

TRASPORTI

& cultura

56

rivista di architettura delle infrastrutture nel paesaggio



**TRASPORTI E SOSTENIBILITÀ
AMBIENTALE**

Rivista quadrimestrale
gennaio-aprile 2020
anno XX, numero 56

Direttore responsabile
Laura Facchinelli

Direzione e redazione
Cannaregio 1980 – 30121 Venezia
e-mail: laura.facchinelli@trasportiecultura.net
laura.facchinelli@alice.it

La rivista è sottoposta a double-blind peer review

Traduzioni in lingua inglese di Olga Barmine

La rivista è pubblicata on-line
nel sito www.trasportiecultura.net

2019 © Laura Facchinelli
Norme per il copyright: v. ultima pagina

Editore: Laura Facchinelli
C.F. FCC LRA 50P66 L7365

Pubblicato a Venezia nel mese di aprile 2020

Autorizzazione del Tribunale di Verona n. 1443
del 11/5/2001

ISSN 2280-3998 / ISSN 1971-6524

TRASPORTI

- 5 TRASPORTI E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE**
di Laura Facchinelli
- 7 I COSTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO, CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI E STRATEGIE DI ADATTAMENTO, STRUMENTI E PROSPETTIVE**
di Francesco Bosello
- 17 I SISTEMI DI TRASPORTO A CONFRONTO: ESTERNALITÀ E IMPATTI AMBIENTALI**
di Marco Pasetto e Giovanni Giacomello
- 27 LA DECARBONIZZAZIONE DEL SETTORE TRASPORTI IN EUROPA E IN ITALIA ENTRO IL 2050**
di Veronica Aneris e Carlos Calvo Ambel
- 35 RILANCIO DEL TRASPORTO FERROVIARIO MERCI IN ITALIA E IN EUROPA: INNOVAZIONI TECNICHE E ORGANIZZATIVE PER LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE**
di Giovanni Giacomello
- 43 EMISSIONI CLIMALTERANTI IN ITALIA E NELLA ZONA EURO: IL PESO DEL TRASPORTO MERCI SU GOMMA**
di Mariano Bella
- 49 L'INTEGRAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ NELLE ATTIVITÀ AZIENDALI. L'ESPERIENZA DEL GRUPPO FERROVIE DELLO STATO**
di Lorenzo Radice e Valerio Birindelli
- 55 DALLE AUTOSTRADE TERRESTRI ALLE AUTOSTRADE DEL MARE: PROSPETTIVE DI RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE**
di Ennio Cascetta e Matteo Arena
- 65 INTERMODALITÀ MARITTIMA E ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI INQUINANTI NEL SETTORE TRASPORTI, L'IMPEGNO DI ALIS**
di Antonio Errigo

71 LE NUOVE ROTTE DELLA SOSTENIBILITÀ NEL TRASPORTO AEREO
di Davide Tassi

77 STRATEGIE E AZIONI PER UNA NAVIGAZIONE SEMPRE PIÙ GREEN
di Mario Mattioli

83 NEXT-STOP ASIA, IL FUTURO GREEN DELLA MOBILITÀ
di Giusi Ciotoli e Marco Falsetti

91 SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE FERROVIARIA E TUTELA DELL'AMBIENTE, DUE OBIETTIVI DA PERSEGUIRE IN SINERGIA
di Giovanni Caruso e Christian Lusi

cultura

97 COMUNICAZIONE E COMPORTAMENTI SOSTENIBILI NEL SETTORE DEI TRASPORTI
di Federica Bosello

109 ALLEANZA ITALIANA PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE, AZIONI INTEGRATE PER UN NUOVO MODELLO DI SVILUPPO
Intervista ad Enrico Giovannini a cura di Federica Bosello

113 DALLE INFRASTRUTTURE DEL TERRITORIO ALLE INFRASTRUTTURE COME PAESAGGIO. APPUNTI SULLA NATURA E SULL'EVOLUZIONE DEI SISTEMI STRADALI
di Franco Purini

119 LE FERROVIE NELLA SECONDA METÀ DEL XX SECOLO, COLLEGAMENTI DI TERRITORI E MODI DI VIAGGIO
di Anthony Gouthez

Transport and environmental sustainability

by Laura Facchinelli

We have a big problem: the critical condition of our relationship with the environment, which translates into climate change. This problem is so vast and connected to a multiplicity of activities that heads of nations, yanked in every direction by different interests, often deny rather than address it, and individuals, due to actual difficulties or simply indifference, persist in behaviour that aggravates the situation. Since transport is one of the activities that has the greatest impact on the environment, we chose to dedicate this issue of our magazine to analysing various modes of transport from the perspective of environmental sustainability: a point of view that only recently has become a focus of attention, thanks to the younger generations who are taking a strong stand on the issue.

The experts who, in the pages that follow, analyse the sustainability of transports, belong in part to the world of academic research, others represent transport handlers or regulating bodies. It is not a coincidence that the editors are the expression of two different approaches to the problem: research and communication. The importance of research is rather easy to perceive: to address a complex problem, it is important to keep it under strict observation. The fundamental role of communication is clear if one considers that individuals are responsible for acting positively or negatively towards the environment, and the multiplication of individual negative actions determines results that are potentially devastating and irreversible. Communicate the risks, channel correct behaviour, engage rational thought and emotions: these are the strategies necessary to create awareness in our citizens, who will demand responsible decisions regarding the production of vehicles and the management of services.

