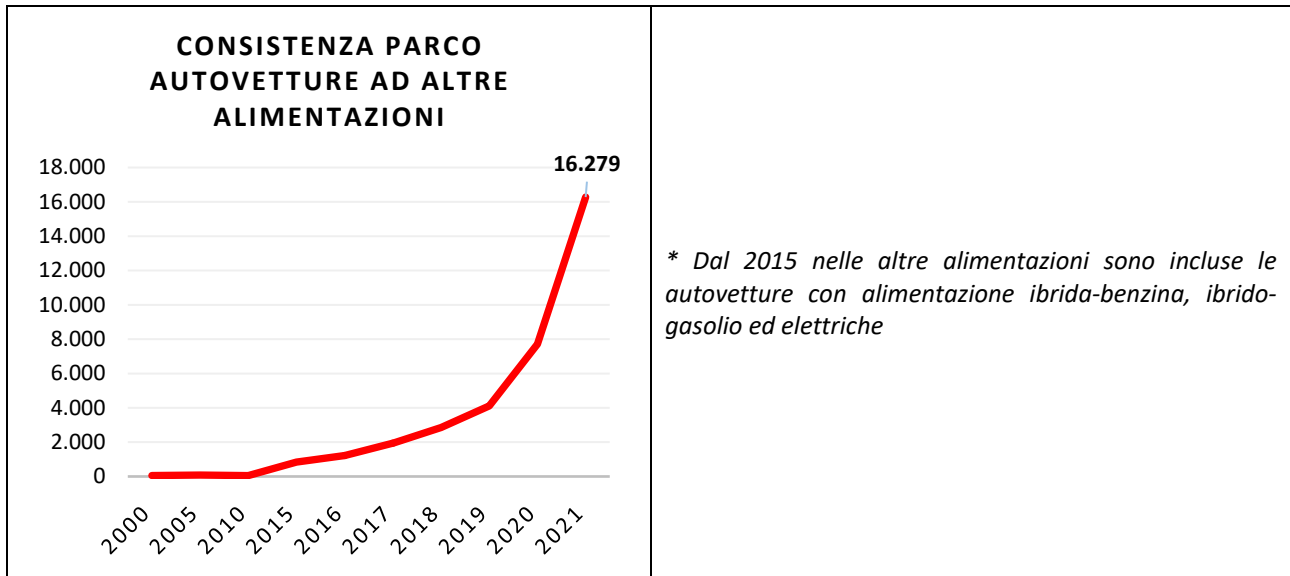


Figura 5 - Evoluzione del parco autovetture dal 2000 al 2021 in Sardegna per alimentazione (Fonte: elaborazione degli autori su dati ACI)

L'insieme delle fonti di alimentazione utilizzate dalle autovetture al 2021 è riportata nella figura seguente, ove è presente anche la ripartizione tra auto elettriche e ibride. L'ibrido benzina risulta il più diffuso con circa 13.550 veicoli, mentre sono circa 1.650 le auto 100% elettriche e 1.034 le ibride a gasolio.

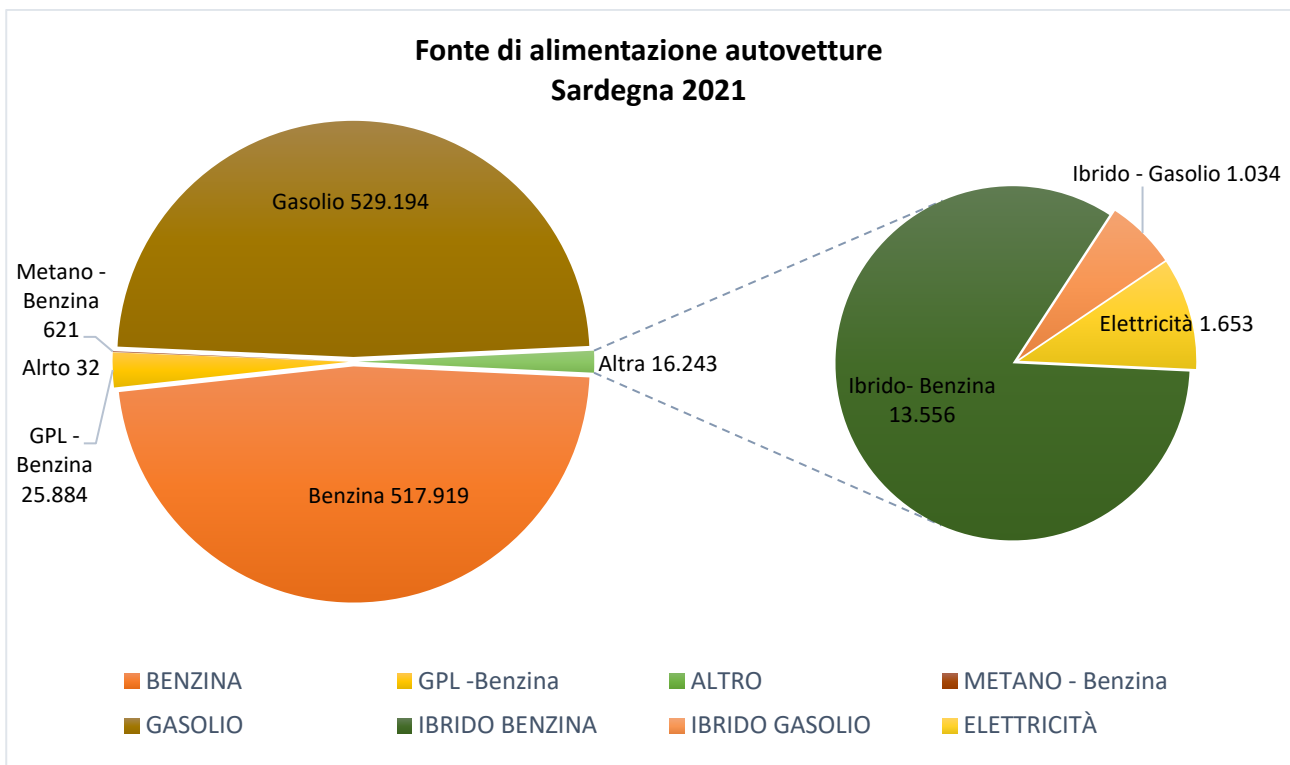


Figura 6 - Suddivisione del parco autovetture per alimentazione in Sardegna nel 2021 (Fonte: elaborazione degli autori su dati ACI)

1.2 Energia elettrica, gas naturale e idrogeno: le potenzialità di sviluppo nel settore dei trasporti

Per comprendere e studiare le potenzialità di sviluppo del settore dei trasporti in Sardegna, si pone, come punto di partenza della seguente analisi, il quadro delle Azioni che il PEARS stesso prevede (cfr. paragrafo 3.2.3), da analizzare in un'ottica globale e congiuntamente alle caratteristiche proprie del territorio sardo, in particolare del suo sistema energetico. Di seguito si presenta una ricognizione schematica delle **Azioni del Piano** specificatamente indirizzate al **settore dei trasporti**. In particolare, si è messo in evidenza l'interesse, espresso in termini di numero di azioni, verso la **mobilità elettrica** e verso l'utilizzo del **GNL (Gas Naturale Liquefatto)**, mantenendo la ripartizione in *Azioni Strategiche e Azioni Attuative di breve periodo*, che dà idea anche di una indicazione temporale dello sviluppo di tale azioni.

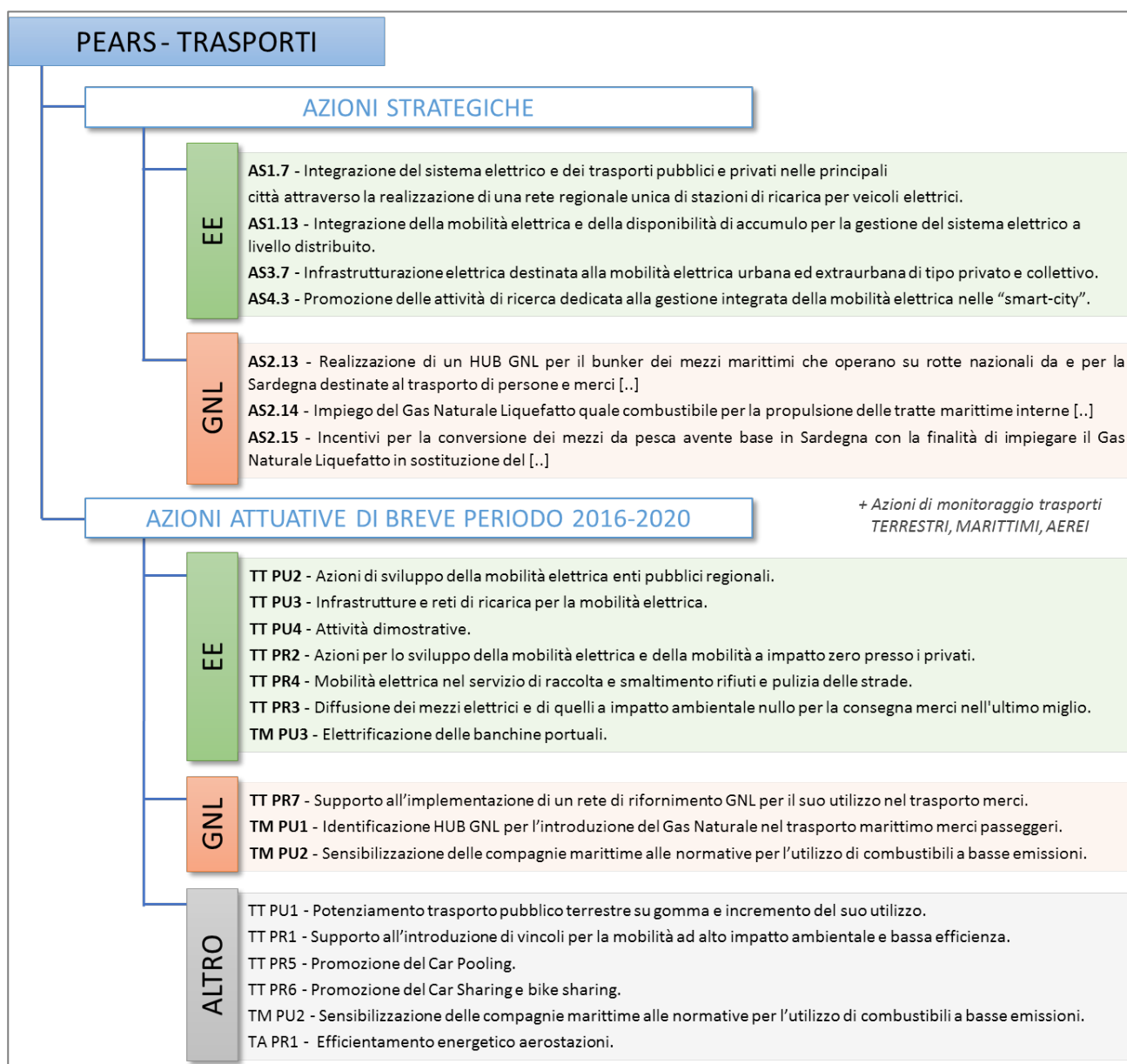


Figura 7 - Le azioni previste dal PEARS inerenti al tema della mobilità e trasporti (Fonte: elaborazione degli autori)

Tali informazioni sono restituite inoltre in maniera sintetica come rappresentato nei grafici sottostanti, dai quali si evince come l'obiettivo primario per la Regione Sardegna sia, nel *breve-medio termine*, lo sviluppo

della **mobilità elettrica**, che interessa sia il trasporto terrestre su gomma (privato, TPL e merci) sia marittimo, ma si pongono le basi anche per l'implementazione di una **rete di rifornimento GNL** per il trasporto merci e a servizio della navigazione. Dalle azioni strategiche risultano invece pressoché equivalenti le attività dedicate ai due vettori energetici, ad indicare una strategia che vuole consolidare nel tempo entrambi gli strumenti. Si evidenzia inoltre che vi sono diverse altre azioni previste dal PEARS che comunque, in maniera indiretta, possono favorire un'evoluzione del settore trasporti (come può essere la metanizzazione nel settore domestico o la realizzazione di smart city, smart grid e sistemi di accumulo dell'energia).

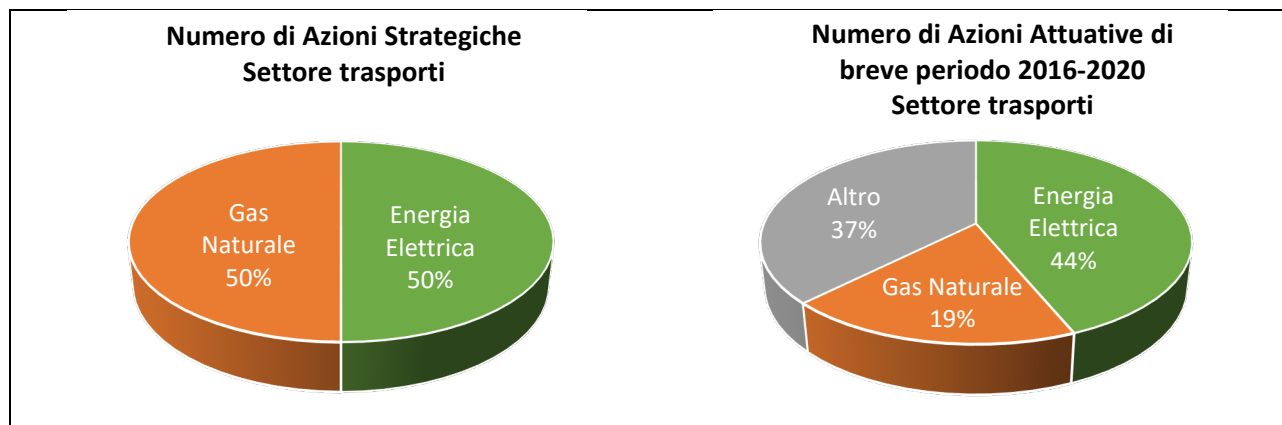


Figura 8 - Suddivisione per vettore delle azioni previste dal PEARS inerenti il tema della mobilità e trasporti (Fonte: elaborazione degli autori)

In coerenza con gli obiettivi regionali di diversificazione dei trasporti e sulla base delle tecnologie ad oggi oggetto di studio, si introduce un'ulteriore possibilità per il settore della mobilità sostenibile in Sardegna: lo sfruttamento del **surplus** di energia prodotta da fonti energetiche rinnovabili non programmabili, con la possibilità di produrre e stoccare **idrogeno**, da sfruttare quale carburante a emissioni nulle, cogliendo l'opportunità di non perdere (o esportare) tale surplus. Attualmente l'idrogeno è ancora un tema lontano, su cui il PEARS non ha previsto azioni, ma che potrebbe essere di interesse. Si tratta di un obiettivo di lungo periodo che necessita di studi approfonditi, per i quali saranno descritti dei primi elementi in questo documento.

L'insieme delle potenzialità per il settore dei trasporti è descritto nel seguito del documento e schematizzato nella seguente *cognitive map*, ove si individuano i **settori del trasporto** su cui si prevedono sviluppi (di breve e lungo termine), i **vettori energetici** potenzialmente utilizzabili in alternativa ai tradizionali, come benzina e gasolio, e le **relazioni** tra di essi, il tutto nell'ottica di ottenere un sistema più efficiente, diversificato e sostenibile. Prendendo come punto di riferimento le tre fonti energetiche individuate come vettori di innovazione della mobilità sarda (energia elettrica, metano, e idrogeno), si procede a un approfondimento specifico per ognuna di esse, con l'obiettivo di fornire prime informazioni, indicazioni e priorità d'azione utili al loro sviluppo, tenendo presente il loro raggio d'azione oltre che la struttura complessiva del settore trasporti caratteristica della Regione Sardegna. Nel fare ciò si prende in considerazione inoltre che la Regione, come evidenziato all'interno del PEARS, è consapevole delle difficoltà associate alla trasformazione di tale settore, e per questo essa promuove azioni dimostrative e di supporto infrastrutturale rivolte principalmente al **trasporto privato** e al **trasporto pubblico locale terrestre**, ovvero sulle aree di trasporto ove può incidere in maniera più significativa sulla base delle sue competenze. Saranno queste dunque le tipologie di trasporto ove si concentrano maggiormente i focus che seguono.

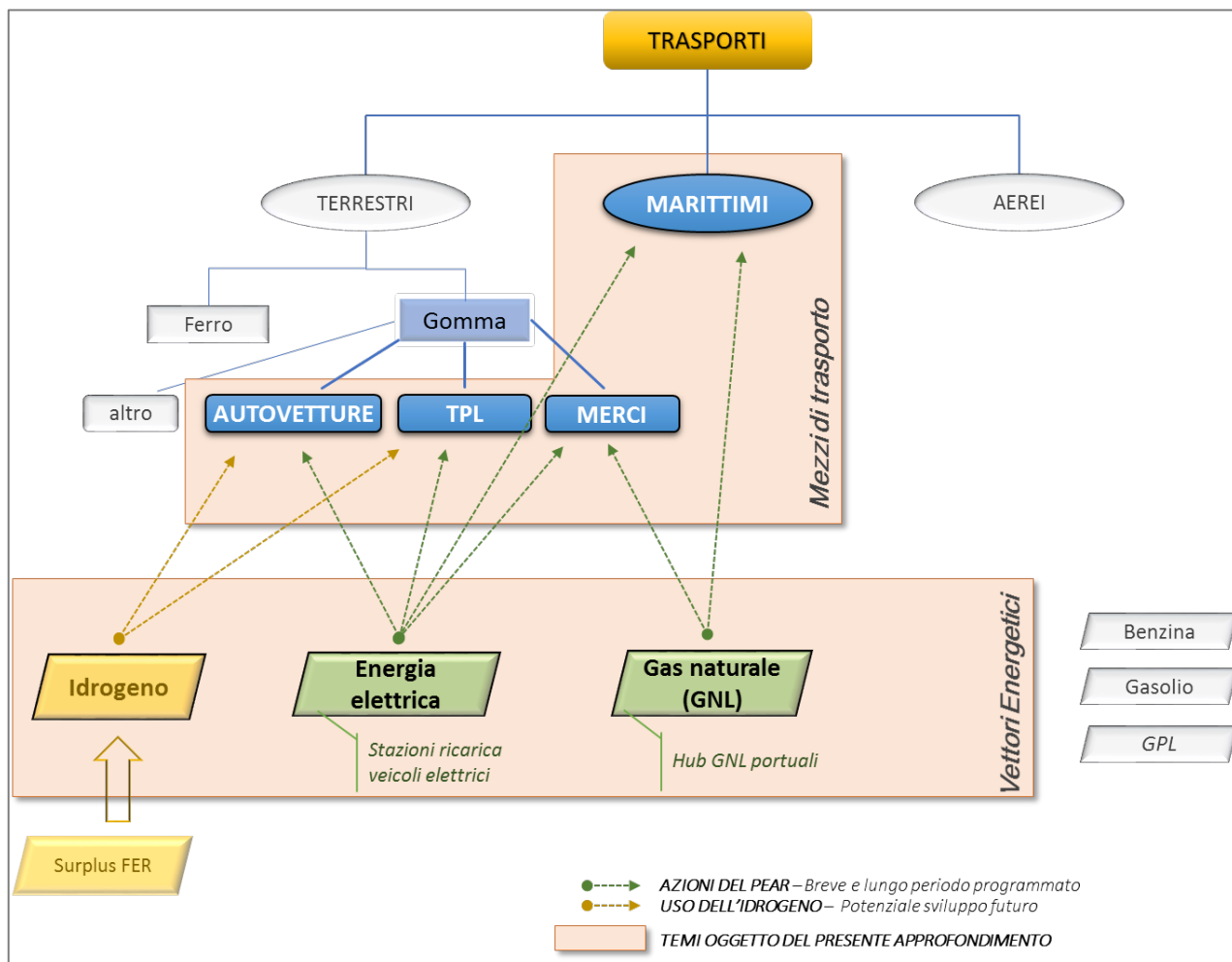


Figura 9 - Individuazione delle relazioni tra le fonti di alimentazione da introdurre/potenziare e i settori di trasporto oggetto di innovazione, determinate sulla base delle azioni del PEARS e delle potenzialità di sfruttamento delle tecnologie a idrogeno (Fonte: elaborazione degli autori)

Prima di procedere a una analisi *vettore per vettore*, si evidenzia che gli obiettivi della Regione Sardegna rispetto al settore dei trasporti sono stati definiti in un’ottica globale tale da poter agire contemporaneamente sia sulla promozione dell’uso dei mezzi pubblici e di mezzi privati a basse emissioni, sia sull’attività di efficientamento energetico già in atto, nonché sulla diversificazione di alimentazione energetica. Infatti, si propone di agire sul sistema distributivo per poter agevolare la realizzazione di una rete di rifornimento veicolare regionale **“multi-fuel”** che renda disponibile e nota la possibilità di rifornimento per le diverse fonti energetiche.

1.3 Mobilità elettrica

Da quanto emerso, tramite l’attuazione del PEARS, la Regione Sardegna si pone un obiettivo che andrà a modificare in maniera sostanziale il sistema della mobilità del territorio, puntando in primis alla diffusione della mobilità elettrica. Si è già evidenziato come la mobilità di tipo elettrico sia un obiettivo che prende attuazione nel breve-medio periodo, per questo risultano diverse le azioni già in atto (prima fra tutte la redazione attualmente in corso del Piano regionale della mobilità elettrica) o programmate. Nel paragrafo seguente si riporta il quadro normativo regionale e si approfondiscono i contenuti e gli obiettivi del PEARS indirizzati alla mobilità elettrica; segue la descrizione dello stato di attuazione del PEARS, sempre con riferimento alle azioni per la mobilità elettrica. Infine, con un’analisi sia sugli aspetti tecnici sia economici e sociali, si intende delineare l’insieme delle opportunità di sviluppo ma anche di elementi critici o limitanti.

1.3.1 Contesto normativo e obiettivi del PEARS

Da diversi anni la mobilità elettrica è oggetto di interesse per la Regione Sardegna. Di seguito si riportano i principali elementi normativi che ne hanno richiamato l'attenzione e che permettono di inquadrare lo stato corrente del sistema.

Nel 2012 la Giunta Regionale ha approvato il *Documento di Indirizzo sulle fonti energetiche rinnovabili* (D.G.R. n.12/21 del 20/03/2012), il quale, individua una serie di strategie per il raggiungimento degli obiettivi nazionali indicati dal *Piano d'Azione Nazionale delle Fonti Energetiche Rinnovabili* (PAN-FER). Tra le suddette strategie di intervento è incluso il settore dei trasporti (Strategia 10) per il quale si individua, tra le linee di attività previste, un **progressivo incremento della quota di mobilità a trazione ibrida o elettrica**. Questo consentirebbe di realizzare sistemi di accumulo distribuito che agevolerebbero l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, **integrando la produzione da FER con la mobilità elettrica** (come indicato nella direttiva 2009/28/CE).

Tramite il già citato documento stralcio del PEARS "*Documento di indirizzo per migliorare l'efficienza energetica in Sardegna 2013-2020*" (D.G.R. n. 49/31 del 26/11/2013), si delineano gli obiettivi relativi alla strategia di risparmio dell'energia primaria al 2020 ("Pacchetto Energia" dell'Unione Europea). Il Documento scaturisce dalla Strategia 8 – Efficienza Energetica e Risparmio – prevista nel *Documento di Indirizzo sulle fonti energetiche rinnovabili* sopra citato, nella convinzione che la sola produzione da fonti rinnovabili non può consentire alla Regione di raggiungere tali obiettivi definitivi. Il Documento è in sintonia con quanto stabilito dalla Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica e, coerentemente con il PAEE 2011, individua un insieme di azioni dettagliate che consentono di conseguire dei risparmi misurabili e rendicontabili nell'ottica di una riduzione dei Consumi Finali Lordi nei tre settori: Elettricità, Calore e **Trasporti**. Per quest'ultimo, si individuano due specifiche azioni, una delle quali è proprio la **Mobilità elettrica**:

- TRA01 Mobilità elettrica

L'obiettivo è di favorire la diffusione e l'utilizzo dei veicoli elettrici, compresi quelli a due ruote, negli agglomerati urbani con vantaggi in termini di miglioramento della qualità dell'aria e riduzione dell'inquinamento acustico. Inoltre, si potrà integrare il sistema di mobilità collettiva mediante mezzi elettrici ad uso individuale.

- TRA02 Progetto pilota di mobilità urbana integrata e sostenibile (MUIS)

Il Progetto pilota di Mobilità urbana integrata e sostenibile mira ad agevolare l'utilizzo delle reti metropolitane, del trasporto pubblico, della bicicletta e dell'andare a piedi (cfr. Position Paper della Commissione Europea del 9/11/2012). Si compone di diverse azioni, tra cui è integrata anche la mobilità elettrica. A partire da interventi diretti per lo sviluppo della mobilità elettrica (rinnovamento/ampliamento delle flotte con mezzi a trazione elettrica, realizzazione delle infrastrutture pubbliche di ricarica di veicoli elettrici, ecc.) unite a interventi a favore della mobilità ciclabile, car sharing (privilegiando mezzi elettrici), sistemi di trasporto flessibile a chiamata, trasporto collettivo, rete ferroviaria, TPL.

Nell'ambito del **POR FESR 2007/2013**, tramite l'Asse III dedicato all'energia e nello specifico alla linea di attività 3.1.2.b, è stato realizzato un progetto dimostrativo - *Reti di distribuzione dell'energia e mobilità elettrica* - finalizzato a sviluppare attività di pianificazione, comunicazione, monitoraggio e studio integrati alla costituzione di una micro flotta di veicoli elettrici e della relativa rete di alimentazione e ricarica elettrica. La parte del progetto relativa alle **infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici**, è stata realizzata nell'area vasta di **Cagliari**, con un cofinanziamento da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ai sensi

della L. 134/2012. L'assessorato all'Industria di Cagliari ha acquistato nel 2015 9 veicoli 100% elettrici serviti da 18 infrastrutture di ricarica per creare una mini flotta elettrica di proprietà pubblica².

Con deliberazione n. 63/8 del 15/12/2015, la Giunta Regionale ha adottato l'atto di indirizzo per l'elaborazione di un **Programma di integrazione della mobilità elettrica con le Smart City** nel territorio della Sardegna. Tra gli obiettivi del Programma di sviluppo vi è quello di redigere il *Piano d'azione regionale delle infrastrutture di ricarica per i veicoli elettrici* (attualmente in fase di redazione). Si delinea inoltre l'obiettivo di sviluppare una **rete regionale di stazioni di ricarica veloce** per veicoli elettrici in maniera tale da consentire il collegamento tra le principali località della Sardegna attraverso corridoi "elettrici".

Per concludere il quadro, con la DGR n. 45/40 del 10/08/2016 è stato approvato in via definitiva il vigente Piano Energetico Ambientale Regionale della Sardegna, da cui discende il presente documento di monitoraggio. Il PEARS, come evidenziato all'analisi del precedente paragrafo, raccogliendo le esperienze e l'iter normativo antecedente, identifica un insieme di azioni atte a raggiungere gli obiettivi prefissati.

In linea generale, gli obiettivi regionali riguardano la realizzazione di una **infrastrutturazione elettrica** che sia destinata sia al **trasporto urbano** sia **extraurbano**, sia per il **trasporto pubblico** sia per quello **privato**, in particolare tramite l'installazione di un numero minimo pari a 300 stazioni di ricarica. L'obiettivo è anche quello di **integrare e migliorare la gestione del sistema elettrico** della Regione grazie alla disponibilità di accumulo energetico a servizio dei trasporti, il tutto promuovendo anche attività di ricerca e di integrazione con i progetti di "**smart-city**" (Azioni Strategiche AS1.7 – AS1.13 – AS3.7 – AS4.3).

Tabella 1 - Azioni strategiche del PEARS indirizzate alla mobilità elettrica.

Azioni strategiche del PEARS indirizzate alla mobilità elettrica
AS1.7: Integrazione del sistema elettrico e dei trasporti pubblici e privati nelle principali città della Sardegna attraverso la realizzazione di una rete regionale unica di stazioni di ricarica per veicoli elettrici. L'azione prevede l'installazione di numero minimo di 300 stazioni di ricarica interconnesse digitalmente e gestite da piattaforme integrate e destinate alla fornitura di servizi energetici elettrici.
AS1.13: Integrazione della mobilità elettrica e della disponibilità di accumulo per la gestione del sistema elettrico a livello distribuito.
AS3.7: Infrastrutturazione elettrica destinata alla mobilità elettrica urbana ed extraurbana di tipo privato e collettivo
AS4.3: Promozione delle attività di ricerca dedicata alla gestione integrata della mobilità elettrica nelle "smart-city"

Il perseguimento di tali obiettivi prende atto in prima battuta attraverso **azioni attuative di breve periodo**, le quali riguardano principalmente i trasporti terrestri, sia pubblici sia privati, ma anche il trasporto marittimo. Da tali azioni emerge l'intenzione della Regione di svolgere **un ruolo di esempio** attraverso l'acquisto di mezzi ibridi elettrici (PHEV)³ e a trazione completamente elettrica (BEV)⁴ per i propri servizi. Inoltre, accanto alla previsione di un'infrastrutturazione elettrica, si prevede l'istituzione di **agevolazioni di tipo economico-fiscali e autorizzative** di vario tipo, attività dimostrative e di ricerca, politiche di esenzione bollo auto, creazione di gruppi di acquisto, ecc. Tra i propositi vi è anche l'**elettrificazione del parco taxi** e la creazione di una mini flotta elettrica dei mezzi delle società che svolgono il **servizio di raccolta e smaltimento dei rifiuti e di pulizia** delle strade. Altro obiettivo è l'integrazione tra la mobilità ferroviaria e la mobilità elettrica destinata al trasporto e alla distribuzione delle merci in contesti urbani, tale da istituire un sistema

² <http://www.regione.sardegna.it/j/v/2568?s=290799&v=2&c=125&t=1>

³ PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle

⁴ BEV: Battery Electric Vehicle

efficace per la distribuzione e logistica dell'“ultimo miglio”. Per quanto riguarda la mobilità navale si prevede lo sviluppo di azioni di **elettrificazione delle banchine** per consentire alle navi predisposte l'alimentazione elettrica terrestre e la riduzione delle emissioni prodotte per la generazione elettrica navale.

La tabella seguente riporta l'elenco completo e dettagliato di tali azioni, mentre si rimanda al paragrafo seguente per lo stato di attuazione.

Tabella 2 - Azioni attuative di breve periodo 2016-2020 del PEARS indirizzate alla mobilità elettrica.

Azioni attuative di breve periodo 2016-2020 del PEARS indirizzate alla mobilità elettrica
<p>TT PU2: Azioni di sviluppo della mobilità elettrica enti pubblici regionali.</p> <p>La Regione al fine di costituire un esempio per la diffusione della mobilità elettrica supporta l'acquisto e l'impiego di mezzi ibridi elettrici (PHEV) e a trazione completamente elettrica (BEV) per i propri servizi, negli enti regionali e nelle società partecipate.</p>
<p>TT PU3: Infrastrutture e reti di ricarica per la mobilità elettrica.</p> <p>La Regione promuove:</p> <ul style="list-style-type: none"> - in collaborazione con il gestore della rete distribuzione nazionale dell'energia elettrica, nell'ambito del Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli elettrici, studi ed analisi specifiche per la diffusione dei punti di ricarica con particolare riguardo ai grandi agglomerati urbani e le aree industriali; - progetti e azioni volte all'integrazione tra le fonti rinnovabili e la diffusione della mobilità elettrica per far incontrare l'offerta di energia non programmabile con la domanda di energia delle vetture anche con la finalità di realizzare una forma di accumulo distribuito dell'energia elettrica da Fonte Energetica Rinnovabile; - speciali agevolazioni economico-fiscali ed autorizzative per l'installazione di stazioni di ricarica con particolare riguardo ai siti interessati da centri della grande distribuzione; - in collaborazione con il gestore della rete di distribuzione dell'energia elettrica e gli enti gestori della distribuzione carburanti la creazione di corridoi veicolari elettrici concepiti per garantire il collegamento con i maggiori centri urbani per gli spostamenti interurbani. <p>L'Assessorato regionale dell'industria della Regione Sardegna, in coordinamento con l'assessorato regionale dei Trasporti, predispone un programma finalizzato a promuovere ed integrare la mobilità elettrica con le smart city nel territorio della Sardegna. Gli obiettivi del programma di sviluppo sono:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. redigere il piano di azione regionale delle infrastrutture di ricarica per i veicoli elettrici; 2. potenziare l'intervento e le sue infrastrutture nell'intero territorio regionale per favorire l'interazione e il coordinamento tra le varie tipologie di mobilità elettrica e sostenibile (metropolitana leggera, filobus, autobus, car sharing, piste ciclabili, bike sharing ecc...), avendo cura di allestire “punti di mobilità sostenibile” dotati di ricarica “Ebike” e di aree di parcheggio con eventuale sharing, per biciclette, in prossimità delle stazioni di ricarica elettrica collocate nelle stazioni e fermate metropolitane ad elevata frequenza pendolare o nei centri urbani. 3. attuare il modello in aree turistiche ed integrarlo con il sistema di trasporti regionale in cui è forte il bisogno di conservazione e gestione del patrimonio naturale, storico e culturale (ad esempio le piccole isole); 4. agevolare e promuovere lo sviluppo di sistemi di mobilità elettrica in aree dove è necessario risolvere i problemi legati alla logistica dell'ultimo miglio, ovvero aree dove la distribuzione fisica delle merci si svolge in contesti sensibili e con infrastrutture di mobilità non pensate per le merci; 5. sviluppare una rete regionale di stazioni di ricarica veloce per veicoli elettrici in maniera tale da consentire il collegamento tra le principali località della Sardegna attraverso corridoi “elettrici”; 6. effettuare il monitoraggio di tutte le azioni e la divulgazione dei risultati.
<p>TT PU4: Attività dimostrative</p> <p>La Regione promuove progetti dimostrativi in partnership pubblico-privato volti a creare dimostratori per la verifica dei diversi standard e metodi di ricarica e delle strategie di gestione dell'energia elettrica. In particolare, promuove la realizzazione in collaborazione con Sardegna Ricerche e l'Università di Cagliari e partner privati di:</p>

<p>- un "Dimostratore universale" di sistemi integrati autovettura-stazione di ricarica presso un grande centro urbano regionale con la finalità di sperimentare gli standard di ricarica sia fast-recharge a basso impatto sulla rete di distribuzione sia battery-swap;</p> <p>- un "Dimostratore Smart Charge" di verifica dell'efficacia dell'integrazione dei sistemi di accumulo dell'energia elettrica con la mobilità elettrica per compensare le problematiche di gestione delle rinnovabili nei nodi della rete dove si registra il fenomeno dell'inversione della potenza.</p>
<p>TT PR2: Azioni per lo sviluppo della mobilità elettrica e della mobilità a impatto zero presso i privati.</p> <p>La Regione Sardegna al fine di supportare l'ampliamento del parco veicolare elettrico e ibrido, nonché la crescita e la diffusione dei mezzi a impatto ambientale nullo, e più in generale a stimolarne l'impiego adotta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - specifiche politiche fiscali di esenzione completa del bollo auto per 10 anni dall'immatricolazione; - norme regionali finalizzate a favorire la circolazione nei centri urbani in particolare nei centri storici, nelle aree di salvaguardia ambientale, le scuole-università e le strutture del Servizio Sanitario Nazionale; - la creazione di gruppi di acquisto di autovetture elettriche e ibride; - norme di carattere urbanistico-edilizio tese a favorire la realizzazione di punti di ricarica elettrica e /o di custodia-noleggio bici, in particolare negli spazi pertinenziali, favorendo l'innovazione anche con un abbassamento della tassazione IMU per quanti diano attuazione a tali indirizzi nelle abitazioni e negli spazi pertinenziali; - agevolazioni speciali per l'installazione di impianti fotovoltaici integrati con i punti di ricarica; - specifiche agevolazioni per favorire l'elettrificazione del parco taxi nei principali centri urbani dell'isola; - specifiche agevolazioni per i privati che realizzino punti di custodia-noleggio bici, in particolare contenendo gli oneri relativi all'occupazione del suolo pubblico.
<p>TT PR3: Diffusione dei mezzi elettrici e di quelli a impatto ambientale nullo per la consegna merci nell'ultimo miglio.</p> <p>La Regione Sardegna promuove attività dimostrative di integrazione tra la mobilità ferroviaria e la mobilità elettrica destinata al trasporto e la distribuzione delle merci in contesti urbani. In particolare, considera la realizzazione di sistemi di distribuzione merci integrati di tipo elettrico all'interno dei contesti urbani come una delle forme idonee per rispondere alle esigenze commerciali in ambito urbano di garanzia di un'efficace distribuzione e la logistica di "ultimo miglio" rispettando i vincoli di mobilità.</p>
<p>TT PR4: Mobilità elettrica nel servizio di raccolta e smaltimento rifiuti e pulizia delle strade</p> <p>La Regione stimola l'impiego di mezzi elettrici nelle società che svolgono il servizio di raccolta e smaltimento dei rifiuti e di pulizia delle strade soprattutto nei centri storici, nelle aree di salvaguardia ambientale, nelle strutture del Servizio Sanitario Nazionale e nei centri turistici.</p>
<p>TM PU3: Elettrificazione delle banchine portuali.</p> <p>La Regione istituisce dei tavoli tecnici con le Società di navigazione, le Autorità Portuali regionali e le società di gestione delle reti elettriche finalizzati alla realizzazione di progetti di elettrificazione delle banchine che consentano lo spegnimento dei sistemi di generazione elettrica dei mezzi navali nelle aree portuali. A tal riguardo la Regione considera, nell'ambito di attuazione di tale azione e in sinergia con l'azione TM PU2 (Sensibilizzazione delle compagnie marittime alle normative per l'utilizzo di combustibili a basse emissioni), prioritarie le tratte regionali per le isole minori ed alta intensità turistica.</p>

Il PNRR prevede un pacchetto di azioni dedicate alla mobilità elettrica. In particolare la MSC2 prevede:

- lo sviluppo di infrastrutture di ricarica elettrica (investimento 4.3: 0,74 miliardi di Euro) con la realizzazione di 7.500 punti di ricarica rapida in autostrada e 13.755 in centri urbani, oltre a 100 stazioni di ricarica sperimentali con tecnologie per lo stoccaggio dell'energia.
- il rinnovo di flotte di bus e treni verdi (investimento 4.4: 3,64 miliardi di Euro) con l'acquisto entro il 2026 di circa 3.360 bus a basse emissioni, l'acquisto di 53 treni per sostituire un numero equivalente di vecchie unità entro il 2026, l'acquisto di 100 carrozze di nuova concezione sviluppate con materiali riciclabili e rivestite con pannelli fotovoltaici, oltre all'ammodernamento del parco automezzi dei Vigili del Fuoco, con l'introduzione di circa 3.600 veicoli elettrici e veicoli alimentati a gas per i servizi

istituzionali e l'introduzione di 200 nuovi mezzi con alimentazione ibrida elettrico-endotermica negli aeroporti.

- La diffusione e promozione di trasformazione tecnologica della filiera legata alla produzione autobus elettrici in Italia (investimento 5.3, 0,30 miliardi di Euro), con principali obiettivi l'espansione della capacità produttiva ed il miglioramento dell'impatto ambientale.

1.3.2 Stato di attuazione

Per verificare lo stato di attuazione delle singole azioni si rimanda alle schede di valutazione riportate nel capitolo 3 del Report di monitoraggio del PEARS e alle schede indicatore dell'Allegato 1. Si presenta di seguito un quadro complessivo dell'evoluzione normativa e progettuale degli interventi programmati.

La principale evoluzione riguarda la realizzazione delle **infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici**, cui fa capo il seguente iter normativo.

A seguito della deliberazione n. 63/8 del 15/12/2015 (atto di indirizzo per l'elaborazione di un programma di integrazione della mobilità elettrica con le Smart City) precedentemente citata, è emanata la deliberazione n. 46/5 del 10 agosto 2016 con cui la Giunta regionale ha preso atto del **Patto per lo sviluppo della Regione Sardegna** stipulato il 29 luglio 2016 tra il Presidente del Consiglio dei Ministri e il Presidente della Regione Sardegna, il quale ha approvato gli interventi da finanziare con le risorse del Fondo di Sviluppo e Coesione (FSC) 2014-2020.

Con DGR n. 5/1 del 24 gennaio 2017 sono state definite le Linee d'Azione e gli interventi ammissibili al FSC 2014-2020, tra le quali rientra anche la **linea d'azione 1.2.2 "Integrazione della mobilità elettrica con le Smart City"** e, con dotazione finanziaria di 15.000.000 di Euro, prevede la realizzazione delle seguenti attività:

1. Redazione e attuazione del Piano d'azione regionale per la mobilità elettrica;
2. Interventi di infrastruttura regionale di ricarica elettrica;
3. Realizzazione di sistemi di mobilità elettrica integrati con il sistema dei trasporti regionale, attraverso interventi pubblici e interventi di co-investimento privati.

Successivamente, la Giunta Regionale con la DGR 28/23 del 13/06/2017 ha definito le linee di indirizzo per l'attuazione della Linea di Azione 1.2.2 e individuato il **Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettrotecnica dell'Università degli Studi di Cagliari** quale organismo di supporto tecnico-scientifico per l'elaborazione del Piano d'Azione regionale della mobilità elettrica nonché per le attività di ricerca, sperimentazione e monitoraggio delle azioni di attuazione del piano stesso e delle attività di integrazione della mobilità elettrica con le "Smart Grid".