As the opening article, we publish an analysis of climate change, which poses unprecedented environmental, social and economic challenges: beyond policies to limit sources of pollution, we need to completely rethink our model of development. The two articles that follow go to the crux of the matter, comparing the different transportation systems – by land, by sea, by air – in terms of polluting emissions and the strategies needed to contain them. Freight transport is a significant factor in pollution, given the prevalent use of motor vehicles: great benefit could derive from reinforcing railway service, from relying more widely on intermodality and, in particular, from transferring goods onto the Motorways of the Sea. Much is already being done to achieve greener navigation. Transporting people also impacts the environment, and it is not just automobiles that stand accused: air transport has an equally negative impact. Constructors have long been experimenting with innovative strategies to reduce emissions, while a growing (though limited) number of people choose, when possible, to travel by train. That is the reason, to orient people towards this type of choice, for the launch of awareness campaigns, of messages channelled by the persuasive power of images.

When this issue is published, the world over will still be contending with the effects of the pandemic, a serious and unexpected event that has led to an almost total interruption of transport services. We are now looking forward to a gradual recovery, but as the danger of infection persists, we will have to introduce measures for social distancing and individual protection which are difficult to implement and highly penalizing. This inauspicious event, which is impacting the year 2020, might boost the search for and implementation of a new balance between consumption – of goods, services, resources – and the environment, starting in the world of transport. At least we hope it will.

Trasporti e sostenibilità ambientale

di Laura Facchinelli

C'è un grande problema: la criticità della nostra relazione con l'ambiente, che si traduce nel cambiamento climatico. Un problema talmente vasto e connesso con molteplici attività che spesso i responsabili delle nazioni, stratonati da ben altri interessi, anziché affrontarlo lo negano, e le singole persone, per difficoltà reali o semplice indifferenza, persistono nei comportamenti che aggravano la situazione. Poiché una delle attività che maggiormente incidono sull'ambiente è quella dei trasporti, abbiamo voluto dedicare questo numero della rivista all'analisi delle varie modalità di trasporto dal punto di vista della sostenibilità ambientale: un punto di vista che solo recentemente è balzato al centro dell'attenzione, grazie alle prese di posizione del mondo giovanile.

Fra gli esperti che analizzano, nelle pagine che seguono, la sostenibilità dei trasporti, alcuni appartengono al mondo della ricerca universitaria, altri rappresentano soggetti gestori di trasporti e organismi di controllo. Non è casuale che i curatori siano espressione di due diversi approcci al problema: la ricerca e la comunicazione. L'importanza della ricerca è facilmente intuibile: per affrontare un problema complesso, occorre tenerlo sotto stretta osservazione. Il ruolo fondamentale della comunicazione viene compreso se si considera che sono i singoli individui che adottano comportamenti positivi o negativi nei confronti dell'ambiente ed è moltiplicando singole azioni negative che si determinano risultati potenzialmente devastanti e irreversibili. Far conoscere i rischi, veicolare comportamenti corretti, coinvolgere la ragione e le emozioni: queste strategie sono necessarie per ottenere cittadini consapevoli, che pretenderanno scelte responsabili nella produzione dei veicoli e nella gestione dei servizi.

In apertura, pubblichiamo un'analisi del cambiamento climatico, che pone sfide ambientali, sociali ed economiche senza precedenti: al di là delle politiche di contenimento delle fonti inquinanti, si imporrebbe un vero e proprio ripensamento del nostro modello di sviluppo. Con i due interventi successivi si entra nel vivo confrontando i diversi sistemi di trasporto – terrestre, marittimo, aereo - rispetto alle emissioni inquinanti e alle strategie di contenimento. Il trasporto delle merci incide pesantemente sull'inquinamento, dato l'uso prevalente degli autoveicoli: grandi benefici potranno venire dal potenziamento del servizio ferroviario, dall'uso esteso dell'intermodalità e, in particolare, dal trasferimento delle merci sulle Autostrade del mare. E già si sta operando per ottenere una navigazione sempre più green. Anche il trasporto delle persone incide sull'ambiente, e sul banco degli accusati non ci sono soltanto le automobili: il trasporto aereo ha un impatto altrettanto pesante. Da tempo i costruttori sono alla ricerca di strategie innovative per ridurre le emissioni, mentre un numero crescente (seppure limitato) di persone sceglie, quando possibile, di viaggiare in treno. Ed ecco che proprio per orientare le persone verso queste scelte si lanciano campagne di sensibilizzazione, si lanciano messaggi, veicolati dalla forza persuasiva delle immagini.

All'uscita di questo numero, il mondo intero sarà ancora sotto l'effetto della pandemia, un fatto grave e inaspettato che ha portato ad una interruzione, pressoché totale, dei servizi di trasporto. Si prospetta ora una ripresa graduale ma, perdurando il pericolo di contagio, si renderà necessaria l'introduzione di misure di distanziamento e di protezione individuale, difficili da realizzare e molto penalizzanti. L'infausto evento che sta segnando il 2020 potrebbe accelerare la ricerca e l'affermazione di un nuovo equilibrio fra consumo - di beni, servizi, risorse - e ambiente, a partire proprio dal mondo dei trasporti. Ma è solo una speranza.



La decarbonizzazione del settore trasporti in Europa e in Italia entro il 2050

di Veronica Aneris, Carlos Calvo Ambel

Responsabile per oltre un quarto (27%) delle emissioni totali di gas serra prodotte dall'economia europea¹, con emissioni il 30% maggiori rispetto ai livelli del 1990, e che continuano ad aumentare, oggi il settore trasporti rappresenta il più grande problema climatico europeo. Esso assorbe circa i due terzi delle importazioni di combustibili fossili dell'Europa, che dipende da quest'ultimi ancora all'89%.

Il settore trasporti è cardine al generale processo di decarbonizzazione che l'economia europea ed italiana devono implementare urgentemente al fine di ottemperare agli impegni climatici assunti in ambito internazionale tramite l'Accordo di Parigi.