Con la DGR n. 51/16 del 17/11/2017 sono state approvate le "Linee guida per la redazione del Piano d'Azione Regionale per le Infrastrutture di Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica" redatte dall'Università degli Studi di Cagliari, le quali individuano **cinque aree regionali prioritarie**: Città metropolitana di Cagliari, Rete metropolitana del Nord Sardegna, i Comuni di Oristano, Nuoro e Olbia, e la preliminare distribuzione delle colonnine in suddette aree, con un target di infrastrutturazione regionale prioritaria e di collegamento di massimo **650 colonnine di ricarica**. Le linee guida prevedono inoltre che l'Università assista gli Enti locali nello sviluppo e redazione dei Piani d'Azione Comunali per le Infrastrutture di Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica (PACIRE) i quali convergeranno nel Piano d'Azione Regionale per le Infrastrutture di Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica (PARIRE).

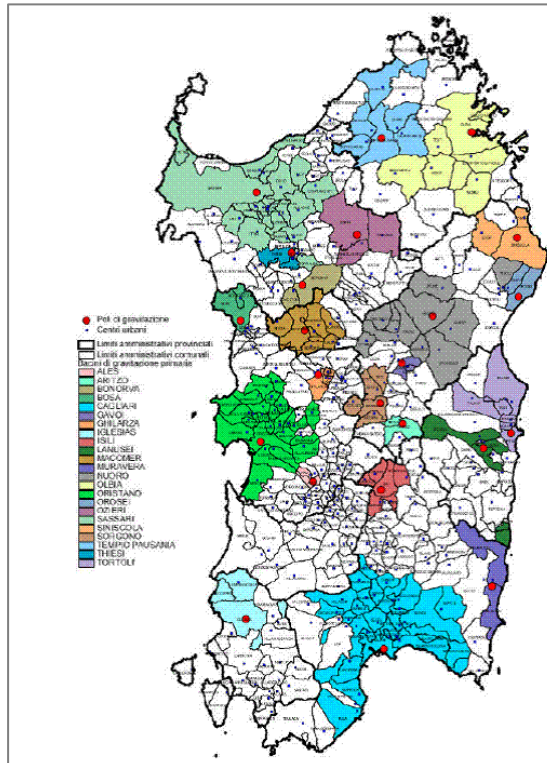


Figura 10 - Bacini di gravitazione primari e aree di infrastrutturazione della Mobilità Elettrica (Fonte: Piano Regionale Trasporti Sardegna)

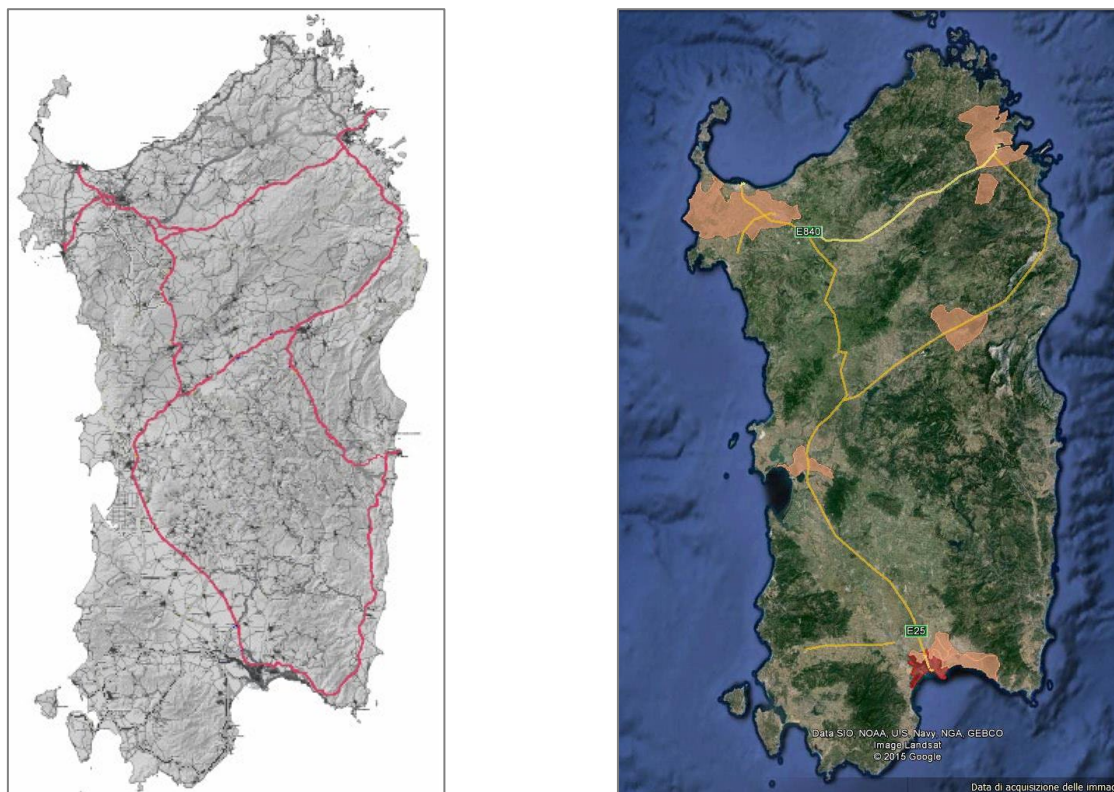


Figura 11 - A sinistra: in rosso rete stradale fondamentale (Fonte: Piano Regionale Trasporti). A destra: assi viari fondamentali di connessione tra le cinque aree di intervento (Fonte: Linee guida per la redazione del Piano d’Azione Regionale per le Infrastrutture di Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica)

Tabella 3 - Distribuzione tra le aree oggetto di intervento delle stazioni di ricarica installabili (Fonte: Linee guida per la redazione del Piano d'Azione Regionale per le Infrastrutture di Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica)

	PNIRE		
	Slow charging*	Quick charging**	Fast charging**
Città Metropolitana di Cagliari	140	147	12
Rete Metropolitana del Nord Sardegna	70	70	6
Comune di Oristano	30	22	2
Comune di Nuoro	30	22	2
Comune di Olbia	30	39	3
Regione Sardegna	300	300	50

* presa singola; ** doppia presa

Il processo si è formalizzato nell'“**Accordo di Programma** finalizzato alla realizzazione di infrastrutture pubbliche di ricarica per veicoli elettrici accessibili al pubblico atte a garantire uno sviluppo unitario della mobilità elettrica regionale e supportare le Amministrazioni Pubbliche a dotarsi di veicoli elettrici”, approvato preliminarmente nella sopracitata DGR n. 51/16 del 17/11/2017 e poi sottoscritto dalle Parti il 9 febbraio 2018. Tra i contenuti del Programma, si prevede (art. 3):

1. La realizzazione della rete regionale di infrastrutture di ricarica pubblica di veicoli elettrici accessibile al pubblico;
2. Azioni di supporto per l'acquisto di veicoli elettrici destinati alle Pubbliche Amministrazioni.

Gli interventi saranno attuati con le seguenti fasi (art. 5):

FASE 1. Elaborazione coordinata del Piano d'azione della mobilità elettrica regionale e dei capitolati tecnici di gara per l'appalto delle infrastrutture di ricarica accessibili al pubblico e dei servizi connessi.

FASE 2. Espletamento della gara d'appalto per l'affidamento delle forniture e dei servizi oggetto dell'accordo a cura della Centrale Regionale di Committenza:

- a) Bando per la fornitura, installazione, manutenzione e gestione unitaria delle infrastrutture di ricarica elettrica;
- b) Bando per l'acquisto dei veicoli elettrici per le Amministrazioni Pubbliche (consentirà di acquistare fino a un massimo di n. 130 auto elettriche)

Nel corso del 2018 sono state approvate le delibere che individuano il posizionamento delle colonnine di ricarica per ciascun soggetto firmatario dell'Accordo. È stata inoltre avviata la consultazione preliminare di mercato per la fornitura, installazione, gestione e manutenzione delle infrastrutture di ricarica. Attualmente l'appalto per la fornitura e posa in opera delle infrastrutture di ricarica per la mobilità elettrica previsto dal Piano d'azione Regionale è in lavorazione da parte della Centrale Regionale di Committenza, nelle more dell'approvazione del progetto definitivo tutt'ora in itinere.

Il bando per l'acquisto dei veicoli elettrici per le Amministrazioni Pubbliche (FSC 2014/2020 linea d'azione 1.2.2.) è stato pubblicato il 10/09/2019, con scadenza 03/12/2019. I beneficiari sono i singoli Comuni della Sardegna che intendono sostituire un veicolo a motore con un veicolo a trazione elettrica. Deve essere rottamato un veicolo a trazione termica di proprietà del Comune, appartenente alla categoria Euro 0, Euro 1, Euro 2 o Euro 3 e sono ammissibili le spese per l'acquisto di un veicolo totalmente elettrico, comprensive di tutti gli oneri necessari alla messa su strada, quali immatricolazione, ITP, ecc.. Il Comune dovrà installare a

proprie spese un'infrastruttura di ricarica ad uso pubblico ovvero acquistare una wall box per la ricarica del veicolo elettrico finanziato. Al momento sono state presentate 191 domande, per una richiesta di contributi per l'acquisto di veicoli elettrici pari a circa 7'500'000 Euro.

Relativamente alla mobilità elettrica, è presente anche il bando Aiuti alle Piccole e Medie Imprese per lo sviluppo della mobilità elettrica in Sardegna (Fondo di Sviluppo e Coesione 2014/2020. Linea d'Azione 1.2.2. - Integrazione della mobilità elettrica con le Smart City – Attuazione D.G.R. n. 28/23 del 13.06.2017 e D.G.R. n. 57/39 del 21.11.2018) approvato con la determinazione n. 892 prot. 47021 del 19.12.2018. Il bando è rivolto alle imprese sarde operative da almeno 5 anni. Gli interventi consistono nella sostituzione di un veicolo a motore di proprietà dell'impresa richiedente con un veicolo elettrico (full electric), nuovo di fabbrica, della stessa tipologia di quello dismesso e giustificato dalla specifica attività svolta. Il veicolo elettrico acquistato dovrà essere utilizzato al servizio di una sede operativa ubicata nel territorio della Sardegna. L'aiuto è concesso in regime 'de minimis' e consiste in una sovvenzione fino a un massimo del 75% dei costi ammissibili ed entro i massimali stabiliti dal bando per tipologia di veicolo elettrico, pari a 15mila euro per autovettura, 20mila euro per furgone e 25mila euro per pullmino.

I Piani delle installazioni delle infrastrutture di ricarica, approvati formalmente da ciascun ente coinvolto sono di seguito elencati:

- Comune di Oristano – Deliberazione del Consiglio Comunale n. 43 del 08/05/2018;
- Comune di Nuoro – Deliberazione del Consiglio Comunale n. 16 del 14/05/2018;
- Comune di Olbia – Deliberazione del Consiglio Comunale n. 50 del 21/05/2018;
- Rete Metropolitana del Nord Sardegna – Deliberazione dell'Assemblea n. 4 del 31/05/2018;
- Città Metropolitana di Cagliari – Deliberazione del Consiglio della C.M. n. 20180016 del 28/06/2018.

In parallelo e stretta relazione con quanto esplicito, con la deliberazione n. 4/22 del 30/01/2018 sono stati approvati i **Programmi di intervento delle Università di Cagliari e di Sassari** che riguardano la sperimentazione di progetti pilota per lo sviluppo delle **Smart Grid** e la realizzazione di programmi finalizzati a promuovere la creazione di distretti energetici, migliorare l'efficienza energetica e massimizzare l'utilizzo delle risorse endogene con l'obiettivo prioritario di ridurre i costi delle forniture di energia e le emissioni complessive ad esse associate. Tali interventi sono anch'essi finanziati nell'ambito del Patto per lo sviluppo dal Fondo di Sviluppo e Coesione 2014/2020 e hanno una dotazione di 24 milioni di Euro. Per quanto riguarda la mobilità elettrica, l'**Università di Cagliari** vuole integrare nel progetto la sperimentazione nel settore della **e-mobility**, caratterizzata dall'utilizzo di una flotta di veicoli elettrici in modalità "Vehicle to grid" da destinare al car sharing and pooling rivolta al corpo docente ed amministrativo per il raggiungimento del campus dalle abitazioni. In questo modo, oltre a stimolare forme di mobilità sostenibile del personale, si garantisce la fornitura dei servizi di accumulo alla rete intelligente dell'Ateneo con le batterie dei veicoli. L'**Università di Sassari** prevede un'azione volta a promuovere la **mobilità elettrica** sostenibile tramite la realizzazione delle stazioni di ricarica e di un car sharing con veicoli elettrici.

Si segnala anche la nascita di una startup, ideata e sviluppata all'interno del Progetto Europeo RETIC di Sardegna Ricerche, che progetta e realizza reti di ricarica per veicoli elettrici distribuite sul territorio e alimentate con energia rinnovabile locale. La rete di ricarica supporta la promozione delle comunità locali attraverso la valorizzazione del tempo di ricarica con suggerimenti e servizi turistico-ricettivi dedicati. Le stazioni di ricarica al momento risultano 64, di cui una in manutenzione, e 2 di prossima apertura. (agg. 11/2019).

Il 24 ottobre del 2019 si è svolto il workshop: "Vehicle-to-Grid: l'integrazione della mobilità elettrica nelle microreti". L'incontro ha fornito una panoramica su questa tecnologia e sulle opportunità di sviluppo nell'ambito dell'integrazione della mobilità elettrica nelle microreti. Costituisce il quarto appuntamento degli

incontri formativi dedicati al tema della gestione intelligente dell'energia, organizzato dalla Piattaforma Energie Rinnovabili di Sardegna Ricerche nell'ambito del Progetto Complesso "Reti Intelligenti per la gestione efficiente dell'energia" sviluppato nell'attuale programmazione comunitaria POR FESR Sardegna 2014-2020.

Con deliberazione n. 13/17 del 17 marzo 2020 sono stati individuati ulteriori interventi in tema di trasporti elettrici, in particolare:

1. Realizzazione della rete regionale di infrastrutture di ricarica pubblica di veicoli elettrici accessibili al pubblico e annessi servizi di mobilità, campagna di informazione e comunicazione:
 - a. aree urbane: attuazione tramite un protocollo di intesa tra gli operatori/gestori e le Amministrazioni
 - b. aree extraurbane: incentivazione di circa 32 infrastrutture con ricarica elettrica rapida da parte delle imprese che dispongono di aree accessibili al pubblico a ridosso delle principali reti viarie di collegamento della Sardegna (S.S. 131, S.S. 131dcn, S.S. 729, S.S. 130, S.S. 125, S.S. 554 e S.S. 195). Le infrastrutture di ricarica elettrica dovranno essere integrate con un sistema di generazione da fotovoltaico e un sistema d'accumulo (Micro grid).
2. Progetti pubblici sperimentali di immediata cantierabilità in località strategiche per lo sviluppo turistico, attraverso l'utilizzo di mezzi di trasporto alternativi e sostenibili, utilizzando non più solo la viabilità tradizionale ma anche quella alternativa quali percorsi e sentieri esistenti, ciclovie e vie d'acqua.
3. Sostituzione di ulteriori autoveicoli a trazione termica con autoveicoli elettrici da parte delle Amministrazioni pubbliche e delle imprese attraverso il finanziamento di ulteriori beneficiari dei bandi già espletati.

1.3.3 Scenari e strumenti per la diffusione della mobilità elettrica

A valle di quanto riportato, risulta evidente come la Regione Sardegna sia già attiva sul tema della mobilità elettrica con azioni definite e prossime alla loro esecuzione, oltre a esperienze passate di sperimentazione locale. Sulla base dei documenti progettuali delle infrastrutture di ricarica per i veicoli elettrici, si prevedono modifiche alla configurazione "tradizionale" del settore dei trasporti, in particolare di quelli terrestri, che interessano le aree principali del territorio e le connessioni tra esse. Le azioni previste non sono solo di tipo sperimentale ma perseguono un obiettivo a livello regionale, da introdurre in maniera graduale fino ad ottenere quella che si potrebbe definire una profonda modifica del sistema di trasporto ma anche delle abitudini dell'utente a cui sono indirizzate le suddette azioni. Perché tali obiettivi di ampia veduta siano perseguiti sono diversi i fattori di cui tenere conto. Nell'ottica di uno sviluppo da raggiungere in forma progressiva, si è sviluppata un'analisi di tipo globale degli elementi fondamentali di cui tenere conto unitamente a diversi effetti attesi sul territorio.

In figura sono presentati gli effetti derivanti dall'attuazione della mobilità elettrica, in particolare in riferimento a quattro macrosettori: ambiente, energia, popolazione e territorio e imprese.

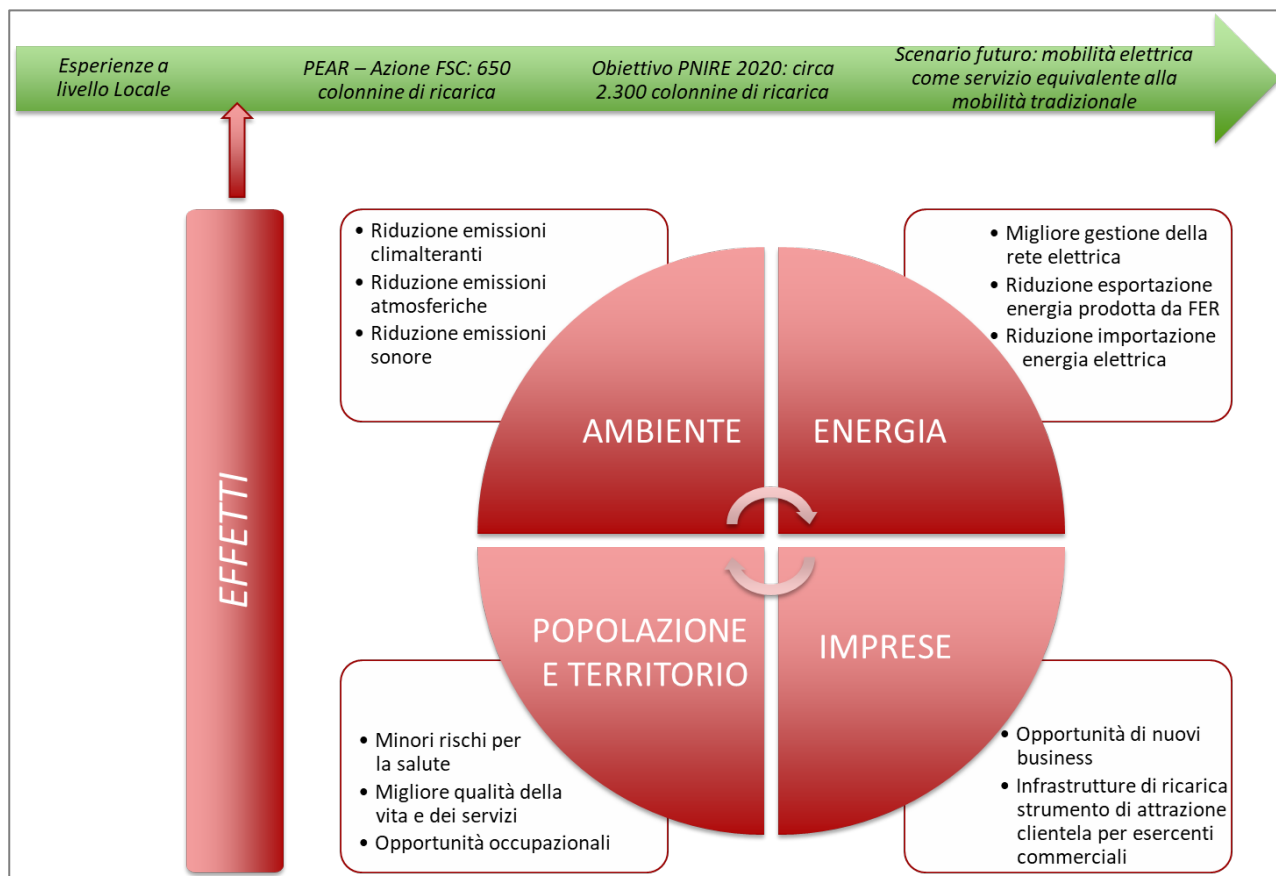


Figura 12 - Gli effetti dello sviluppo della mobilità elettrica (Fonte: elaborazione degli autori)

AMBIENTE

La letteratura del settore dei trasporti riconosce diversi tipi di esternalità negative per il trasporto su strada, in particolare le emissioni inquinanti associate, così come le emissioni climalteranti, il rumore generato, gli incidenti e la congestione stradale. La conversione alla mobilità elettrica permette di intervenire nel ridurre gli impatti complessivi del territorio agendo sulle prime tre.