Il *Green Deal* Europeo, appena presentato da Parlamento e Commissione, pone finalmente l'impegno climatico in cima all'agenda politica e sancisce l'impegno dell'Europa a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, con un obiettivo intermedio di riduzione delle emissioni di gas climalteranti del 50%, o se possibile del 55%, al 2030. In questo quadro, una grande attenzione è finalmente dedicata anche al settore trasporti, per cui il *Green Deal* indica una riduzione del 90% delle emissioni entro il 2050.

Un target considerevolmente sfidante, in quanto la transizione verso un trasporto ad emissioni quasi zero in un arco temporale di 20-30 anni implica una revisione radicale, in grado di invertire un trend emissivo che persiste da oltre un secolo.

Nel nostro rapporto *How to decarbonise European transport by 2050*², cerchiamo di rispondere alla grande questione: è possibile decarbonizzare il settore trasporti? E qual è il percorso ottimale per raggiungere tale obiettivo?

1 Inclusi aviazione e navigazione internazionali.
2 How to decarbonize European Transport by 2050, T&E 2018 https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_11_2050_synthesis_report_transport_decarbonisation.pdf

Decarbonising the transport sector in Europe and Italy by the year 2050

by Veronica Aneris and Carlos Calvo Ambel

Transport is Europe's biggest climate problem, accounting for 27% of European GHG emissions. In order to keep global warming below 2°C, as indicated in the Paris Agreement, Europe has agreed to "zero net emissions" by 2050 and for transport, the European Green Deal prescribes a 90% reduction in GHG emissions by 2050. This implies a radical revision of the way we move people and goods, that could invert the trend of growing emissions in transport, which has persisted for more than a century. The analysis performed by T&E in its report *How to decarbonise the EU transport sector by 2050* shows that it is feasible and highly desirable, though not obvious, to reach beyond this objective and achieve the full decarbonisation of transport. If we wish to meet that target, we must act to considerably reduce demand by means of Avoid and Shift measures on the one hand, and achieve a quick shift to zero-emissions vehicles on the other (acting on the Improve pillar). Minimizing the requirement of additional clean electricity is a key parameter to be taken into account when choosing zero-emission transport technologies. This means focusing on the most efficient pathways (direct charging) wherever possible, and leaving the much lower efficiencies of hydrogen and electro-fuels, where no other alternatives exist, as in the case of long-distance ships and planes. For Italy, in particular, meeting the target will require policies to quickly dump inconsistent, short term solutions such as gas, and shift attention from non-scalable biofuels to scalable, efficient zero-emissions technologies, such as electrification.

Nella pagina a fianco, in alto a sinistra: una nave bunker di idrogeno liquido; esiste un ruolo chiaro per l'idrogeno in cui finora mancano azioni normative: aviazione e navigazione. In alto a destra: i camion elettrici eActros di Daimler; il settore dei trasporti pesanti, camion e autobus, è responsabile di circa un quinto dell'inquinamento da carbonio del trasporto su strada. Al centro: auto e furgoni rappresentano la principale fonte di emissioni del trasporto su strada, ma i veicoli elettrici offrono una soluzione a emissioni zero. In basso: per decarbonizzare i trasporti, un fattore essenziale sarà la quantità aggiuntiva di energia a emissioni zero che sarà necessaria.

La roadmap sopracitata, di cui una sintesi in italiano è stata proposta nel rapporto *Mobilitaria 2019*³ a cura di Kyoto Club e CNR, mostra che decarbonizzare completamente il settore trasporti europeo è possibile e altamente desiderabile. Per quanto sfidante possa apparire, questo obiettivo è non solo necessario, ma rappresenta un'opportunità unica per trasformare un settore che oggi è profondamente insostenibile, non solo sotto il profilo climatico ed ambientale, ma anche dal punto di vista sociale ed economico.

Emissioni di CO₂ del settore trasporti in Europa e in Italia

In Europa, le emissioni combinate di auto, furgoni, camion, navi ed aerei rappresentano la più grande – e crescente – fonte di emissioni: il 27% del totale emesso nel 2017. Il settore trasporti italiano, con il 28% delle emissioni nel 2018, si attesta sulla media europea.

Il trasporto su strada è responsabile di circa tre quarti delle emissioni totali. All'interno di questa categoria le auto ed i veicoli commerciali leggeri (furgoni) rappresentano la fonte principale. Il settore del trasporto pesante, camion e bus, assorbe circa un quinto del totale, un quarto se si considera solo il trasporto terrestre e ci si aspetta che le emissioni continuino ad aumentare anche a causa del crescente settore dell'e-commerce. Le emissioni del comparto aviazione sono raddoppiate⁴ dal 1990 e a livello globale, potrebbero addirittura triplicare⁵ al 2050 se non si interviene prontamente.

Infine il settore marittimo, responsabile su scala globale di circa 1Gt di emissioni di CO₂ eq. ogni anno, è tra i principali settori emissivi dell'economia. A livello europeo incide per un quinto, con circa 200 Mt/anno.

In figura 2, vengono mostrati la ripartizione modale delle emissioni di CO₂ del settore trasporti italiano e i trend emissivi corrispondenti, indicizzati al 1990. La quota di emissioni del settore auto privato per l'Italia è superiore alla media europea, il 52% del totale contro il 43% per l'Europa.

In generale, i postumi della crisi economico-finanziaria 2008-2009 che avevano motivato

la diminuzione delle emissioni negli anni precedenti al 2016, sembrano ormai superati; il disaccoppiamento tra attività ed emissioni appare ancora lontano e insieme all'attività riprendono a crescere anche le emissioni per tutte le modalità di trasporto.