▪ Riduzione emissioni climalteranti

Il settore dei trasporti è noto per essere uno dei responsabili delle emissioni climalteranti che caratterizzano sia l'Italia che gli altri Paesi del mondo. Dalla diffusione della mobilità elettrica ci si attende a riguardo una riduzione sostanziale di tali emissioni, che andrà a crescere proporzionalmente alla diffusione dei veicoli elettrici, considerando che ad essi sono associate **emissioni allo scarico di CO₂ per chilometro pari a zero**. Nel paragrafo introduttivo di inquadramento del settore trasporti in Sardegna si è osservato che il parco autovetture utilizza principalmente benzina e gasolio, mentre per il trasporto merci prevale quasi esclusivamente il gasolio. Per comprendere l'entità delle riduzioni attese si riportano in figura i coefficienti medi di emissione di CO₂, per km percorso, in funzione delle fonti di alimentazione⁵.

⁵ https://annuario.isprambiente.it/sys_ind/577 (ISPRA - Fattori di emissione medi di CO₂, rispetto ai veic-km, delle autovetture su strada)

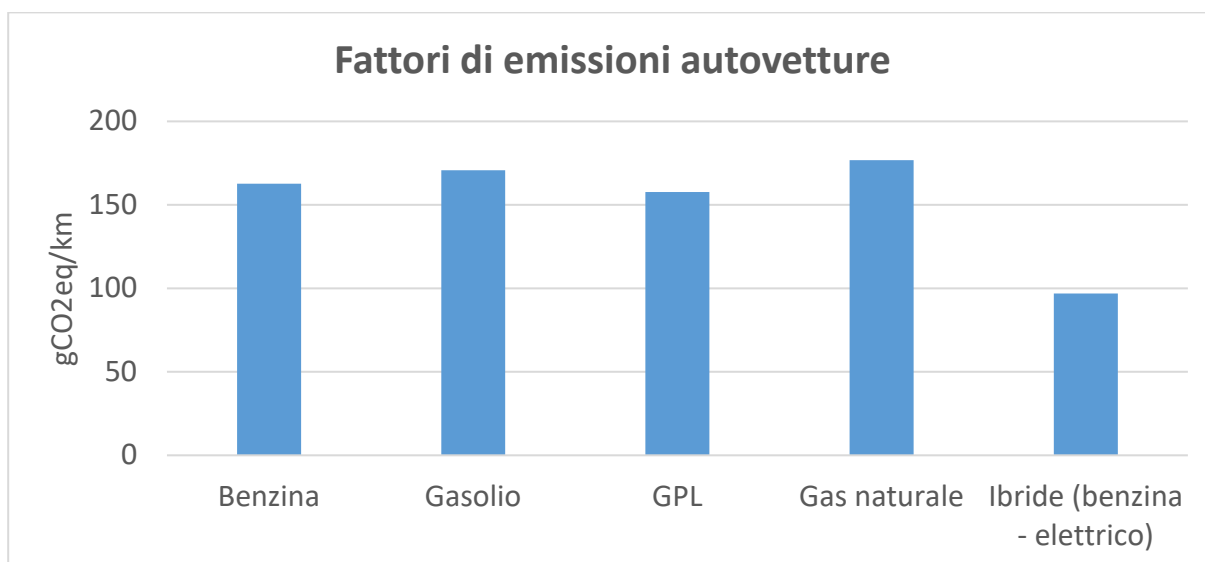


Figura 13 - Stima dei fattori di emissione medi di CO₂ delle autovetture per combustibile al 2018
(Fonte: ISPRA)

È da considerare che le emissioni di gas serra associate all'utilizzo dei veicoli elettrici non sono nulle se si considera il consumo di energia elettrica utilizzato per la ricarica e l'entità dell'emissione imputabile deriva dal **mix energetico utilizzato**. Laddove l'energia viene prodotta da fonte rinnovabile, l'impatto è minimo.

▪ Riduzione emissioni atmosferiche

I vantaggi derivanti dai veicoli elettrici sull'ambiente non riguardano solo l'inquinamento globale ma anche quello locale. In particolare, per un veicolo 100% elettrico sono nulle le emissioni inquinanti allo scarico di **monossido di carbonio (CO)**, che risultano invece elevate soprattutto per la benzina, così come sono nulle le emissioni di **ossidi di azoto (NO_x)** di cui sono largamente responsabili i mezzi di trasporto a diesel. Analogo discorso vale per il **particolato (PM)** allo scarico dove prevale il diesel ma contribuiscono in buona parte anche gli altri carburanti.

Con riferimento al tema della **distribuzione urbana delle merci**, la conversione ai mezzi di tipo elettrico risulta particolarmente strategica dal punto di vista dell'inquinamento generato, nonostante si tratti di una fetta relativamente ridotta del traffico urbano complessivo. Infatti, le micro consegne all'interno del traffico urbano sono caratterizzate da veicoli merci costretti a frequenti fermate e ripartenze, numerose soste e consegne non a pieno carico, contribuendo in quote rilevanti alle emissioni nocive.

▪ Riduzione emissioni sonore

Altra forma di inquinamento associata al settore dei trasporti, che limita la qualità della vita, è quello acustico. In particolare, tale problematica si manifesta nei **centri urbani** delle maggiori città, ovvero le zone chiave che in Sardegna sono state individuate per attivare la conversione alla mobilità elettrica. Questo significa che anche questo aspetto potrà determinare effetti positivi e misurabili. In termini quantitativi, si passa da circa 60 decibel di un'automobile tradizionale a soli 21 decibel⁶.

ENERGIA

Come riconosciuto dal PEARS, l'introduzione e diffusione delle infrastrutture e dei mezzi di trasporto a trazione elettrica porta in stretta connessione il settore dei trasporti con quello dell'energia e in particolare

⁶ e_mob – Conferenza Nazionale per la Mobilità Elettrica

della rete elettrica regionale. Questo aspetto è stato integrato all'interno dei punti di forza per la Regione Sardegna, in questo contesto se ne delineano i relativi effetti.

- **Migliore gestione della rete elettrica**

Si prevede la possibilità di gestire in maniera più efficiente la rete elettrica: in particolare attraverso un **utilizzo "Smart" dei punti di ricarica** si avrà l'effetto di **contribuire alla stabilità della rete elettrica**, andando a programmare le ricariche delle batterie nei periodi in cui la domanda complessiva di energia elettrica è più ridotta. Questo si manifesta anche nella possibilità di derivare tariffe di ricarica inferiori. Analogamente, si può identificare che l'auspicabile aumento atteso di installazioni di impianti locali per la produzione di energia da fonti rinnovabili, in parte spinti da altre azioni trasversali del PEARS, a cui si aggiunge la possibilità di ricaricare i veicoli, comporteranno una riduzione della domanda complessiva di produzione da fonte fossile, l'aumento dell'autoconsumo e la crescita della quota di energia totale prodotta da FER.

- **Riduzione esportazione energia prodotta da FER**

A quanto evidenziato risulta anche legato l'atteso decremento dell'energia esportata. Infatti, in un'ottica di gestione ottimale e con la possibilità di avere maggiori capacità di accumulo derivanti dalla mobilità elettrica (sistema Vehicle-to-grid), la Regione potrà **limitare l'energia esportata** nonché **evitare la perdita di eventuale energia in surplus** prodotta dalle FER non programmabili i cui impianti, in caso di sovraccarico della rete, devono invece essere necessariamente staccati.

- **Riduzione importazione energia elettrica**

Congiuntamente alla riduzione delle esportazioni di energia elettrica, con la gestione ottimale attesa, si prefigura anche l'opportunità di rimuovere o comunque **limitare la dipendenza dalla rete nazionale e europea**. Ciò significa che, si potrebbero evitare le richieste di energia dall'esterno che sono attualmente necessarie per soddisfare i picchi di domanda che ricadono sulla rete.

POPOLAZIONE E TERRITORIO

L'introduzione della mobilità elettrica porta con sé effetti positivi che ricadono direttamente sulla popolazione, sia per coloro che in prima persona accolgono e usufruiscono delle nuove opportunità ma in generale anche per la qualità della vita complessiva, con ricadute positive sull'intero territorio.

- **Minori rischi per la salute**

Come conseguenza diretta delle sopra citate riduzioni di emissioni inquinanti si prevede nel campo sanitario una **riduzione dei fattori di rischio per la salute** derivanti dal settore dei trasporti. In particolare, si riducono i rischi di malattie respiratorie, soprattutto per bambini e anziani ma anche per soggetti che soffrono di malattie respiratorie croniche o cardiache.

- **Migliore qualità della vita e dei servizi**

Dalla disponibilità di un nuovo servizio quale è la mobilità elettrica, che coinvolga sia il trasporto privato sia quello pubblico e in armonia con le altre forme di trasporto, in particolare quelle sostenibili, scaturisce un **generalizzato miglioramento di qualità della vita** che segue modelli europei altamente sostenibili e che può fungere da strumento di indirizzo verso altri aspetti di sostenibilità ambientale. Per la popolazione si attende maggiore possibilità di scelta di trasporto e maggiore efficienza delle reti, il tutto promosso da una serie di vantaggi derivanti dai programmi regionali di incentivazione e promozione della mobilità elettrica.

- **Opportunità occupazionali**

Si ravvisa anche la possibilità di innescare una creazione, sempre crescente, di **opportunità lavorative per il cittadino**, che possono riguardare le diverse fasi di produzione, installazione, utilizzo, manutenzione e smaltimento dei veicoli e delle infrastrutture necessari al nuovo comparto del trasporto.

IMPRESE

Il passaggio a una mobilità differente, in particolare alla mobilità elettrica che è tra le più sostenibili dal punto di vista ambientale e mature dal punto di vista tecnologico, può trasformare profondamente l'economia con effetti positivi per la società e il mondo del lavoro.

▪ **Opportunità di nuovi business**

La transizione verso le nuove tecnologie della mobilità elettrica può offrire la possibilità di migliorare la **competitività delle industrie del settore**, concentrandosi sulle nuove filiere e sulle nuove esigenze. L'opportunità di sviluppare o creare nuovi business non riguarda però esclusivamente le imprese del settore, con particolare riferimento alle case automobilistiche, bensì, possono scaturire diverse **attività lavorative connesse nell'indotto**. In questo contesto, la possibilità di introdurre nuove attività e di conseguenza posti di lavoro, può richiedere il supporto della Regione o degli enti locali. Tra le attività lavorative vi sono certamente quelle legate alla rete dei punti di ricarica, in termini di installazione, gestione e manutenzione, ma anche attività trasversali come ad esempio l'istituzione di servizi di soccorso per veicoli elettrici in caso di malfunzionamenti o necessità di ricarica. Altro esempio è il sorgere di società di car sharing, che possono acquistare flotte di auto elettriche, generando ulteriore lavoro e servizi.

▪ **Infrastrutture di ricarica come strumento di attrazione di clientela per esercenti commerciali**

Un interessante fenomeno che può insorgere a seguito dell'introduzione alla mobilità elettrica è l'interesse da parte di **esercizi commerciali o di tipo turistico nell'ampliare il parco delle infrastrutture di ricarica** dei veicoli elettrici, e di conseguenza favorire l'intero settore. Nella pratica, per i centri commerciali, negozi, alberghi, ristoranti e qualsiasi attività per la quale sia presente una clientela con una certa permanenza temporale presso l'attività stessa, l'offerta di un servizio aggiuntivo, che può essere gratuito o meno, può rappresentare una forte spinta nell'attrarre la clientela. Si tratta di un sistema auto-generato e del tutto *win-win*, ovvero che favorisce sia il cliente sia l'attività. Inoltre può fungere da spinta verso le attività sprovviste del servizio nell'adeguarsi, densificando dunque la capacità di ricarica complessiva del territorio e abbattendo la *"range anxiety"*, ovvero il timore dell'utente di avere una autonomia limitata ma soprattutto di spostarsi in una rete stradale di ricarica non adeguata, che è una delle principali ragioni per le quali la popolazione è spesso restia nell'utilizzo di mezzi di trasporto elettrici di tipo privato. Anche in questo caso può essere ruolo della Regione o degli enti locali quello di andare a favorire tali meccanismi.

L'insieme degli elementi individuati nel precedente capitolo si inserisce nel contesto regionale attuale, ovvero nel quale si rilevano delle esperienze passate in tema di mobilità elettrica a livello locale-sperimentale oltre a un contesto normativo pronto ad innescare lo sviluppo della mobilità elettrica. Tali elementi sono delineati nell'ottica di uno scenario che porti progressivamente all'attuazione del PEARS, anche in relazione al Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei veicoli alimentati ad energia Elettrica (PNIRE), fino alla possibilità di sviluppare un sistema tale per cui il servizio di mobilità elettrica offerto dalla Regione sia equivalente, o anche migliore, del trasporto tradizionale e in cui vi sia un'offerta per il cittadino tale per cui la scelta del vettore elettrico quale carburante sia pressoché equivalente, se non vantaggiosa rispetto a quelli attuali.

Si guarda dunque ad uno scenario per il quale si prefigura un consolidamento della mobilità elettrica, analizzando i **punti di forza**, gli **strumenti** necessari per raggiungere gli obiettivi, ma anche alcuni **ostacoli** da oltrepassare.

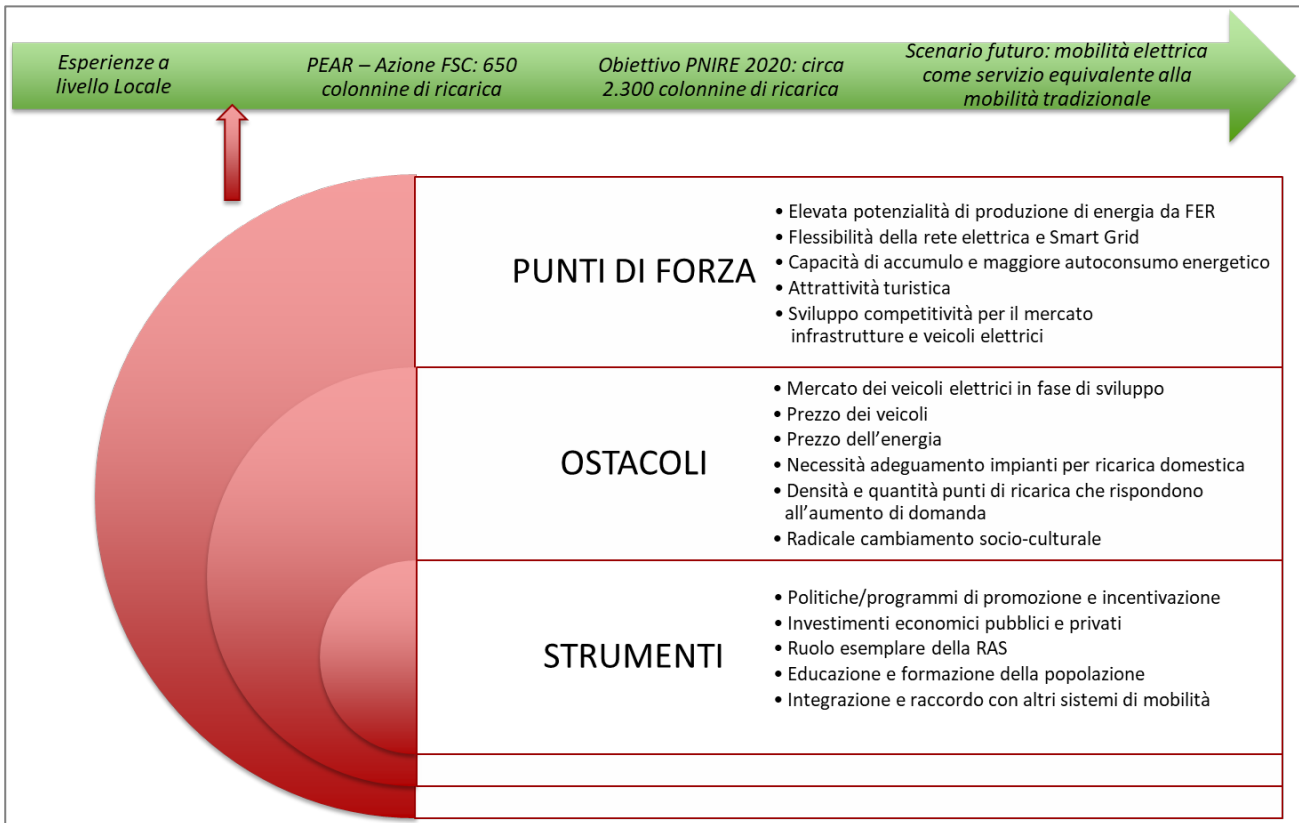


Figura 14 - I punti di forza, gli ostacoli e gli strumenti per la diffusione della mobilità elettrica in Sardegna (Fonte: elaborazione degli autori)

PUNTI DI FORZA

A differenza degli *strumenti* e degli *ostacoli* individuati, i quali possono essere ricondotti in parte ad altre esperienze nazionali o europee in tema di mobilità elettrica, l'insieme dei *punti di forza* è l'elemento che risulta maggiormente caratteristico per la Regione Sardegna e che la rende un luogo fertile in cui avviare una seria e rapida implementazione.

▪ Elevata potenzialità di produzione di energia da FER

La mobilità elettrica è un tema in cui la ricerca risulta ancora attiva e in rapida evoluzione. Per valutare l'effettiva sostenibilità ambientale di questo vettore di trasporto, bisogna tenere in considerazione le fonti energetiche utilizzate per produrre l'energia elettrica utilizzata dal veicolo. Infatti, se è indubbio che le emissioni allo scarico di una vettura 100% elettrica sono nulle, meno chiaro risulta l'impatto complessivo poiché dipendente dal mix energetico utilizzato. È proprio per questa ragione che la Regione Sardegna si pone come interessante tenendo presente le politiche di sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili messe in campo dal PEARS, che, tramite un adeguata gestione, potrebbero portare a una reale sostenibilità complessiva.

▪ Flessibilità della rete elettrica e Smart Grid

Altri punti di forza riguardano le interazioni con la rete elettrica. In attuazione del PEARS si prevedono diverse azioni volte al miglioramento ed efficientamento della rete, tra cui la realizzazione di nuove infrastrutture per la produzione energetica da FER e azioni di efficientamento energetico, sia di impianti esistenti, sia tramite adozione di soluzioni di tipo organizzativo e gestionale. Con l'introduzione delle infrastrutture di ricarica elettriche e dei veicoli elettrici si attuerà una vera e propria **congiunzione tra il sistema elettrico e il sistema della mobilità**, andando a favorire ulteriormente la gestione della rete per

via della possibilità di trasferire la produzione di energia da FER verso il sistema della mobilità e viceversa e dunque aumentando la flessibilità dell'intero sistema elettrico. Quanto detto risulta anche in stretta connessione con le attività di sperimentazione promosse dal Piano riguardo Smart City e Smart Grid, andando a fornire un supporto alla loro implementazione.

▪ **Capacità di accumulo e maggiore autoconsumo energetico**

In stretta connessione con la gestione della rete elettrica emerge anche che, tramite l'installazione delle infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici, si **aumenta la capacità di accumulo** di energia della Regione, consentendo di aumentare il consumo di energia elettrica interno e limitare i livelli di esportazione verso il continente. Questo aspetto riguarda innanzitutto le infrastrutture di ricarica pubblica (come quelle già programmate per i comuni di Oristano, Nuoro, Olbia, la Rete Metropolitana del Nord Sardegna e la Città metropolitana di Cagliari), ma è possibile andare a favorire anche l'autoconsumo di tipo privato, che può riguardare un'abitazione, un'impresa, un'attività commerciale o piccole reti locali, che possiedono (o installano) impianti di produzione dell'energia da fonti rinnovabili, comportando anche un vantaggio di tipo economico.

▪ **Attrattività turistica**

Il turismo è un elemento fondamentale per l'**economia della Sardegna**. Gli investimenti a favore della mobilità elettrica porteranno l'isola ad essere una tra le regioni più all'**avanguardia** sul tema, aumentandone la visibilità e la rinomanza, dando la possibilità al turista stesso di preservare le bellezze del territorio muovendosi in maniera sostenibile. A questo contribuisce anche l'obiettivo del PEARS di incentivare la **nautica elettrica** per rafforzare la dimensione ecologica dell'isola e preservare quello che è il suo prezioso capitale naturale.

▪ **Sviluppo competitività per il mercato infrastrutture e veicoli elettrici**

Attualmente in Italia il **mercato delle infrastrutture necessarie alla ricarica e utilizzo dei veicoli elettrici** trova poche opportunità all'interno del territorio. L'avvio del meccanismo di mobilità sardo porta con sé anche la possibilità di favorire l'**attività economica e commerciale** del territorio, sia a livello di produzione sia di gestione, utilizzo e manutenzione del servizio di mobilità elettrica, nonché di aumentare la competitività sui mercati esteri.

OSTACOLI

Il tema degli ostacoli riguarda principalmente aspetti tecnici e propri dell'attuale mercato della mobilità elettrica, quindi non facilmente controllabili dalla Regione, la quale però può in parte intervenire per favorirne la mitigazione.