Percorsi di decarbonizzazione

Nell'affrontare il complesso tema della decarbonizzazione del settore trasporti è necessario un approccio olistico che tenga conto del fatto che tutti i settori dell'economia devono essere decarbonizzati e che una scelta effettuata in un settore può avere ripercussione in altri. Un parametro essenziale da tenere in conto è la quantità addizionale di energia ad emissioni zero che si renderà necessaria.

La riduzione della domanda di trasporto ed il trasferimento modale verso sistemi di spostamento più efficienti costituiscono un requisito fondamentale di ogni percorso al fine di ridurre la domanda di energia finale del sistema trasporti ed al contempo generare un miglioramento sostanziale in termini qualità dell'aria e vivibilità degli spazi urbani. Le principali misure dei pilastri *Avoid* e *Shift* della mobilità sostenibile sono ben note e già in atto in molti dei principali centri urbani europei. In generale è possibile affermare che la combinazione di politiche disincentivanti dell'uso del mezzo privato (aumento del costo e diminuzione del comfort) insieme all'offerta di valide alternative, avranno come effetto la transizione dall'uso del mezzo privato con singolo occupante verso l'uso del trasporto pubblico e forme attive di spostamento.

Per portare a zero le emissioni del settore trasporti però, tali misure da sole non sono sufficienti. Importanti trasformazioni tecnologiche del mezzo che utilizziamo per spostare merci e passeggeri, ovvero l'azione sul terzo pilastro della mobilità sostenibile *Improve*, saranno necessarie al fine di giungere ad un sistema in cui tutti i modi, dall'auto all'aereo, viaggeranno con un'energia ad emissioni "quasi" zero.

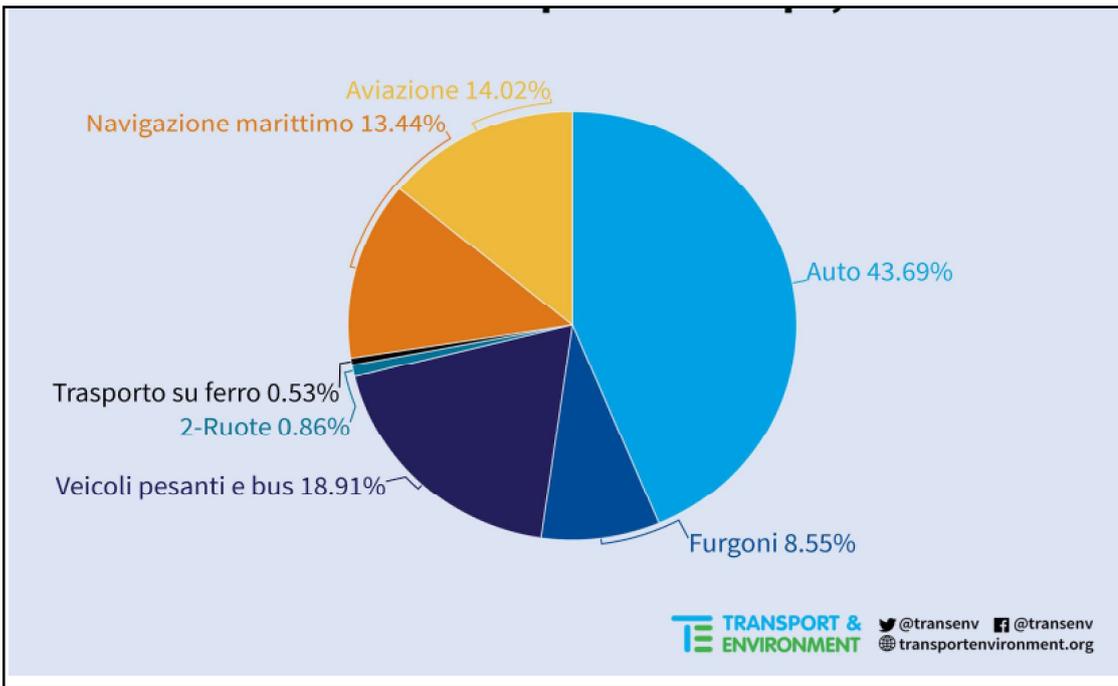
Vi è ormai convergenza sul fatto che l'unica forma di energia a emissioni zero scalabile sull'intera domanda di trasporto è l'energia elettrica, che può essere dispiegata in forma diretta (veicoli a batteria, autostrade elettriche) o in forma di vettore energetico (idrogeno ed elettrocarburi).

La contemporanea decarbonizzazione del settore energetico rappresenta la *condicio sine qua non* della decarbonizzazione del trasporto e di altri settori dell'economia, e

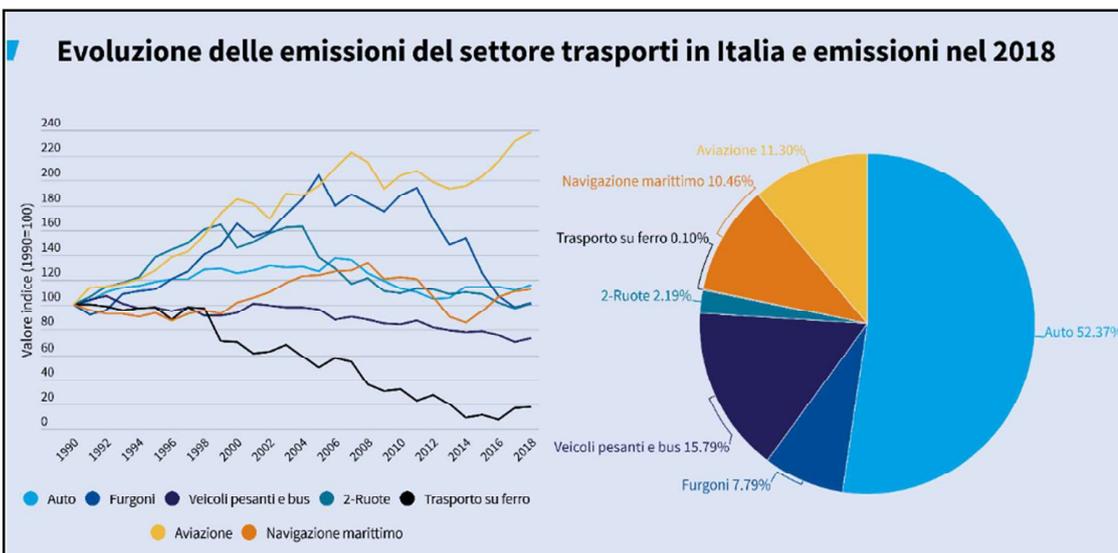
3 *Mobilitaria 2019*, Kyoto Club e CNR-IIA http://www.muoversincitta.it/wpcontent/uploads/2019/04/mobilitaria2019_copertina.jpg

4 Report degli stati Membri al UNFCCC;

5 Analisi: l'aviazione potrebbe consumare un quarto del carbon budget per 1,5 C entro il 2050, Carbon Brief, 2016.



1 - Fig. 1, emissioni del trasporto europeo per settore modale nel 2017. Fonte: UNFCCC, Inventari nazionali di emissioni di gas serra.



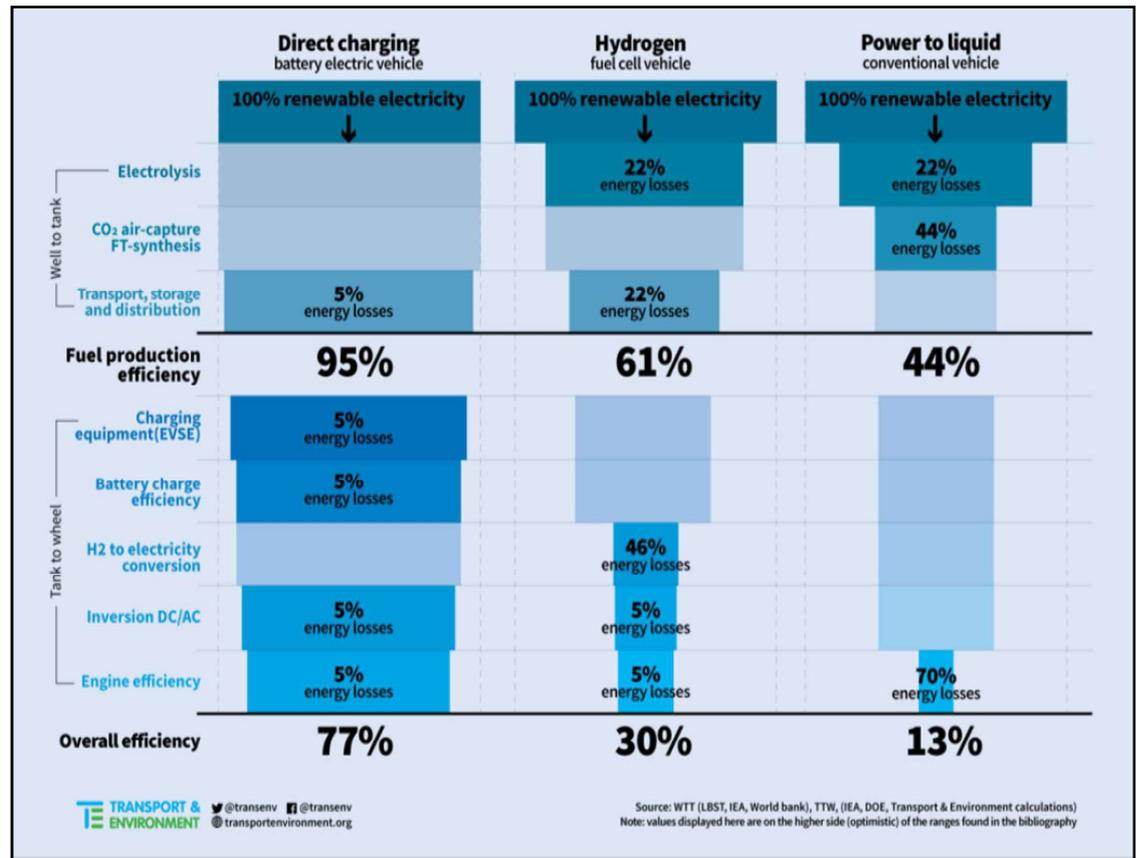
2 - Fig. 2, emissioni del trasporto europeo per settore modale nel 2017. Fonte: UNFCCC, Inventari nazionali di emissioni di gas serra.

fortunatamente, l'Europa e l'Italia sembrano avere un chiaro piano di penetrazione delle rinnovabili e contemporaneo *phase-out* di fossili a partire dal carbone. Per il 2030 il Piano Nazionale Energia e Clima Italiano prevede una quota delle energie rinnovabili nella rete è pari al 55%.

L'analisi dei vari percorsi, sviluppata per i diversi settori modali, è stata strutturata partendo dalla valutazione della possibile riduzione della domanda di trasporto merci e passeggeri e successivamente calcolando l'energia elettrica rinnovabile addizionale necessaria per alimentare la domanda residua in tre possibili percorsi di *improve tecnologico*: l'elettificazione tramite carica diretta, tramite idrogeno e l'alimentazione attraverso gli elettrocarburi (power-to-liquid e po-

wer-to-gas). I biocarburanti avanzati, liquidi o gassosi, potranno giocare invece un ruolo limitato ed eventualmente complementare all'elettricità rinnovabile, considerata la loro disponibilità finita.