▪ **Mercato dei veicoli elettrici in fase di sviluppo**

Innanzitutto è da considerare il fatto che il mercato dei veicoli elettrici è ancora oggi in fase di sviluppo e soprattutto poco insediato in Italia rispetto ad altri Paesi. Tuttavia, è senz'altro comprensibile che una nuova tecnologia risulti difficilmente competitiva nelle sue fasi iniziali e pertanto, in questo contesto, la Regione Sardegna svolge un **ruolo chiave** anche rispetto alle altre Regioni italiane. Infatti essa può fungere da **strumento di accompagnamento verso la competizione di mercato**, in particolare attraverso i diversi strumenti di promozione individuati, primi tra tutti gli incentivi fiscali.

▪ **Prezzo dei veicoli**

Strettamente connesso al punto precedente è l'ostacolo del prezzo dei veicoli elettrici i quali, inseriti in un mercato non ancora maturo, sono venduti a prezzi elevati rispetto ai veicoli a combustibile tradizionale e che quindi ne limitano la diffusione. Nonostante ciò, è da evidenziare che le auto elettriche

hanno raggiunto negli anni recenti una buona maturità tecnologica, con sfide attuali che riguardano ulteriori miglioramenti nelle batterie. Infatti, il **prezzo dei veicoli è diminuito ed è cresciuta l'offerta**, con un numero sempre maggiore di case automobilistiche che aggiungono l'auto elettrica alla loro offerta di mercato.

Inoltre, è necessario precisare che il prezzo di acquisto delle autovetture elettriche è certamente maggiore rispetto ai veicoli tradizionali, ma, in un'ottica di lungo termine, ovvero considerando il costo lungo la vita utile di un veicolo (cosiddetta **Total Cost of Ownership** – TCO), la situazione risulta differente. Infatti, un veicolo elettrico presenta costi inferiori di manutenzione rispetto ai veicoli a combustione interna, legati a una minore usura dei componenti e una spesa generalmente minore per il rifornimento, oltre alla possibilità di ridurre ulteriormente i costi grazie all'introduzione degli incentivi e delle riduzioni sul bollo auto. Quest'ultimo elemento rappresenta un approccio con cui la Regione può intervenire in favore della promozione sul territorio, essendo il prezzo un ostacolo di tipo "esterno" e poco controllabile.

▪ **Prezzo dell'energia**

Il prezzo dell'energia elettrica in linea generale non è ostacolo vero e proprio per la mobilità elettrica, essendo esso inferiore a quello dei combustibili tradizionali. Le problematiche risiedono nei **meccanismi tariffari** che influenzano il costo del servizio di ricarica e in particolare nella loro comprensione. Per questo si ritiene importante che il processo regionale di diffusione della mobilità elettrica includa anche il **mettere a conoscenza l'utente finale** delle possibilità disponibili per la ricarica dei propri veicoli, sia in luoghi pubblici, sia privati, anche in relazione ai contratti di fornitura elettrica, sia per clienti domestici che non.

In generale i prezzi per la ricarica dei veicoli elettrici risultano inferiori nel caso privato rispetto alla ricarica pubblica, ma con alcune eccezioni. Inoltre, significative riduzioni dei prezzi si potrebbero ottenere in casi di ricarica laddove siano presenti **impianti per l'autoproduzione**⁷ che, come osservato, sono già promossi dal PEARS e tale fattore potrebbe rappresentare un'ulteriore spinta alla loro installazione.

▪ **Necessità adeguamento impianti per la ricarica domestica**

In caso di acquisto di veicoli elettrici uno dei punti di ricarica che sarà utilizzato potrebbe essere installato presso l'abitazione ed è lo stesso proprietario del veicolo che si deve occupare di predisporre e mantenere **un impianto elettrico di ricarica idoneo e sicuro**. Tra le problematiche possibili vi è innanzitutto la presenza effettiva di una postazione adeguata, ma anche l'eventuale adeguamento della potenza installata (che si riflette nella velocità di ricarica e anche nei costi dell'energia). Può risultare problematico anche il caso di un box o posto auto inserito in una fornitura condominiale. In quel caso, il possessore di veicolo elettrico deve assumersi l'onere di attivare un'utenza elettrica dedicata, a meno di un diverso accordo tra condomini e amministratore.

▪ **Densità e quantità punti di ricarica che rispondono all'aumento di domanda**

Come detto, è necessario rispondere adeguatamente alla **"Range anxiety"**, che può limitare la popolazione nell'utilizzo di mezzi di trasporto elettrici di tipo privato. Infatti, tipicamente l'autovettura elettrica viene utilizzata per lo spostamento casa-lavoro o comunque per brevi spostamenti. L'obiettivo della Regione Sardegna è invece quello di creare non solo reti di ricarica locali, ma anche di connessione tra i principali attrattori di mobilità dell'isola. Per questa ragione si ritiene importante tenere sotto controllo l'andamento della diffusione dei mezzi in maniera tale da poter **prevedere una adeguata**

⁷ Prezzi dei servizi di ricarica per veicoli elettrici e sistema tariffario dell'energia elettrica – ARERA, luglio 2018

distanza e numerosità dei punti di ricarica, che segua l'evoluzione della mobilità del territorio e risponda prontamente alla domanda generata.

▪ **Radicale cambiamento socio-culturale**

Un ultimo ostacolo individuato, in parte connesso al precedente, è la generale e diffusa diffidenza del cambiamento. L'introduzione della mobilità elettrica in Sardegna si prefigura come un cambiamento da attuare in maniera graduale ma permane il fatto che si tratti di un radicale **cambiamento di abitudini per il cittadino e per le imprese**. In questo caso è forte la necessità già evidenziata di attività di comunicazione, educazione e formazione, così come il ruolo esemplare della Regione. Anche indagini ad hoc rivolte ai diretti utilizzatori del servizio, da svolgersi durante le fasi di attuazione, possono rivelarsi uno strumento utile per comprendere interessi, necessità e fattori limitanti, così da poter correggere eventuali fattori limitanti alla diffusione.

STRUMENTI

Gli strumenti atti a raggiungere gli obiettivi prefissati sono molteplici e il ruolo fondamentale della Regione è quello di attuarli nelle modalità e nei tempi di maggiore efficacia, sulla base dell'evoluzione graduale della rete di mobilità e delle risposte della popolazione e delle imprese. Gli strumenti qui descritti non sono da considerarsi come elenco esaustivo, ma come linea guida del ventaglio di modalità disponibili a favorire il processo, alcune delle quali sono peraltro già integrate tra le azioni del PEARS.

▪ **Politiche/programmi di promozione e incentivazione**

Tra le esperienze europee di maggiore successo nel campo della mobilità elettrica fanno da esempio e guida Paesi come la Norvegia e la Germania che, secondo l'Osservatorio europeo sui combustibili alternativi (European Alternative Fuels Observatory) sono i paesi con il maggior numero di punti di ricarica. In questi Paesi il processo di diffusione della mobilità elettrica è in atto da diversi anni e sono diversi gli strumenti impegnati per attuarla. La tabella seguente riassume le **modalità di promozione e incentivazione** più diffuse a livello europeo, da intendersi come alternative possibili da attuare nei tempi e nelle modalità più opportune, nonché da rivedere e correggere **in parallelo allo sviluppo del mercato**. In generale, azioni di incentivazione associate a quelle di disincentivazione dei combustibili tradizionali potranno poi essere ridotte o rimosse una volta che il trasporto elettrico è consolidato.

Tabella 4 - Misure più diffuse in Europa per la promozione-incentivazione della mobilità elettrica (Fonte: elaborazione degli autori)

Misure proposte nelle principali esperienze europee di mobilità elettrica	Vantaggio
1. Riduzione del bollo auto	Economico
2. Esenzione per strade a pagamento e traghetti	Economico
3. Parcheggio gratuito in aree urbane	Economico
4. Parcheggio riservato	Di utilizzo
5. Esenzione dall'IVA sull'acquisto	Economico
6. Incentivi per l'acquisto	Economico
7. Benefici fiscali per le imprese: detrazioni fiscali sulle vetture aziendali	Economico
8. Accesso a ZTL o a corsie riservate	Di utilizzo

Come osservabile dalla tabella, le misure "tipiche" sono in larga parte portatrici di vantaggi di tipo economico al destinatario, mentre alcune rappresentano dei vantaggi nell'utilizzo quotidiano del servizio. Tra questi strumenti, la 1. Riduzione del bollo auto è già presa in considerazione anche in una delle azioni del PEARS (Azione TT PR2), secondo cui la Regione Sardegna, a supporto dell'ampliamento

del parco veicolare elettrico e ibrido, si impegna nell'adozione di specifiche politiche fiscali di esenzione completa del bollo auto per 10 anni dall'immatricolazione.

A questo insieme di strumenti, sono da considerare altrettanto importanti e funzionali al raggiungimento degli obiettivi propri della Regione Sardegna, i seguenti strumenti e settori di trasporto:

Tabella 5 - Misure di promozione-incentivazione che possono rispondere agli specifici obiettivi del PEAR (Fonte: elaborazione degli autori)

Misure integrative specifiche per il raggiungimento degli obiettivi PEARS	Vantaggio
1. Trasporto pubblico: incentivazione dell'utilizzo dei mezzi pubblici	Economico/Di utilizzo
2. Educazione e formazione specialistica	Di utilizzo
3. Agevolazioni per favorire l'elettrificazione del parco taxi	Economico
4. Norme di carattere urbanistico-edilizio tese a favorire la realizzazione di punti di ricarica elettrica	Di utilizzo
5. Agevolazioni speciali per l'installazione di impianti fotovoltaici integrati con i punti di ricarica	Economico
6. Trasporto pubblico: riduzione tariffa elettrica per autobus	Economico
7. Vincoli per la mobilità ad alto impatto ambientale e bassa efficienza	Economico
8. Promozione della mobilità elettrica nelle società che svolgono il servizio di raccolta e smaltimento rifiuti e pulizia delle strade	Economico
9. Promozione delle attività di ricerca dedicata alla gestione integrata della mobilità elettrica nelle smart city	Di utilizzo
10. Attività dimostrative di integrazione tra la mobilità ferroviaria e la mobilità elettrica destinata al trasporto e la distribuzione delle merci in contesti urbani (logistica di "ultimo miglio")	Economico/Di utilizzo

Alcune di queste misure e attività sono già previste tra le azioni del PEARS (si veda nello specifico AS 4.3, TT PR1, TT PR2, TT PR3, TT PR4).

▪ **Investimenti economici pubblici e privati**

È immediato derivare che le suddette azioni di promozione e incentivazione richiedono, quale strumento imprescindibile per la loro attuazione, oltre che per la realizzazione delle opere di infrastrutturazione del territorio, ingenti somme di denaro. È dunque uno strumento fondamentale l'**investimento del denaro pubblico** e dei **fondi dell'Unione Europea**, come accade per l'installazione delle colonnine con finanziamento dal Fondo di Sviluppo e Coesione.

Gli investimenti pubblici hanno un ruolo di avviamento del processo e di sostegno continuativo, ma è importante che questi si manifestino in un meccanismo virtuoso tale per cui anche da **forme private** provengano degli investimenti derivanti da nuove opportunità di business.

▪ **Ruolo esemplare della RAS**

La Regione, in qualità del suo stesso ruolo, si pone come soggetto promotore della transizione all'elettrico e per questo deve essere la prima a dimostrarne l'efficacia. Questo non significa solamente impegnare il denaro pubblico ma anche promuovere **azioni dimostrative** volte alla diffusione e accettazione della mobilità elettrica ed essere coinvolta in prima persona nell'utilizzo. In risposta a questa necessità, sono state finanziate 84 operazioni con fondi FSC 2014/20 e 102 operazioni con la L.R. n. 17/2021 per l'acquisto di veicoli elettrici per la pubblica amministrazione (Azione TTPU2).

▪ **Educazione e formazione della popolazione**

Tra gli strumenti fondamentali si inserisce anche un'attività trasversale di educazione e formazione della popolazione. In particolare, con un obiettivo di diffusione tale per cui la mobilità elettrica è indirizzata a diversi settori, si prefigura la possibilità di attuare **formazioni di tipo specifico**, adatte a rispondere alle diverse esigenze di settore, nonché delle diverse abitudini di trasporto. La formazione può riguardare ad esempio la scelta dei veicoli elettrici (o ibridi), le metodologie per la ricarica, le tariffe elettriche connesse. In accompagnamento sono fondamentali anche adeguate **azioni di informazione** che rendano noto al cittadino o alle imprese i servizi disponibili e l'insieme degli strumenti di incentivazione e promozione attuati dalla Regione.

▪ **Integrazione e raccordo con altri sistemi di mobilità**

Un ultimo aspetto da considerare quale strumento per la diffusione è la necessità di favorire non solo la mobilità elettrica in forma esclusiva ma anche l'integrazione e il raccordo tra questa e altre forme di mobilità, con particolare interesse per la mobilità sostenibile. Si individua quindi la necessità di prevedere una **progettazione integrata della rete dei trasporti** e in particolare che tenga conto degli altri obiettivi del PEARS nel settore, quali ad esempio il car sharing e il bike sharing, o l'integrazione tra il trasporto ferroviario e su terra, in particolare per il trasporto merci.

1.4 Trasporto alimentato a gas naturale

La metanizzazione della Sardegna è un obiettivo del PEARS, che identifica l'utilizzo del Gas Naturale quale vettore energetico fossile di transizione nell'attesa che lo sviluppo tecnologico e la trasformazione del sistema energetico connessa alla progressiva installazione delle migliori tecnologie possa consentire l'affrancamento definitivo dalle fonti fossili. Nel settore dei trasporti, questo vettore energetico assume particolare interesse nell'ambito marittimo e nell'ambito terrestre del trasporto delle merci, in particolare rispetto al gas naturale in forma liquefatta (GNL).

1.4.1 Contesto di riferimento e obiettivi del PEARS

La metanizzazione della Sardegna è un tema centrale della politica energetica del Governo, essendo l'unica Regione completamente priva di accesso alla rete del gas naturale. La sua importanza è stata sottolineata dalla firma, il 29 luglio 2016, da parte del Presidente del Consiglio e del Presidente della Regione Sardegna, del Patto per lo sviluppo della Regione Sardegna, recante "Attuazione degli interventi prioritari e individuazione delle aree di intervento strategiche per il territorio". Essendo stato ritenuto non più fattibile il progetto GALSI (Gasdotto Algeria Sardegna Italia, che mirava alla realizzazione di un gasdotto destinato all'importazione di gas naturale dall'Algeria all'Italia continentale attraverso la Sardegna), vista la politica di export dell'Algeria e l'incertezza sulla rinegoziazione dei possibili contratti di fornitura tramite il gasdotto Transmed, il Ministero dello Sviluppo Economico ha effettuato diversi incontri con la Regione e con gli operatori interessati alla metanizzazione della Sardegna, per avere un quadro complessivo delle diverse proposte alternative progettuali.

La realizzazione di una **rete di depositi costieri di gas naturale liquefatto** (GNL) di piccola taglia (SSLNG - Small Scale Liquid Natural Gas), ubicati nei bacini di maggior consumo quali Cagliari, Sassari ed Oristano, per la ricezione via mare del GNL, è apparsa la soluzione migliore in quanto presenta elevata flessibilità (data la modularità dei depositi adattabile alla crescita dei consumi) e permette il graduale sviluppo delle reti e tempi rapidi di realizzazione. Essa inoltre permette l'utilizzo del GNL anche come combustibile per i mezzi portuali, per i trasporti navali e stradali e per il soddisfacimento dei fabbisogni industriali, nonché l'attivazione degli investimenti necessari per la loro realizzazione direttamente da parte dei privati.

La Regione Sardegna, con D.G.R. del 02/08/2016 n. 45/40, ha approvato il PEARS, nel quale l'approvvigionamento del gas naturale è considerato strategico per la futura transizione energetica dell'Isola, rivestendo quindi il carattere di azione prioritaria sia per garantire pari opportunità e condizioni di fornitura ai cittadini della Sardegna rispetto agli altri cittadini dell'Italia peninsulare, sia per sviluppare un sistema energetico e di trasporto più efficiente e ambientalmente compatibile. Il GNL è stato identificato come una fonte energetica preferenziale per l'approvvigionamento di gas naturale.

Il d.lgs. 16/12/2016 n. 257 di recepimento della direttiva DAFI, che riguarda la realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi, prevede per la fornitura di gas naturale per il trasporto:

- che entro il 31 dicembre 2025 nei porti marittimi, ed entro il 31 dicembre 2030 nei porti della navigazione interna, sia realizzato un numero adeguato di punti di rifornimento di GNL per consentire la navigazione di navi adibite alla navigazione interna o navi adibite alla navigazione marittima alimentate a GNL nella rete centrale della TEN-T;
- che entro il 31 dicembre 2025 sia realizzato, con un graduale sviluppo, un numero adeguato di punti di rifornimento di GNL, anche abbinati a punti di rifornimento di GNC (gas naturale compresso), accessibili al pubblico almeno lungo le tratte italiane della rete centrale TEN-T per assicurare la circolazione dei veicoli pesanti alimentati a GNL, tenendo conto della domanda attuale e del suo sviluppo a breve termine, salvo che i costi non siano sproporzionati rispetto ai benefici attesi, inclusi quelli ambientali;
- che, per i punti di rifornimento di GNL, sia previsto un sistema di distribuzione adeguato nel territorio nazionale, comprese le strutture di carico per i veicoli cisterna di GNL, nonché per la dotazione di infrastrutture di rifornimento lungo la rete autostradale e negli interporti.

Per maggior dettaglio e per la programmazione futura si rimanda all'Allegato II della Strategia Energetica Nazionale 2017.

Nel dettaglio, il PEARS raccoglie le indicazioni politiche e normative e identifica un insieme di azioni atte a raggiungere gli obiettivi prefissati. In linea generale, gli obiettivi riguardano la realizzazione di **azioni di lungo periodo** che promuovono da una parte l'infrastrutturazione tramite la realizzazione di HUB per il GNL e dall'altra il sostegno al rinnovo dei mezzi nautici per promuovere l'uso del metano nel settore dei trasporti marittimi che operano su rotte nazionali, ma anche di collegamento con le isole minori (Azioni Strategiche AS2.13 – AS2.14 – AS2.15).

Tabella 6 - Azioni strategiche del PEARS indirizzate a promuovere l'uso del metano nei trasporti.

Azioni strategiche del PEARS indirizzate a promuovere l'uso del metano nei trasporti
AS2.13: La Regione Sardegna in sinergia con il Governo Nazionale e di Ministeri competenti, coerentemente con le Strategie europee e nazionali sul GNL e in ottemperanza alla direttiva 94/2014/CE, persegue, per quanto di sua competenza, la realizzazione di un HUB GNL per il bunker dei mezzi marittimi che operano su rotte nazionali da e per la Sardegna destinate al trasporto di persone e merci con l'obiettivo di soddisfare, mediante il ricorso la gas naturale liquefatto, almeno il 30% dei consumi totali ad essi associati entro il 2030.
AS2.14: La Regione Sardegna sulle tratte marittime interne di propria competenza di collegamento con le isole minori promuove e supporta, con particolare riguardo alle aree protette e di salvaguardia ambientale, l'impiego del Gas Naturale Liquefatto quale combustibile per la propulsione, con l'obiettivo di soddisfare, al 2030, il 100% dei consumi totali ad essi associati.
AS2.15: La Regione Sardegna prevede specifici incentivi per la conversione dei mezzi da pesca avente base in Sardegna con la finalità di impiegare il Gas Naturale Liquefatto in sostituzione del Gasolio con l'obiettivo di soddisfare, al 2030, almeno il 50% dei consumi totali ad essi associati.

Il perseguimento di tali obiettivi prende atto in prima battuta attraverso **azioni attuative di breve periodo**, le quali riguardano principalmente i trasporti merci terrestri e il trasporto marittimo merci e passeggeri. La tabella seguente riporta l'elenco completo e dettagliato di tali azioni, mentre si rimanda al paragrafo seguente per lo stato di attuazione.

Tabella 7 - Azioni attuative di breve periodo 2016-2020 del PEARS indirizzate a promuovere l'uso del metano nei trasporti.

Azioni attuative di breve periodo 2016-2020 del PEARS indirizzate a promuovere l'uso del metano nei trasporti
TT PR7: Supporto all'implementazione di una rete di rifornimento GNL per il suo utilizzo nel trasporto merci.
TM PU1: Identificazione HUB GNL per l'introduzione del Gas Naturale nel trasporto marittimo merci passeggeri.
TM PU2: Sensibilizzazione delle compagnie marittime alle normative per l'utilizzo di combustibili a basse emissioni.

1.4.2 Stato di attuazione

Per verificare lo stato di attuazione delle singole azioni si rimanda al capitolo 3 del report di monitoraggio del PEARS e all'Allegato 1 per il dettaglio relativo alle schede indicatore. Si presenta di seguito un quadro complessivo delle progettualità messe in campo e gli interventi programmati.