In questa analisi il potenziale di biocarburanti avanzati liquidi è stato completamente allocato al settore aviazione, al fine di limitare al minimo il ricorso agli eccessivamente costosi elettro-carburanti (per i quali si stima un costo, pur con una certa approssimazione, di 2100€/ton nel 2050). Le tecnologie ibride *plug-in*, non sono considerate nell'analisi, in quanto tecnologie di transizione non in grado di raggiungere la piena decarbonizzazione. Allo stesso modo non è stato considerato il biometano, la cui limitata disponibilità addizionale (stimata a livello europeo pari al 6%



3 - Fig. 3, efficienza Well-to-Wheel dei differenti percorsi tecnologici per veicolo passeggeri a elettricità rinnovabile. Fonte: How to Decarbonize Eu Transport by 2050, T&E 2018.

della domanda di energia nei trasporti⁶) e la mancanza di scalabilità, non giustificano gli investimenti necessari al livello delle infrastrutture.

Trasporto terrestre - Dal punto di vista delle misure di tipo *Avoid* e *Shift*, per la mobilità passeggeri privata si valuta una riduzione delle emissioni del 28% al 2050 (40% rispetto al 2015) rispetto allo scenario base, ottenibile tramite potenziamento del trasporto pubblico e dei servizi di nuova mobilità, insieme a politiche atte a disincentivare in modo deciso l'uso e la proprietà privata dell'automobile (riforma tassazione carburanti e tasse autoveicoli, rincaro pedaggi autostradali e declinazione di questi sulle performance ambientale del mezzo, limiti di velocità). Per il trasporto pesante delle merci si assume una riduzione delle emissioni del 36% rispetto allo scenario base nel 2050 grazie ad una combinazione di incremento di efficienza derivante dai nuovi standard emissivi, shift modale dalla strada alla rotaia e miglioramento della logistica. Per il settore ferroviario viene assunto il raddoppio dell'attività merci e passeggeri al 2050. La restante domanda di trasporto va porta-

ta a zero emissioni tramite tecnologie adeguate. Alcune modalità come i motorini, le moto, le automobili, i furgoni e i bus urbani hanno un percorso già delineato: l'elettrificazione tramite carica diretta della batteria. La figura 3 mostra l'efficienza energetica in un approccio *well-to-wheel* dei diversi sistemi di propulsione a elettricità rinnovabile per veicolo passeggeri. Proporzioni simili sono applicabili a tutte le altre modalità di trasporto. L'elevata efficienza energetica della carica diretta a batteria, insieme ai sorprendenti progressi nel campo delle batterie agli ioni di litio, che permettono di stoccare una sempre maggiore quantità di energia, in spazi e con costi sempre minori, fanno di questa tecnologia la favorita per tutti gli spostamenti terrestri con distanze inferiori ai 400 km. Il futuro (prossimo) di automobili, autobus urbani, furgoni e camion di medio raggio è elettrico. I treni hanno intrapreso già da tempo un chiaro percorso di elettrificazione. Per la restante quota che viaggia ancora a diesel, si ipotizza l'elettrificazione o l'idrogeno a celle combustibile.

Per gli autobus ed i camion di lunga percorrenza (>400km) la strada verso 100% rinnovabile è più incerta. Per raggiungere 100% di ZEV (Zero Emissions Vehicles) nel trasporto merci stradale entro il 2050, sono tre le alternative principali: camion a idrogeno prodotto

6 Natural gas-powered vehicles and ships the facts. Transport & Environment, 2018.

con elettricità rinnovabile, autostrade elettrificate o camion elettrici alimentati a batteria. In tabella 1 si riportano le quote di vendita di mezzi a emissioni zero per il trasporto su strada che si rendono necessarie per raggiungere l'obiettivo 2050.

Settori navale e aereo - Per l'aviazione e il settore navale, in questa sede ci si limita a pochi cenni. Per gli aerei, la modalità di trasporto maggiormente difficile da portare a zero emissioni, a valle di un aumento dell'efficienza energetica dei vettori, e della riduzione della domanda di trasporto, si assume un contributo al 2050 da biocarburanti liquidi avanzati pari all'11% della domanda residua ed il resto dovrà essere affidato agli elettrocarburanti⁷ (*power-to-liquid*).

Per decarbonizzare il trasporto marittimo, le opzioni tecnologiche a emissioni zero più probabili per i diversi segmenti della navigazione europea sono, a seconda delle distanze percorse, navi a propulsione elettrica diretta e navi alimentate a idrogeno o ammoniaca ottenuti da fonti rinnovabili.

Il percorso ottimale

Nella tabella 2 vengono riportate le quantità di elettricità a zero emissioni per le varie modalità di trasporto in TWh e, tra parentesi, il valore percentuale rispetto alla generazione elettrica totale europea nel 2015, a seconda che la tecnologia di decarbonizzazione sia la carica diretta, l'idrogeno o l'ammoniaca o gli elettrocarburanti. I valori in tabella tengono già conto della riduzione della domanda menzionata a monte e del contributo dei biocarburanti avanzati per il settore aereo.

Secondo l'analisi sopra riportata, la ricetta ottimale di decarbonizzazione, che minimizza la quantità di elettricità pulita supplementare necessaria ad alimentare le varie flotte, sembra essere costituita dai seguenti ingredienti:

- elettrificazione diretta di tutto il trasporto terrestre
- per il trasporto marittimo: elettrificazione diretta per breve e media percorrenza (Roll on/Roll Off) e Idrogeno/Ammoniaca per le lunghe distanze
- aviazione: biocarburanti liquidi avanzati sostenibili ed elettro-carburanti.

⁷ Carburanti sintetici che dovrebbero essere ottenuti combinando idrogeno prodotto utilizzando energia elettrica rinnovabile addizionale e carbonio da CO₂ estratta con tecnologia di cattura diretta dall'aria.

Vendite di Veicoli a Zero Emissioni	2025	2030	2035	2050
Motorini e moto	50%	100%	100%	100%
Automobili	15%	40%	100%	100%
Furgoni	20%	50%	100%	100%
Bus urbani	50%	100%	100%	100%
Autobus lunga percorrenza	10%	25%	50%	100%
Veicoli commerciali pesanti (<16t)	10%	30%	80%	100%
Veicoli commerciali pesanti (>16t)	5%	30%	80%	100%
Ferrovia (passeggeri e merci)	70%	80%	90%	100%

Modalità di trasporto	Generazione per veicoli elettrici (TWh)	Idrogeno/Ammoniaca (TWh)	Combustibili sintetici (diesel, petrolio, gas e cherosene) (TWh)	Percorso ottimale (TWh)
Trasporto terrestre	1395 (43.1%)	3479 (107.6%)	5799 (179.3%)	1395 (43.1%)
Navale	350 (11%)	1032-1192 (32-37%)	1718 (53%)	798 (25%) ¹
Aviazione	N/A	N/A	912 (28.2%)	912 (28.2%)

1) Risultato di mix di tecnologie che combina elettrificazione per tratti di breve-media percorrenza e tecnologia a idrogeno per navigazione in alto mare;

Uno sguardo al carbon budget

Il carbon budget è la quantità massima di emissioni antropogeniche di gas ad effetto serra che possiamo emettere da oggi al 2050 per rimanere al di sotto delle soglie di innalzamento della temperatura media planetaria di 1.5°C o 2°C. È un parametro importante che permette di tenere conto delle emissioni cumulative caratteristiche dei vari percorsi di decarbonizzazione. Infatti non è solo importante arrivare a emissioni quasi zero al 2050 ma anche "come" ci si arriva. Allo stesso obiettivo si può pervenire con percorsi differenti e alcuni potrebbero implicare una quantità di emissioni eccessive in atmosfera.

L'allocazione del budget di carbonio tra paesi, come sottolineato da diversi istituti di ricerca, può seguire differenti regole di applicazione. In questa sede viene utilizzata la metodologia più semplice, ed anche la più generosa per l'Europa, che alloca il budget di carbonio in base all'attuale quota di emissioni dei singoli paesi (*"grandfathering approach"*). Al momento della stesura del rapporto (fine 2018) e prendendo come baseline il 2016, il settore europeo ed italiano dei trasporti avevano rispettivamente un budget di carbonio pari a 8.9 e 0.9 Gt CO₂ per lo scenario di 1.5°C e pari a 22.8 e 2.3 Gt CO₂ eq per lo scenario di 2°C.

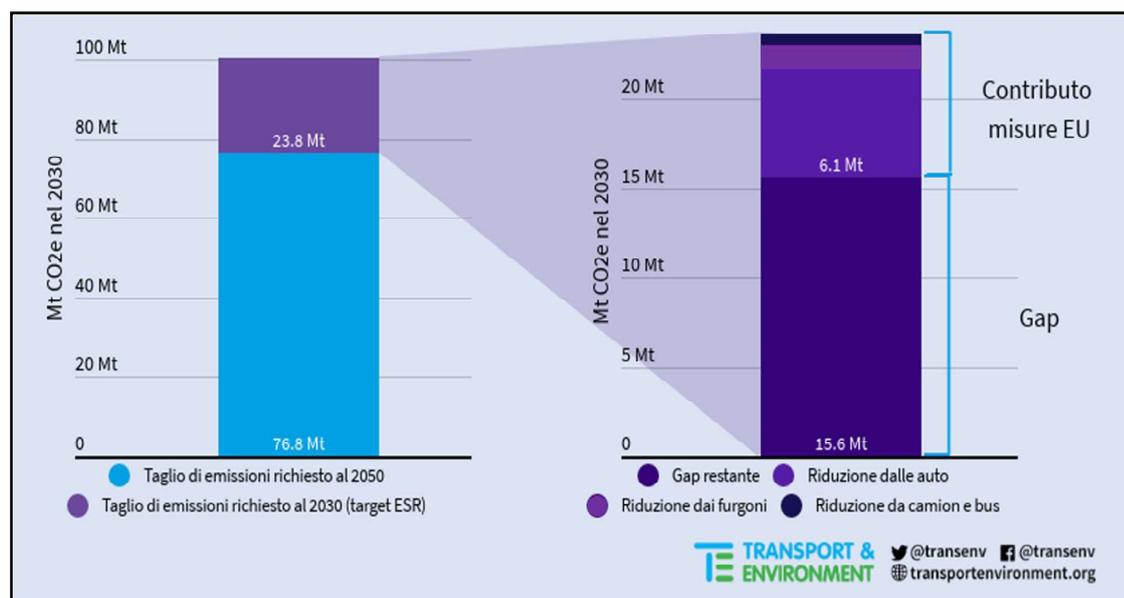
4 - Tab. 1, ipotesi di vendita di veicoli a zero emissioni per settore modale. Fonte: T&E (2019), How to decarbonise European transport by 2050.