Per quanto riguarda la **realizzazione di depositi costieri di GNL**, sono in corso di autorizzazione/realizzazione **quattro impianti** differenti: tre di questi situati a Oristano (impianto Higas e impianto Edison in corso di realizzazione, impianto Ivi Petrolifera in corso di autorizzazione) e uno a Cagliari (IS GAS ENERGIT, in corso di approvazione). Nella parte nord della Sardegna sono stati annunciati possibili progetti da parte di ENI, per la localizzazione di una **nave di stoccaggio** di GNL permanentemente ormeggiata a Porto Torres, e da parte del Consorzio industriale della provincia di Sassari per la realizzazione di un deposito SSLNG.

Nel frattempo, la Regione Autonoma della Sardegna ha ottenuto finanziamenti per due **progetti** specifici che rientrano nel Programma di cooperazione transfrontaliera Italia-Francia Marittimo 2014/2020 "Cooperazione territoriale europea", finanziato dal FESR.

- **Il progetto SIGNAL - Strategie transfrontaliere per la valorizzazione del gas naturale liquido**
Il progetto vede coinvolti, oltre alla Regione Autonoma della Sardegna, CENTRALABS, l'Office des Transports de la Corse (Corsica - FR), l'Autorità di Sistema portuale del Mar Tirreno Settentrionale (Toscana - IT), la Chambre de Commerce et d'Industrie Territoriale du Var (Regione Paca - FR), l'Università degli studi di Genova e la Regione Liguria (Liguria - IT), partner del Progetto SIGNAL.
L'area geografica d'intervento è costituita dal territorio di Italia e Francia, i settori d'intervento sono l'industria ed i trasporti. La finalità riguarda la definizione di un sistema integrato di distribuzione del gas naturale liquido (GNL) nei 5 territori partner coinvolti, attualmente accomunati da un'inadeguatezza dei porti nella disponibilità di risorse di GNL e siti di stoccaggio che rendano possibile il rifornimento ai natanti e ai mezzi di trasporto. Obiettivo generale è quello di rispondere a queste mancanze con lo sviluppo di piani e strategie a supporto dell'attuazione della direttiva UE 2012/33 e inoltre assistere i territori caratterizzati da reti di metanizzazione limitate o assenti a trasformare l'opportunità offerta dal GNL in valore aggiunto per ridurre le emissioni inquinanti prodotte dal settore industriale e dei trasporti nell'ambito dei territori interessati dall'intervento.
- **Il progetto Promo-GNL**
Il progetto vede coinvolti, oltre alla Regione Autonoma della Sardegna, CENTRALABS, l'Autorità di Sistema portuale del Mar Tirreno Settentrionale (Toscana - IT), l'Office des Transports de la Corse (Corsica

- FR), la Chambre de Commerce et d'Industrie Territoriale du Var (Regione Paca - FR), la Regione Liguria (Liguria - IT), l'Università di Pisa (Toscana - IT).

Il progetto è finalizzato alla realizzazione di un quadro coordinato di studi di fattibilità per la promozione degli usi ottimali del GNL nei porti commerciali e nelle attività marittime dell'area di cooperazione e per mettere in atto azioni di informazione, comunicazione e diffusione presso gli operatori del settore sulle opportunità di utilizzare il GNL come combustibile meno inquinante.

1.4.3 Scenari e strumenti per la diffusione del GNL nei trasporti

Il quadro di riferimento proposto mette in luce alcuni aspetti importanti riguardo l'uso del gas naturale nei trasporti. Primo fra tutti emerge che l'obiettivo di inserimento del gas naturale, specificatamente nel settore dei trasporti, riguarda il gas naturale in forma liquefatta. Da questo fatto discende il seguente focus relativo al GNL⁸. In generale, le tempistiche di avviamento non appaiono immediate. Inoltre emerge che dal punto di vista marittimo, non appena disponibili i depositi costieri, il trasporto navale potrà immediatamente beneficiarne e sviluppare l'uso del GNL. Invece, per la diffusione su terra, in particolare di punti di rifornimento per i mezzi di trasporto pesante, può essere attuata solo in una fase successiva alla disponibilità e piena attività dei depositi portuali, allungando i tempi di sviluppo. L'analisi di seguito proposta considera tali aspetti e approfondisce principalmente il tema del gas naturale liquefatto, anche considerato che gli obiettivi del PEARS per il settore trasporti sono a esso dedicati. In particolare si evidenziano tre punti focali, riassunti dalla figura seguente: le caratteristiche del GNL, il ruolo del GNL per la Regione Sardegna e infine gli strumenti per una implementazione di successo ma anche per ulteriori possibilità future.

⁸ Lo stesso GNL assolve agli obiettivi di metanizzazione dell'isola per il settore domestico, che attraverso rigassificatori può essere immesso nella rete in forma gassosa (GNC).

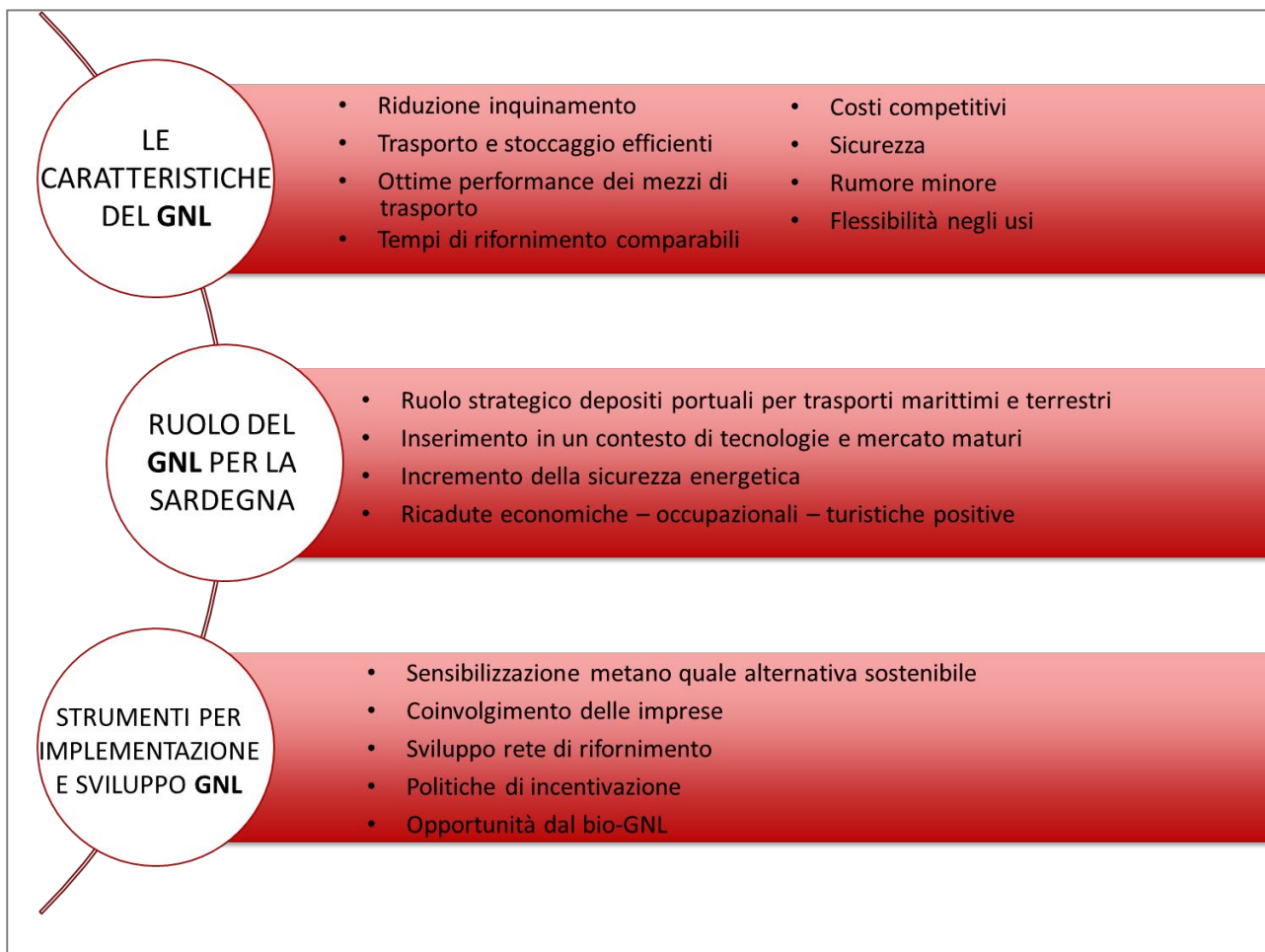


Figura 15 - I vantaggi, il ruolo e gli strumenti per l'implementazione e lo sviluppo del GNL in Sardegna
(Fonte: elaborazione degli autori)

LE CARATTERISTICHE DEL GNL

Il GNL (gas naturale liquefatto) non è altro che il gas naturale, tipicamente utilizzato in forma compressa (GNC) sia per il caso dei trasporti che per la rete domestica, che viene convertito in forma liquida tramite procedure di raffreddamento. In questa forma il suo utilizzo comporta, oltre a una serie di benefici ambientali rispetto agli altri combustibili fossili, anche vantaggi di tipo gestionale, nonché delle caratteristiche dei mezzi di trasporto.

▪ Riduzione inquinamento

Il metano è un combustibile sicuro e ampiamente utilizzato, e rappresenta il meno inquinante tra gli idrocarburi per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico locale. Ancora maggiori risultano i vantaggi ecologici dell'uso di bio-metano (discusso in seguito). Il GNL è inoltre soggetto a trattamenti che consentono l'**eliminazione totale di particolato** e di **ossidi di zolfo (SO_x)**, ma anche la pressoché totale rimozione di **ossidi di azoto (NO_x)**, rendendolo dunque un prodotto con elevati standard di **compatibilità ambientali**. Per quanto riguarda le emissioni di **anidride carbonica**, è da valutare il bilancio globale del processo di produzione e trasporto del metano, valutando anche le perdite, essendo il metano stesso un gas a effetto serra. Con particolare riferimento al trasporto navale, l'utilizzo del GNL come combustibile permette anche di contribuire positivamente al rispetto dei **requisiti di riduzione del tenore di zolfo** nei combustibili per uso marittimo stabiliti dalla direttiva 2012/33/UE e come segnalato dalla direttiva DAFI.

Dal punto di vista specifico della Regione Sardegna, è ancora diffuso l'utilizzo di olio combustibile e carbone per la produzione di energia. Quest'ultimo in particolare è considerata la fonte energetica più inquinante e il metano è sicuramente un'alternativa valida per sostituirlo.

- **Trasporto e stoccaggio efficienti**

Il metano liquefatto è caratterizzato da proprietà che lo rendono ottimo per lo stoccaggio e per il trasporto. Infatti, tramite liquefazione il gas naturale **riduce il suo volume di circa 600 volte**, aumentando così la capacità di stoccaggio di energia in serbatoi di dimensioni limitate, e consentendo di trasportare maggiori quantità su lunghe distanze.

Il trasporto può riguardare sia navi metaniere che mezzi di trasporto pesanti, adeguatamente progettati e in particolare provvisti di serbatoi criogenici. Questo meccanismo potrà riguardare anche la Regione Sardegna che, sfruttando le **diverse soluzioni di trasporto**, tra cui anche la possibilità di rigassificare il metano per inserirlo nelle reti domestiche, può portare il gas naturale a raggiungere capillarmente tutto il territorio.

- **Ottime performance dei mezzi di trasporto**

Dalla necessità di serbatoi criogenici, in grado di mantenere il gas naturale in forma liquida, deriva il fatto che l'**autonomia dei mezzi di trasporto diventa molto elevata**, in particolare se comparata ad altri mezzi di corrispondenti caratteristiche ma che utilizzano il gas naturale compresso. Per quanto riguarda i mezzi di trasporto pesante su terra, i prodotti del mercato presentano autonomie di circa 1.000 km, con i modelli più recenti che raggiungono anche i 1.500 km.

Ma le buone prestazioni non riguardano solo l'autonomia: infatti questi mezzi presentano anche elevate **performance**, che superano i 400 CV, e anche una **guidabilità** ottimale. Le prestazioni del veicolo risultano dunque comparabili ai migliori modelli diesel e superiori rispetto al GNC, poiché il gas naturale in forma liquida è composto quasi esclusivamente da CH₄ mentre il metano da rete presenta impurità che possono arrivare fino al 15%, riducendo sensibilmente la qualità del prodotto e di conseguenza le prestazioni del veicolo rifornito.

- **Tempi di rifornimento comparabili**

Le tempistiche per il rifornimento dei mezzi di trasporto sono spesso un ostacolo quando si tratta di spostarsi dai combustibili tradizionali a fonti alternative (es. mobilità elettrica). Il GNL può però risultare positivo anche sotto questo aspetto. In generale, il **tempo di rifornimento di un automezzo pesante a GNL è nettamente inferiore a quello di un mezzo a GNC**, anche se le tempistiche dipendono anche dalla tipologia di impianto che viene realizzato. Al termine del rifornimento è necessaria anche la procedura di messa a freddo; a titolo di esempio, l'intera procedura di rifornimento e raffreddamento per mezzi di trasporto pesante può restare anche al di sotto dei 10 minuti.

- **Costi competitivi**

I mezzi di trasporto a GNL sono caratterizzate da tecnologie già attualmente consolidate e sul mercato, per questa ragione i **prezzi di vendita sono competitivi**, così come il costo del carburante stesso. In particolare, se si prende in considerazione la vita utile del veicolo e includendone i costi di gestione, ovvero considerando i costi in termini di **TCO – Total Cost of Ownership**, si registrano anche dei vantaggi economici ad esempio rispetto a quello di un veicolo commerciale equivalente diesel.

- **Sicurezza**

Il GNL ha le caratteristiche tipiche di una sostanza infiammabile, con la propensione a incendiarsi ed eventualmente esplodere in determinate concentrazioni in volume con l'aria. I maggiori rischi riguardo

L'utilizzo del GNL risiedono negli **impianti** dedicati alla loro gestione, come i depositi, i rigassificatori o le stazioni di rifornimento. Si tratta generalmente di impianti a rischio incidenti rilevanti ma, allo stato attuale, tali rischi sono stati ricondotti a livelli accettabili grazie alle diverse **misure di prevenzione e mitigazione** messe in campo. Indispensabile è il **monitoraggio a distanza** di tutti gli elementi soggetti a controllo, attraverso idonei sistemi di segnalazione di pericolo.

Per quanto riguarda invece il caso marittimo, un eventuale rilascio in ambiente acquatico ha il vantaggio di **non dar luogo a inquinamento delle acque** in quanto il GNL, come tutti i gas liquefatti, subirebbe una rapida evaporazione a pressione atmosferica e temperatura ambiente.

- **Rumore minore**

Un ulteriore vantaggio riguardante i mezzi di trasporto pesante via terra è dato dalla riduzione del rumore generato dai veicoli. In particolare se confrontati con i maggiormente diffusi veicoli a diesel, si ha una **riduzione dell'inquinamento acustico** di circa 5 decibel.

- **Flessibilità negli usi**

Come in parte è già emerso dalle precedenti considerazioni, il gas naturale in forma liquefatta presenta un'**elevata versatilità negli usi** e può essere un ottimo candidato alla sostituzione dei carburanti tradizionali. Innanzitutto è emersa la sua capacità di inserirsi in due branche importanti dei **trasporti**: i mezzi marittimi e i mezzi terrestri, in particolare adibiti al trasporto pesante. Questo significherebbe per la Regione Sardegna, in un'ottica di lungo raggio, avere la possibilità di sostituire il diesel per il trasporto via terra e l'olio combustibile o il diesel marino per le navi. Ma le possibilità per lo sfruttamento del GNL non si fermano. Tramite l'utilizzo dei rigassificatori è possibile immetterlo nella rete del metano che raggiunge il **settore residenziale**, ma può anche interessare utenze disconnesse in forma liquida. Anche per **imprese e industrie** rappresenta un'opportunità dai costi competitivi per generare autonomamente calore e elettricità.

RUOLO DEL GNL PER LA REGIONE SARDEGNA

Con l'avvento del GNL quale alternativa, la situazione della Regione Autonoma della Sardegna rispetto al gas naturale potrebbe subire una svolta positiva, in parte già iniziata con l'installazione dei primi hub GNL portuali.

- **Ruolo strategico depositi portuali per trasporti marittimi e terrestri**

Storicamente, per la sua condizione di insularità, la Regione Sardegna si è trovata in una posizione svantaggiata rispetto alle possibilità di sfruttamento del gas naturale. Essa è infatti attualmente l'unica parte del territorio italiano totalmente non connessa alla rete nazionale per il trasporto del metano in forma gassosa. Il GNL assume a questo proposito un **ruolo strategico per la Sardegna**, che può recuperare il gap energetico e tecnologico che ha rispetto alla nazione. Non solo, l'isola è la regione mediterranea che più di tutte può attivarsi e ha l'interesse per sfruttare l'impiego integrato del metano liquido (e non) in ogni possibile campo di applicazione, data l'assenza di approvvigionamento via gasdotto. È proprio per questa ragione che i depositi portuali di GNL risultano fondamentali per lo sviluppo della Sardegna in questo ambito, fungendo da strumento di innesco per ulteriori usi. Con la disponibilità e piena funzionalità dei terminali portuali la Regione sarà capace di accogliere le metaniere che viaggiano con il gas naturale liquefatto, rifornire le navi e il suo stesso territorio.

Dal punto di vista del trasporto terrestre, è evidente la necessità di attendere il consolidamento dei depositi portuali, dopodiché sarà possibile progettare lo sviluppo di una **rete interna di rifornimento** per favorire l'inserimento dei mezzi del trasporto pesante a GNL ed equipararsi alla nazione, in cui vi sono

attualmente più di 30 distributori in funzione che forniscono GNL per il trasporto su strada, e quasi la stessa quantità sono quelli già in progetto. In quest'ottica di sviluppo progressivo, trasporto marittimo e trasporto terrestre, ben si presta la scelta dei depositi portuali di tipo **Small Scale GNL (SSGNL)**, caratterizzati da tempi rapidi di realizzazione, modularità e flessibilità delle tecnologie che possono dunque essere adattate per seguire la crescita dei consumi e lo sviluppo della rete interna.

▪ **Inserimento in un contesto di tecnologie e di mercato maturi**

Uno dei vantaggi per la Regione di inserirsi nel mercato del GNL risiede nel fatto che allo stato attuale esso può definirsi **già maturo e con una serie di stakeholder industriali**. Ad esempio, sono diverse le case automobilistiche che già producono veicoli a GNL, così come le aziende dedicate alla progettazione e costruzione degli impianti.

▪ **Incremento della sicurezza energetica**

L'importazione del GNL via mare permetterà alla Regione di perseguire ulteriormente l'obiettivo di **diversificazione delle fonti** di approvvigionamento e questo comporta ricadute positive anche sulla **sicurezza energetica** della Regione che potrà esibire un mix energetico sempre più diversificato, sostenibile ed efficiente. Inoltre, il fatto di utilizzare il metano liquido in piccola taglia (SSGNL) risulta in piena sinergia con il processo di decentramento e di diffusione territoriale delle diverse filiere energetiche rinnovabili.

▪ **Ricadute economiche – occupazionali – turistiche positive**

Seguendo le previsioni di diffusione sia via mare sia via terra, si presuppone un forte inserimento del gas naturale (GNL e GNC) all'interno dell'**economia regionale**. Da tale inserimento e dalle previsioni di domanda elevata deriva la possibilità di insediamento di industrie dell'indotto e di trasformazione con la successiva possibilità di consolidarsi e proporsi all'estero. È un'occasione per lo sviluppo tecnologico e per generare anche **nuove opportunità occupazionali**.

Da un punto di vista esclusivamente marittimo, ci si attende che, a seguito della disponibilità del GNL nei porti, si verifichi una crescita del traffico di navi popolate a GNL, ovvero che l'introduzione dei terminali di rifornimento funga da strumento per invogliare anche il cluster marittimo armatoriale a ragionare in termini di sviluppo sostenibile. Quindi si prospetta pure uno sviluppo dell'**industria del settore navale**, con conseguente ammodernamento delle flotte in circolazione.

Inoltre, con l'introduzione del GNL in Sardegna si contribuisce a **valorizzare la vocazione turistica** della Regione che come già emerso, consuma elevate quantità di petrolio rispetto alle altre regioni d'Italia. Considerando il GNL congiuntamente alla diffusione della mobilità elettrica, la Regione Sardegna potrebbe divenire una delle regioni più ecologiche.

STRUMENTI PER IMPLEMENTAZIONE E SVILUPPO GNL

L'introduzione del metano in Sardegna è un obiettivo perseguito da diversi anni. Solo dopo l'abbandono del progetto GALSI e con la nuova strategia il cui punto chiave è rappresentato dall'installazione dei depositi SSGNL, il metano in Sardegna si prefigura come reale e anche in fase di attuazione. È dunque chiaro l'obiettivo da perseguire, ma è comunque necessario progettare accuratamente gli strumenti e gli ulteriori sviluppi.

▪ **Sensibilizzazione metano quale alternativa sostenibile**

Un'operazione importante per promuovere una diffusione adeguata dell'utilizzo del gas naturale è certamente un'attività di **sensibilizzazione sul metano** da intendersi come alternativa importante per la

Sardegna nella rimozione della dipendenza dai combustibili tradizionali. La sensibilizzazione ha lo scopo di evidenziare i vantaggi che la Regione e la sua popolazione possono trarne, ma può portare anche con se azioni di **formazione e educazione** alla popolazione per chiarire dubbi o evidenziare problematiche da risolvere.

▪ **Coinvolgimento delle imprese**

In una transizione importante e che interessa il settore dei trasporti ma non solo, è di fondamentale importanza il manifestarsi di **imprese a sostegno**. In molti degli impianti sorti in Italia per il rifornimento stradale di GNL, buona parte del merito per la loro realizzazione va alle realtà imprenditoriali del territorio che credono e decidono di investire nel settore. È importante che lo stesso meccanismo si verifichi sull'isola e in questo è di rilievo anche il ruolo della Regione, che può favorire la partecipazione e l'attivismo delle imprese, nonché ridurre le questioni burocratiche che possono frenare lo sviluppo del GNL inibendo la volontà di investimento da parte degli imprenditori.

Sono diverse le attività connesse al GNL e che potrebbero manifestare interesse, investire, creare opportunità lavorative, trarne vantaggi economici. Ad esempio, vi sono i costruttori dei veicoli, i fornitori di impianti, gli operatori della distribuzione dei carburanti, quelli della logistica, dei depositi costieri, nonché le aziende del settore energetico e industriale.

▪ **Sviluppo rete di rifornimento**

Lo sviluppo di una rete di rifornimento interna a servizio dei mezzi di trasporto pesante è l'elemento **fondamentale per spingere il settore dei trasporti via terra al passaggio dal diesel verso il GNL**. Come già detto, lo sviluppo della rete infrastrutturale discende dall'implementazione dei depositi nelle aree portuali. Saranno necessari costi d'investimento importanti e una progettazione adeguata dei punti di rifornimento, in maniera tale da rendere l'utilizzatore sicuro e invogliato alla conversione della flotta dei mezzi di trasporto. Naturalmente, questo processo richiede anche un sostegno da parte della Regione.

▪ **Politiche di incentivazione**

Come accade per la mobilità elettrica, sono necessarie delle politiche di incentivazione e promozione quando si tratta di instaurare dei cambiamenti di tale entità. Il punto più importante per favorire la diffusione è l'**incentivazione economica**, sia per l'acquisto dei mezzi sia per lo sviluppo delle stazioni di rifornimento. Questa può essere poi accoppiata ad altri **meccanismi di promozione** che rendano il servizio vantaggioso per l'utente, ad esempio, per il trasporto merci l'accesso a zone urbane altrimenti non consentito.

▪ **Opportunità dal Bio-GNL**

Il biometano è un gas rinnovabile con elevato potenziale di produzione dal settore agricolo, dai rifiuti organici (FORSU) e dalle biomasse. I vantaggi ecologici del biometano amplificano ulteriormente e in maniera sostanziale quelli del metano.

La filiera del biometano è legata al settore energetico ma **si sta ampliando al settore dei trasporti**. La Strategia Energetica Nazionale 2017 assegna al biometano un ruolo strategico per contribuire alla decarbonizzazione dei trasporti, settore in cui vi è una forte necessità di introduzione alle rinnovabili. Con l'entrata in vigore del Decreto Interministeriale del 2 marzo 2018, l'Italia recepisce le indicazioni comunitarie per incentivare l'immissione in consumo di biocarburanti avanzati nei trasporti. Nel caso specifico del GNL si parla di produzione di bio-GNL, per il quale sono già oggi disponibili le tecnologie adatte alla sua produzione. Inoltre, i mezzi di trasporto a GNL sono immediatamente utilizzabili anche con il bio-GNL senza necessità di adeguamenti, per questo la filiera del biometano può essere un secondo obiettivo da perseguire per la Regione Sardegna, se non congiuntamente a quello del GNL. Con il Decreto

si introducono le agevolazioni per il bio-metano, che può rappresentare una vera e propria rivoluzione per l'**economia circolare**, diventando sostenibile anche nel settore dell'autotrazione e del trasporto merci.

1.5 Trasporto alimentato a idrogeno

Il tema dello sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili in Sardegna, che ha l'obiettivo a lungo termine di procedere verso l'affrancamento definitivo dalle fonti fossili, pone all'attenzione il tema dello sfruttamento del surplus di produzione energetica da FER non programmabili. Una possibile via di sfruttamento è quello del suo utilizzo per la produzione di idrogeno tramite elettrolisi, da impiegare per esempio come propulsore nell'ambito dei trasporti o come prodotto in ambito industriale. Al momento questa è una suggestione che non prevede azioni già programmate dal PEARS, ma si pone come elemento da approfondire per un eventuale sviluppo futuribile.

1.5.1 Contesto di riferimento e obiettivi del PEARS

Nel 2019 è stato pubblicato il **Piano Nazionale per la Mobilità a Idrogeno**⁹, redatto su incarico del Governo dal comitato MH2IT, che raccoglie i principali operatori del settore. Il Piano prevede a livello nazionale la messa in servizio di 197 stazioni di rifornimento per l'idrogeno entro il 2025 (141 per autovetture e 56 per autobus), cui dovranno essere aggiunte quelle necessarie per il rifornimento di materiale ferroviario. In parallelo alla costruzione dell'infrastruttura di rifornimento è prevista la messa in strada di 27.000 autovetture a idrogeno entro il 2025 (0,1% del parco veicoli italiano). Per quanto riguarda gli autobus a idrogeno, l'obiettivo è di raggiungere circa 1.100 al 2025 (1,1% dello stock totale). Per la mobilità pesante si prevede di raggiungere uno stock veicoli di poco meno di 2.000 unità per il 2030 e una sostituzione del 29% del parco circolante per il 2050 (circa 50.000 unità). Lo scenario del trasporto passeggeri nel settore ferroviario prevede un'implementazione del vettore idrogeno in circa 20 unità al 2025, per arrivare ad una sostituzione di 100 locomotori diesel su tratte non elettrificate entro il 2050. Queste iniziative permetteranno la costruzione di stazioni a idrogeno in punti strategici del Paese per permettere la copertura infrastrutturale delle principali arterie di trasporto (TEN-T) e dei principali centri abitati rendendo possibile la diffusione su vasta scala delle tecnologie dell'idrogeno per il trasporto di massa.

Nell'ambito delle **Osservazioni alla SEN 2017**, il tema dello sviluppo dell'idrogeno è citato nell'ambito del supporto alla diffusione all'accumulo distribuito, individuando, come una tra le possibili opzioni, la produzione di idrogeno per via elettrolitica per assorbire i picchi di produzione da fonte rinnovabili. Le Regioni inoltre evidenziano la necessità di introdurre un maggiore supporto alla ricerca sulla produzione, stoccaggio e distribuzione dell'idrogeno, ivi compresa l'integrazione delle rinnovabili elettriche e lo sviluppo delle relative infrastrutture (con particolare attenzione al settore dei trasporti).

Il MiSE ha pubblicato le **Linee Guida Preliminari alla Strategia Nazionale Idrogeno** nel novembre 2020 ma non ha ancora approvato una strategia nazionale che dovrebbe essere approvata entro il 2022¹⁰. Gli obiettivi fissati dalle Linee Guida Preliminari, definendo l'obiettivo di soddisfare il 2% della domanda energetica finale al 2030 con idrogeno attraverso l'installazione di circa 5 GW di elettrolizzatori. Nel settore dei trasporti le linee guida si concentrano principalmente sui trasporti pesanti, con l'obiettivo di raggiungere almeno 4.000 (ma con un potenziale fino a 14.000, il 7% della flotta complessiva) camion a celle a combustibile entro il 2030, e sul trasporto ferroviario e navale. Per quanto riguarda i trasporti pesanti, le linee guida prevedono di realizzare distributori a idrogeno adatti per camion e auto funzionanti anche a pressioni superiori ai 700 bar

⁹ https://www.h2it.it/wp-content/uploads/2020/03/Piano-Nazionale_Mobilita-Idrogeno_integrale2019.pdf

¹⁰ "Strategia Nazionale Idrogeno - Linee guida preliminari." 2020 – Ministero dello Sviluppo Economico

mentre, per quanto riguarda il trasporto su ferro, le linee guida prevedono l'impiego di convogli ferroviari a idrogeno lungo le linee non elettrificabili in sostituzione degli attuali convogli alimentati a diesel. Per raggiungere gli obiettivi prefissati dalle Linee Guida Preliminari, tra il 2020 e il 2030, l'Italia prevede un investimento di 10 miliardi di Euro, così distribuiti¹¹:

- 5-7 miliardi di Euro per la produzione di idrogeno
- 2-3 miliardi di Euro per l'adeguamento delle strutture di distribuzione e consumo
- 1 miliardo di Euro per la ricerca e lo sviluppo

Il **PNRR** dedica molta attenzione al tema dello sviluppo dell'idrogeno e prevede, nell'ambito della missione M2C2 il pacchetto di investimenti numero 3, pari a 3,19 miliardi di Euro, oltre che a ricerca e sviluppo nell'ambito dell'investimento 5.2 (0,45 miliardi di Euro):

- Investimento 3.1: Produzione in aree industriali dismesse
- Investimento 3.2: Utilizzo dell'idrogeno in settori hard-to-abate
- Investimento 3.3: Sperimentazione dell'idrogeno per il trasporto stradale
- Investimento 3.4: Sperimentazione dell'idrogeno per il trasporto ferroviario
- Investimento 3.5: Ricerca e sviluppo sull'idrogeno
- Riforma 3.1: Semplificazione amministrativa e riduzione degli ostacoli normativi alla diffusione dell'idrogeno
- Riforma 3.2: Misure volte a promuovere la competitività dell'idrogeno

Il **Fondo complementare al PNRR (PNC) M3C1** Alta velocità ferroviaria e strade sicure. Decreto Ministeriale n. 363 del 23.09.2021 ha stanziato fondi per realizzare il progetto **“Interventi di potenziamento: Collegamento ferroviario Alghero centro Alghero aeroporto, con impianto di produzione di idrogeno e materiale rotabile per la linea Sassari Alghero Aeroporto”**. L'intervento prevede la realizzazione del collegamento ferroviario a scartamento ridotto dalla città di Alghero all'aeroporto di Alghero Fertilia, l'acquisizione di materiale rotabile ad idrogeno per la linea Sassari Alghero Aeroporto e la realizzazione dell'impianto di produzione ad idrogeno. Il tracciato si sviluppa per circa 7 km e consente un collegamento spola con la linea Sassari/Alghero attraverso la stazione di scambio Mamuntanas. Mamuntanas dista circa 5 km da Alghero e circa 25 da Sassari. La stazione capolinea sarà realizzata in prossimità dell'aerostazione di Alghero. L'area nella quale verrà realizzato l'impianto di produzione dell'idrogeno è stata individuata all'interno di un ampio compendio già di proprietà regionale nell'ambito del quale verranno realizzati anche gli impianti ferroviari per la manutenzione ed il ricovero dei mezzi. L'impianto di produzione di idrogeno consentirà di disporre dell'idrogeno direttamente in loco (a bocca di treno) senza necessità di trasporto. Un aspetto in fase di approfondimento è il dimensionamento dell'impianto di produzione d'idrogeno strettamente legato alla fonte di alimentazione dell'elettrolizzatore:

1. da fonti rinnovabili realizzate in situ
2. energia verde certificata dal Gestore Nazionale

In relazione alla seconda opzione si sta esaminando l'opportunità di alimentare l'impianto di produzione di idrogeno con energia verde certificata dal Gestore Nazionale, sfruttando il surplus di energia prodotta da fonti rinnovabili esistenti così da assicurare regolarità e continuità nella fornitura, garantendo la possibilità di non sovradimensionare l'opera con un impianto eolico/fotovoltaico.

Il **PEARS** non prevede azioni per lo sfruttamento dell'idrogeno come fonte energetica, essendo questo un tema di più lunga prospettiva.

¹¹ “Strategia Nazionale Idrogeno - Linee guida preliminari.” 2020 – Ministero dello Sviluppo Economico

1.5.2 Prime stime di potenzialità di sfruttamento del surplus di energia rinnovabile

È di seguito illustrato uno schema che dà indicazioni di massima sul possibile potenziale di sfruttamento del surplus energetico da FER non programmabili in Sardegna per la produzione di idrogeno via elettrolisi. Le stime che sono proposte sono indicazioni di massima che fungono da base di partenza per eventuali ulteriori approfondimenti puntuali.

Lo schema proposto in figura evidenzia le principali potenzialità di utilizzo dell'idrogeno per la Regione Autonoma della Sardegna, il cui punto di partenza è l'**energia elettrica in surplus** prodotta da fonti rinnovabili. Una delle problematiche principali dell'economia a idrogeno è la scarsa efficienza dell'intero processo, infatti si verificano delle notevoli perdite di energia dalla conversione in idrogeno dell'energia elettrica fino al suo utilizzo finale. In termini analoghi a quanto accade attualmente per la *mobilità elettrica*, l'elevato potenziale di energia da FER per la Sardegna e l'auspicabile aumento del loro sfruttamento potrebbe essere in futuro accoppiato anche alle tecnologie a idrogeno, nel momento di affermazione del mercato.

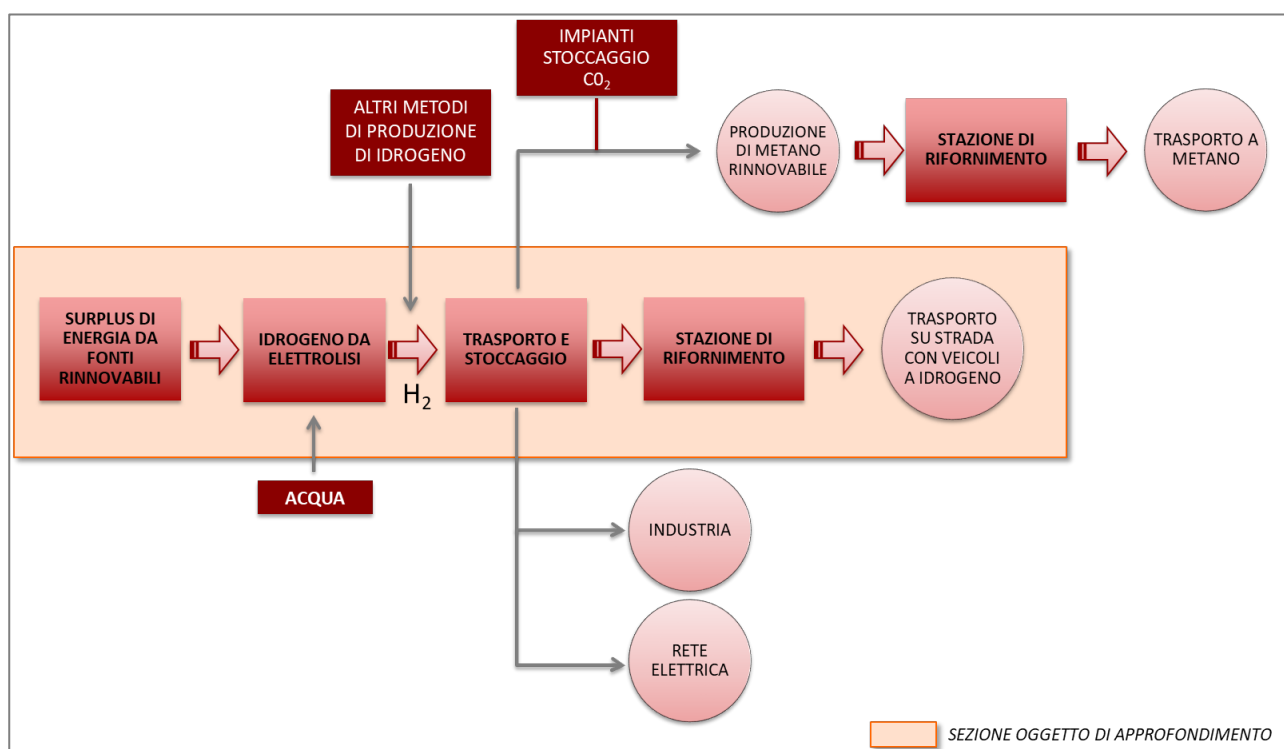


Figura 16 - Individuazione delle potenzialità di utilizzo dell'idrogeno prodotto dal surplus di energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili (Fonte: elaborazione degli autori)

L'idrogeno è l'elemento più abbondante dell'universo e la sua disponibilità è praticamente illimitata. La problematica principale per il suo reperimento deriva dal fatto che esso è in natura sempre legato ad altri elementi chimici e per questo è necessario provvedere alla sua produzione. Attualmente vi sono **diverse metodologie per produrre idrogeno**, alcune sono legate ai processi industriali, altre sono correntemente oggetto di studi di ricerca, come ad esempio la produzione di idrogeno da biomasse. Tra gli approcci più semplici, nonché ecologici, vi è la produzione dell'idrogeno per **elettrolisi dell'acqua**. Tale procedura presuppone l'utilizzo di elevate quantità di **acqua** che, grazie al passaggio dell'**energia elettrica**, si scompone in ossigeno e idrogeno gassoso.

Una volta che l'idrogeno è prodotto sono necessarie le operazioni di **trasporto e stoccaggio**. Innanzi tutto la fase di trasporto può risultare più o meno incidente in relazione alla perdita di efficienza complessiva del processo. Ad esempio, è possibile che la produzione e lo stoccaggio per l'utilizzo si verifichino in loco senza necessità di alcun trasporto, quale può essere il caso di un impianto eolico la cui energia in surplus viene

direttamente immagazzinata in forma di idrogeno (prodotto da elettrolisi dell'acqua) per poi essere destinato a un uso diretto, che sia di tipo industriale o per il trasporto o altro. Altrimenti può essere necessaria la movimentazione del gas attraverso appositi mezzi di trasporto. Dunque, l'incidenza della fase di trasporto è dipendente dalla destinazione d'uso dell'idrogeno prodotto e tra i suoi possibili utilizzi si evidenziano quattro **principali opportunità**: utilizzo nei trasporti tramite veicoli a idrogeno, uso industriale, produzione di idrogeno e re-immissione nella rete elettrica a seguito di riconversione, uso dell'idrogeno per la produzione di metano rinnovabile.

▪ VEICOLI A IDROGENO

Tra i veicoli che utilizzano idrogeno attualmente sul mercato, i più diffusi e performanti sono i *Fuel Cell Electric Vehicle* (FCEV), i quali utilizzano l'idrogeno immagazzinato in un serbatoio pressurizzato e una cella combustibile (*Fuel Cell*) che produce l'energia elettrica necessaria allo spostamento. Utilizzando l'idrogeno come carburante il veicolo **non produce emissioni dannose, solo vapore acqueo**. Se prodotto da fonti rinnovabili l'idrogeno contribuisce pienamente alla transizione energetica in particolare della mobilità a zero emissioni. Con riferimento alla fase di trasporto e stoccaggio, la distribuzione dell'idrogeno per il settore dei trasporti necessita in particolare di creare delle stazioni di rifornimento apposite. Queste possono essere alimentate sia con idrogeno prodotto on-site, direttamente presso la stazione, oppure con idrogeno prodotto altrove e trasportato.

Per quanto riguarda l'utilizzo dell'idrogeno nei trasporti via terra si propone in seguito un'analisi di maggiore dettaglio per il caso della Regione Autonoma della Sardegna.

▪ USI INDUSTRIALI

L'utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico emerge come opportunità negli anni recenti, invece, il suo **utilizzo a livello industriale è storico**. L'idrogeno viene infatti utilizzato principalmente come materia prima all'interno delle industrie di raffinazione petrolifera e nelle industrie chimiche per diversi scopi, quali ad esempio la produzione di ammoniaca, metanolo, concimi per l'agricoltura, ma anche nell'industria metallurgica.

▪ RE-IMMISSIONE NELLA RETE ELETTRICA

Uno dei prerequisiti per l'utilizzo delle energie rinnovabili è la disponibilità di una rete elettrica che sia in grado di **assorbire le fluttuazioni dalle fonti di energia non programmabili**. È già emerso che questa sia una necessità anche per la rete sarda e che un sostanziale contributo potrebbe provenire dallo sviluppo della mobilità elettrica e delle infrastrutture di ricarica. Un contributo di analoga funzione può essere fornito anche dall'idrogeno. Grandi quantità di energia possono essere **stoccate** in forma di idrogeno e **poi riconvertite** nuovamente in elettricità quando necessario. Ciò, pur con tutte le perdite energetiche del caso, rappresenterebbe comunque un elemento di sostegno alla flessibilità.

▪ PRODUZIONE DI CH₄ RINNOVABILE

Un ulteriore utilizzo per l'idrogeno, che risulta attualmente di interesse e oggetto di studio per il settore dei trasporti, ma non solo, è rappresentato dalla possibilità di produrre metano "rinnovabile"¹². Si tratta di una procedura che richiede sistemi di **cattura della CO₂**, la quale, tramite l'idrogeno, può essere **convertita in metano**. Il metano così prodotto può inserirsi immediatamente nella rete infrastrutturale di rifornimento per i mezzi di trasporto, oppure nella rete domestica. Tale procedura richiede sistemi tecnologici sofisticati ed è attualmente diffusa principalmente a livello sperimentale, ma potrebbe rivelarsi un ulteriore elemento utile al processo per la decarbonizzazione dei trasporti. Infatti, con questo approccio, se l'energia elettrica utilizzata per l'idrolisi deriva da fonti rinnovabili allora il bilancio della

¹² Cfr. ENEA, https://www.soc.chim.it/sites/default/files/chimind/pdf/2008_8_42_ca.pdf

CO₂ risulta nullo, poiché viene reimpressa nell'ambiente la quantità corrispondente alla CO₂ precedentemente catturata.

Si riporta inoltre un ulteriore sfruttamento possibile nel settore dei trasporti, che accomuna l'idrogeno e il metano: si tratta dell'**idrometano**, una miscela gassosa che può essere usata come carburante nei motori a combustione interna, costituita principalmente da metano, con una percentuale ridotta di idrogeno. Il contenuto di idrogeno nel metano permette di ottenere una combustione più completa rispetto al classico combustibile, contribuendo all'abbattimento delle emissioni generate allo scarico.

Riprendendo lo schema della figura precedente, si propone di seguito una valutazione di tipo quantitativo del potenziale di sfruttamento di idrogeno in Regione Sardegna, limitatamente alla sua applicazione diretta nel settore dei trasporti (sezione evidenziata in rosa nello schema della figura). **Come detto, tale analisi è tesa a fornire una indicazione di massima ed è elaborata a partire da ipotesi e semplificazioni anche significative. Nel caso di interesse, dovranno essere pertanto elaborati ulteriori approfondimenti.**

Secondo i dati del bilancio regionale prodotto da Terna¹³, nel 2020 la Regione Autonoma della Sardegna ha registrato un surplus elettrico annuale complessivo di 3.300 GWh, comprensivo sia della produzione da fonti energetiche rinnovabili sia della produzione termoelettrica tradizionale. L'obiettivo di questa analisi è però quello di valutare le potenzialità derivanti dalla sola produzione da fonti energetiche rinnovabili. Per questa ragione, si fa riferimento al dato fornito da e-distribuzione del 2019¹⁴, il quale rappresenta il **surplus di energia elettrica** comunale, calcolato su base annuale, dei kWh provenienti da **impianti eolici e fotovoltaici**, pari a circa **156 GWh annuali**. Tale surplus si è verificato in 12 Comuni della Regione, presso cui sono presenti principalmente impianti fotovoltaici e 3 impianti eolici.

L'ipotesi alla base dell'analisi proposta è quella di valutare il caso ottimale, in cui l'intero quantitativo di **energia elettrica in surplus prodotta dalle fonti rinnovabili** venga destinata alla produzione di idrogeno.

La valutazione della quantità di idrogeno potenzialmente producibile è strettamente legata all'efficienza complessiva del processo di produzione. Infatti, in funzione del processo utilizzato, è richiesto un differente quantitativo di energia elettrica (kWh) per produrre idrogeno. Per l'analisi si fa riferimento a uno studio proposto da CNR di Firenze¹⁵ (Istituto di Chimica dei Composti Organometallici – ICCOM CNR) che riporta un dato proveniente dal DOE (Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti d'America), secondo cui la quantità di energia richiesta per la produzione di 1 kg di idrogeno è pari a 45 kWh. Da questo discende che, tramite l'utilizzo dell'intero surplus annuale della Sardegna, è possibile produrre circa **3.500 tonnellate di idrogeno**.

Tale produzione non tiene conto di ulteriori possibili perdite di efficienza del processo legate alle fasi di trasporto e stoccaggio, non quantificabili nell'approccio proposto, poiché richiederebbero uno studio maggiormente approfondito, che tenga conto anche della localizzazione dei surplus di energia all'interno del territorio, nonché degli aspetti temporali, ovvero della curva di andamento annuale di tali surplus.

Per inquadrare le potenzialità derivanti dal quantitativo di idrogeno producibile, si analizza di seguito l'effetto del suo utilizzo nel trasporto a idrogeno tramite **autovettura** e in seguito, con riferimento allo stesso quantitativo di idrogeno, sul trasporto pubblico via **autobus**. Seguono ulteriori considerazioni sui **costi** del trasporto.

- **AUTOVETTURE A IDROGENO**

¹³ <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche>

¹⁴ La rete di e-distribuzione non copre l'intero territorio della Regione Autonoma della Sardegna, quindi si fa in questa sede una approssimazione.

¹⁵ Chen, Y. X. et al. Nanotechnology makes biomass electrolysis more energy efficient than water electrolysis. Nat. Commun. 5:4036 doi: 10.1038/ncomms5036 (2014)

Tra le esperienze italiane di maggiore successo relativamente all'utilizzo di idrogeno nei trasporti, vi è il centro idrogeno di Bolzano¹⁶ (Istituto per Innovazioni Tecnologiche Bolzano – Trentino Alto Adige), nonché stazione di rifornimento per veicoli a idrogeno. Per valutare le ricadute sul settore dei trasporti si fa riferimento ai dati del Centro. Le **autovetture a idrogeno** del Centro di Bolzano sono state oggetto di studio del progetto europeo HYFIVE (Hydrogen For Innovative Vehicles); sulla base del modello di autovettura utilizzato è possibile ricavare la quantità di idrogeno necessaria a percorrere un km su strada.

In particolare, risultano necessari circa 9,5 grammi di idrogeno per km percorso. Sulla base di tale dato, sfruttando le 3.500 tonnellate di H₂ producibili in Regione Sardegna, si ricava una percorrenza annuale su strada tramite autovetture pari a **quasi 366 milioni di km**.

Prendendo come riferimento il dato di percorrenza media annuale della popolazione italiana, pari a circa 11.500 km¹⁷, si può derivare che i 366 milioni di km corrispondono a circa **32.800 autovetture** che potrebbero andare a sostituire il parco veicolare attualmente presente. Partendo dal dato ACI relativo al totale delle autovetture circolanti in Sardegna nel 2021, pari a 1.089.897 veicoli, significherebbe sostituire circa il **3% del parco autovetture**.

- **AUTOBUS A IDROGENO**

Nell'ipotesi di utilizzare l'intero surplus di energia elettrica per il trasporto pubblico tramite **autobus a idrogeno**, è necessario utilizzare un diverso fattore di conversione per identificare i km percorribili. Il dato utilizzato proviene dal progetto europeo CHIC¹⁸ (Clean Hydrogen in European Cities) che ha posto allo studio 56 autobus a idrogeno con cella a combustibile, con la partecipazione di due soggetti italiani (l'Istituto per Innovazioni Tecnologiche Bolzano e ATM Milano). I dati raccolti hanno evidenziato che, in termini medi, vi è una richiesta pari a circa 120 grammi di idrogeno per la percorrenza di un km.

Ne deriva che il potenziale per la Regione Sardegna derivante dall'utilizzo del surplus per il trasporto pubblico è pari a **quasi 28 milioni di km** all'anno. Prendendo come riferimento l'asse principale delle comunicazioni stradali della Sardegna, ovvero la strada statale 131 "Carlo Felice" che si estende per una lunghezza di 231,25 km, connettendo **Cagliari con Porto Torres**, significherebbe percorrerla circa 125.000 volte all'anno, corrispondenti a **343 volte al giorno**.

- **COSTO DEL TRASPORTO**

Come già anticipato, a Bolzano è presente e attiva una stazione di rifornimento a idrogeno. In questo contesto, il prezzo di vendita dell'idrogeno è pari a 11,29 Euro/kg H₂. Tralasciando i costi d'investimento necessari all'acquisto dei mezzi di trasporto, i 366 milioni di km percorsi in automobile, o in alternativa, i 28 milioni di km percorsi in autobus, con tale prezzo di vendita dell'idrogeno, costerebbero a una **spesa annuale di 39 milioni di Euro**. Da questo si ricava, per il caso delle **autovetture**, una spesa per km di **0,11 Euro/km**, mentre per l'**autobus 1,35 Euro/km**.

Nel solo caso delle autovetture, andando a ripartire la spesa sulle 32.800 auto a idrogeno precedentemente identificate, si ricava una **spesa annuale per persona** di circa **1.200 Euro**, del tutto comparabile con le attuali spese derivanti dalle autovetture a benzina o a diesel. Inoltre, è probabile che il prezzo di vendita utilizzato per il presente calcolo seguirà un trend decrescente con l'aumentare dello sviluppo di tali tecnologie.

Nella tabella seguente sono riportati in forma schematica i principali esiti dell'analisi appena esposta.

¹⁶ <http://www.h2-suedtirol.com/it/>

¹⁷ Indagine Facile.it del chilometraggio medio pro capite che gli automobilisti italiani hanno percorso nel 2016. <https://www.facile.it/news/quanti-km-hanno-percorso-in-auto-gli-italiani.html>

¹⁸ www.chic-project.eu

Tabella 8 - Potenzialità di utilizzo dell'idrogeno prodotto dal surplus di energia da fonti energetiche rinnovabili per i trasporti terrestri. In corsivo sono evidenziati i coefficienti e le ipotesi fatte (Fonte: elaborazione degli autori)

SURPLUS ANNUALE DI ENERGIA ELETTRICA DA FER			
156,4 GWh/anno			
IDROGENO POTENZIALMENTE PRODUCIBILE CON ELETTROLISI DELL'ACQUA			
3.476 t H₂/anno <i>(quantità di energia elettrica per produzione idrogeno: 45 kWh/kg H₂)</i>			
Caso a)	AUTOVETTURE	Caso b)	AUTOBUS
	KM PERCORRIBILI		KM PERCORRIBILI
	365,9 milioni di km/anno <i>(quantità H₂ per 1 km: 9,5 g H₂/km)</i>		29,0 milioni di km/anno <i>(quantità H₂ per 1 km: circa 120 g H₂/km)</i>
	<i>32.890 autovetture circolanti corrispondenti al 3% del parco autovetture</i>		<i>Percorrenza SS 131 Cagliari – Porto Torres 125.262 volte all'anno o 343 volte al giorno</i>
COSTO DEI VIAGGI			
39,2 milioni di Euro/anno <i>(prezzo in Euro per km: 11,29 Euro/kg H₂)</i>			
Caso a)	AUTOVETTURE	Caso b)	AUTOBUS
	COSTO AL KM		COSTO AL KM
	0,11 Euro/km <i>1.193 Euro/persona/anno</i>		1,35 Euro/km

Per concludere il quadro, nella seguente tabella si riporta una **stima delle emissioni evitate di CO₂, NO_x e PM₁₀** nell'ipotesi di sostituire 32.800 autovetture, considerando sia il caso della benzina sia del gasolio. In particolare, associando alle autovetture a idrogeno fattori di emissione nulli¹⁹, l'emissione evitata è data dal totale delle emissioni attualmente prodotte o da 32.800 auto a benzina o da 32.800 auto a gasolio. I fattori di emissione applicati fanno riferimento al parco medio delle autovetture in Italia calcolati da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e aggiornati all'anno 2016²⁰.

Tabella 9 - Potenziale di riduzione delle emissioni inquinanti grazie alla sostituzione del 3% del parco autovetture in Sardegna - caso a) sostituzione delle auto a benzina; caso b) sostituzione auto a gasolio (Fonte: elaborazione degli autori)

a) Emissioni evitate sostituendo 32.890 autovetture a BENZINA		
CO₂	- 67.294 t CO₂/anno	<i>FE (183,9148 g CO₂/Km)</i>
NO_x	- 57 t NO_x/anno	<i>FE (0,15578 g NO_x/Km)</i>
PM₁₀	- 9 t PM₁₀/anno	<i>FE (0,02442 g PM₁₀/Km)</i>
b) Emissioni evitate sostituendo 32.890 autovetture a GASOLIO		
CO₂	- 62.776 t CO₂/anno	<i>FE (171,5674 g CO₂/Km)</i>
NO_x	- 227 t NO_x/anno	<i>FE (0,61996 g NO_x/Km)</i>

¹⁹ Senza considerare le emissioni prodotte per la produzione di idrogeno

²⁰ <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp> (ISPRA - Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia)

PM10	- 16 t PM10/anno	FE (0,04494 g PM10/Km)
------	------------------	------------------------

FE = fattore di emissione – Dati ISPRA

1.5.3 Le caratteristiche dell'uso dell'idrogeno nei trasporti

- **Flessibilità del sistema elettrico e sicurezza energetica**

L'uso dell'idrogeno come vettore energetico può favorire la possibilità di gestione della rete elettrica per via della possibilità di trasferire la produzione di energia da FER verso il sistema di produzione e stoccaggio dell'idrogeno e viceversa e dunque aumentando la flessibilità dell'intero sistema elettrico. Inoltre, l'utilizzo di questo vettore può ridurre la necessità di importazione di combustibile dall'estero, promuovendo l'autoconsumo e la sicurezza energetica. Ovviamente però è da tenere presente il processo produttivo che porta alla produzione di idrogeno, il quale è attualmente altamente dispendioso dal punto di vista energetico. Come detto, tale tecnologia si rende quindi interessante laddove utilizzata per sfruttare al meglio il surplus energetico prodotto da FER non programmabile, che altrimenti andrebbe sprecato.

- **Trasporto e Stoccaggio**

Come detto sopra, la produzione di idrogeno può avvenire on-site direttamente nella stazione di rifornimento oppure in impianti centralizzati e trasportato successivamente alla stazione di rifornimento, per esempio con trasporto gassoso su camion, trasporto liquefatto su camion o con il pompaggio di idrogeno gassoso in condotte. Esiste un trade-off tra costi fissi di investimento e variabili: mentre la consegna su camion ha il costo di investimento più basso, i costi variabili sono elevati a causa della capacità di trasporto inferiore. È vero il contrario per le condotte, i costi fissi sono guidati da elevati costi di investimento mentre i costi variabili sono bassi. È inoltre da considerare l'impatto ambientale e sul territorio dell'eventuale costruzione e presenza delle infrastrutture o dei mezzi di trasporto circolanti. L'idrogeno ha una bassa densità pertanto deve essere compresso per essere immagazzinato in serbatoi. Tale compressione determina un consumo energetico da considerare. Per esempio, nel caso delle autovetture, la compressione richiede una pressione che è circa quattro volte superiore a quella delle automobili a metano (GNC).

- **Sicurezza**

L'idrogeno è un gas altamente infiammabile, ma non è più pericoloso di molte altre sorgenti di energia. Ad esempio, risulta meno infiammabile della benzina (che ha una temperatura di autoaccensione maggiore). Essendo un gas molto leggero, si diluisce e si disperde molto rapidamente in spazi aperti, al contrario di benzina, gasolio, GPL o gas naturale che sono più pesanti dell'aria e, non disperdendosi, rimangono una fonte di pericolo per tempi molto più lunghi. Infatti, eventuali fuoriuscite di idrogeno evaporano immediatamente a contatto con l'aria a pressione e temperatura ambiente senza causare problemi di inquinamento del terreno o di falde acquifere sotterranee. Se l'idrogeno si infiamma, brucia molto rapidamente e verso l'alto. L'idrogeno non è tossico, è inodore e non corrosivo. Nel caso specifico dei veicoli, le case automobilistiche che hanno messo in commercio i primi mezzi dichiarano elevati standard di sicurezza, a fronte di sofisticate tecnologie, in particolare per quanto riguarda il serbatoio contenente l'idrogeno.

- **Autonomia e tempi di ricarica dei veicoli**

Fermo restando il fatto che a oggi il mercato dei veicoli a idrogeno è ancora molto acerbo, sono disponibili alcune tecnologie che presentano caratteristiche interessanti per quanto riguarda le prestazioni in termini autonomia e tempi di ricarica. In particolare, attualmente per le autovetture, si parla di autonomie di circa 500 km/750 km e tempi di ricarica inferiori ai 5 minuti. Per gli autobus le autonomie

arrivano fino a 450 km, con tempi di rifornimento inferiori a 10 minuti²¹. Tali caratteristiche sono interessanti in relazione alla già sopracitata “*range anxiety*”, ovvero il timore dell’utente di avere una autonomia limitata e di spostarsi in una rete stradale di ricarica non adeguata. Ovviamente la diffusione di questo vettore energetico può essere sostenuta solo attraverso la dotazione di una adeguata infrastruttura di ricarica.

▪ **Riduzione inquinamento e riduzione impatti sulla salute**

L’unica emissione allo scarico dei veicoli a idrogeno è l’acqua, quindi essi si pongono come particolarmente interessanti sia dal punto di vista della limitazione dell’inquinamento atmosferico locale che dal punto di vista delle emissioni climalteranti. Tale caratteristica pertanto può contribuire a ridurre l’esposizione degli abitanti, in particolare nei centri urbani maggiormente caratterizzati da traffico, a inquinanti che vanno a impattare sulla salute, quali ad esempio particolato fine, ossidi di zolfo (SO_x) e ossidi di azoto (NO_x). Come detto, è comunque da tenere presente il processo produttivo che porta alla produzione di idrogeno, altamente dispendioso dal punto di vista energetico e che può avere impatti in termini di emissioni inquinanti in atmosfera. Da tenere conto anche il fatto che, la fase di produzione nel caso di elettrolisi dell’acqua, richiede grandi quantità appunto di acqua.

▪ **Rumore limitato**

Un vantaggio delle auto ad idrogeno, rispetto alle auto tradizionali, è la silenziosità. Le auto a idrogeno infatti da questo punto di vista sono simili alle auto elettriche pure. Le celle a combustibile infatti non producono rumore rilevante.

▪ **Costo**

Nonostante il costo dei veicoli FCEV sia a oggi elevato (i prezzi delle autovetture hanno un ordine di grandezza pari a circa 60.000 Euro), si prevede che il costo convergerà entro il 2030 con quello delle altre tecnologie di alimentazione, grazie ad economie di scala. Analogamente al caso della mobilità elettrica, il costo iniziale d’investimento è elevato ma si riducono i costi di manutenzione. A conferma dell’interesse nella tecnologia FCEV, le maggiori aziende automobilistiche mondiali hanno già integrato la tecnologia delle *fuel cell* ad idrogeno nei loro piani strategici. La maggior parte di questi costruttori ha iniziato a investire in ricerca e sviluppo negli ultimi vent’anni, dai primi prototipi si è passati rapidamente, negli ultimissimi anni, alla produzione su scala commerciale²². Tra i costi rientra naturalmente anche quello per il rifornimento di idrogeno alle stazioni. Dall’analisi riportata al paragrafo precedente si riporta il prezzo relativo alla stazione di rifornimento di Bolzano, pari a 11,29 Euro per kg di idrogeno. Il prezzo di vendita è però fortemente legato al costo della produzione che, come già osservato, può avvenire con procedure differenti e in impianti di diverse dimensioni. In ogni caso, ci si attende comunque un andamento del prezzo che andrà diminuendo con l’aumentare della diffusione della tecnologia.

▪ **Opportunità lavorative e per le imprese**

Lo sviluppo di una nuova tecnologia può in generale portare all’incremento di opportunità di sviluppo delle imprese in ambito innovativo. Tale possibilità riguardano anche tutto il settore dell’indotto, a partire dalla ricerca, allo sviluppo dei veicoli, alla progettazione e realizzazione delle infrastrutture di ricarica, alla gestione dell’intero sistema.

▪ **Flessibilità di uso**

²¹ Piano Nazionale per la Mobilità a Idrogeno <https://www.h2it.it/wp-content/uploads/2018/10/Piano-Nazionale-Mobilita-Idrogeno-v9-integrale-1.pdf>

²² Piano Nazionale per la Mobilità a Idrogeno

Infine, si riprende il fatto che, come in parte emerso nel paragrafo precedente, l'idrogeno ritrova applicazione in differenti settori e quindi risulta flessibile dal punto di vista degli usi. Attualmente vede le maggiori applicazioni nel settore industriale, ma sono all'attenzione i suoi utilizzi nel settore dei trasporti, direttamente in forma di idrogeno oppure per la produzione di metano da CO₂. Altra opportunità è quella di associargli il ruolo di accumulatore energetico per incrementare il potenziale di accumulo della rete elettrica. Le celle a combustibile si possono anche sfruttare ad esempio per produrre l'energia necessaria a un edificio. Infine, con le celle a combustibile si potrebbero anche sostituire le attuali batterie utilizzate nei vari apparecchi portatili, come ad esempio telefoni cellulari o computer, ma per questi utilizzi, si parla per ora di un interessante settore ancora in fase di studio.