5 - Tab. 2, quantità di elettricità pulita necessaria per decarbonizzare le diverse modalità di trasporto. Fonte: How to decarbonise European transport by 2050, T&E (2019).

6 - Tab. 3, assegnazione del carbon budget basata sull'approccio "grandfathering" rispetto alle emissioni cumulative di GHG per settore modale in Europa e in Italia. Fonte: T&E (2019) How to decarbonise European transport by 2050 per il carbon budget europeo e calcoli in house per carbon budget italiano.

	EU	IT	EU		IT		EU	IT
			1.5°C	2°C	1.5°C	2°C		
Motocicli	0.23%	0.61%	89	227	23	59	439	120
Automobili	11.90%	14.13%	4564	11628	541	1378	9225	1056
Furgoni	2.32%	2.24%	891	2269	86	218	1721	190
Camion & Bus	5.16%	4.45%	1979	5041	171	434	4976	469
Treni	0.14%	0.01%	55	139	0	1	112	4
Aviazione	3.64%	2.80%	1395	3553	107	273	3861	297
TOTALE	23.39%	24.24%	8972	22857	928	2364	20310	2137

7 - Fig. 4, proiezione delle emissioni di gas serra del trasporto italiano nel 2030 e target di riduzione previsto dal regolamento ESR (sx) e contributo dei nuovi standard europei per auto, furgoni e veicoli pesanti al 2030. Fonte: Emission Reduction Strategies for the transport sector in Italy (Euki Initiative) T&E (2019).



Nella tabella 3 sono riportati i carbon budget per settori modali, per l'Europa e l'Italia, ad eccezione del settore marittimo⁸, e la quantità di emissioni cumulative al 2050 che corrisponderebbe al percorso ottimale di decarbonizzazione analizzato. Come si può notare, malgrado la roadmap di decarbonizzazione analizzata possa apparire estremamente ambiziosa, in realtà è appena sufficiente per stare sotto la soglia dello scenario dei 2°C, mentre il limite degli 1.5°C viene ampiamente superato. Ciò sottolinea l'importanza vitale delle misure di breve termine volte a ridurre la domanda di trasporto e la necessità di accelerare la penetrazione di veicoli a zero emissioni nella flotta rispetto alle apparentemente ambiziose percentuali riportate in Tabella 1.

8 Non è stato possibile modellare le emissioni di gas serra cumulative ma solo la domanda di energia finale al 2050 a causa della mancanza di un modello adeguato per il settore. Per questo motivo il settore marittimo non è stato incluso nel carbon budget.

Gli obiettivi 2030 e 2050 per l'Italia ed il contributo delle politiche europee e nazionali

Il rapporto *Emission Reduction Strategies for the Italian transport sector* (T&E, 2018) ha mostrato come, in uno scenario *business as usual*, le emissioni del settore trasporti su strada italiano ammontano nel 2030 a circa 100 milioni di tonnellate di CO₂. L'Italia, in base all'Effort Sharing Regulation, deve ridurre entro il 2030 le emissioni di gas serra del 33% rispetto al 2005 per i settori non ETS. Assumendo di ripartire equamente il target tra tutti i settori afferenti all'ESR, sarà necessario ridurre le emissioni di circa 23,8 milioni di tonnellate di CO₂ entro il 2030. Il contributo derivante dalle attuali politiche europee in materia di trasporti, riassunte in tabella 4, è stimato, pur con una certa approssimazione, pari a circa 8,2 milioni di tonnellate di CO₂ al 2030, ovvero circa un terzo del totale. La maggior parte dello sforzo ne-

Regolamento/ Direttiva	Target 2025/2030	Destinatario
Standard CO2 per auto	-15% / -37,5%	Costruttori
Standard CO2 per furgoni	-15% / -31%	Costruttori
Standard CO2 per veicoli pesanti	15% / 30%	Costruttori
REDII	14% FER nei trasporti al 2030 in Transport in 2030 (di cui 7% obbligatorio da biocarburanti avanzati e elettricità rinnovabile e max 7% opzionale da biocarburanti convenzionali)	Stato Membro su Fornitori di Carburante
Direttiva Veicoli Puliti	45% al 65% di HVD puliti, di cui almeno dal 22,5% al 32,5% a zero emissioni	Pubblica Amministrazione

5 - Tabella 4, requisiti minimi UE 2030 per la riduzione delle emissioni di gas serra del settore trasporti. Fonte: T&E.

cessario al rispetto dell'obiettivo vincolante 2030 andrà effettuato a livello nazionale. Per l'obiettivo 2050, le restanti 77 milioni di tonnellate di CO₂ dovranno essere portate a zero entro il 2050 al più tardi. Questo implica una velocità di riduzione richiesta nel ventennio 2030-2050 considerevolmente superiore a quella necessaria nella prossima decade. È evidente la necessità di implementare da oggi misure scalabili nel tempo, che possano fare da apripista alla decarbonizzazione del settore, pena il mancato raggiungimento dell'obiettivo emissioni zero al 2050 al più tardi.

Il *Green Deal* Europeo ha anticipato la revisione del regolamento per gli standard di CO₂ di auto e furgoni a Giugno 2021, indicando per queste modalità un chiaro percorso a emissioni zero dal 2025 in poi. Una revisione stringente degli obiettivi di riduzione in tale sede, insieme all'introduzione di un target di emissioni zero per tutti i veicoli venduti dal 2035, appaiono in questo contesto assolutamente auspicabili. Conferirebbero all'industria certezza di investimento, alle amministrazioni chiarezza sulla quantità e tipologia di infrastrutture necessarie e trasparenza ai consumatori.

Conclusioni

L'analisi effettuata mostra che decarbonizzare il settore trasporti è possibile, ma non ovvio e mette bene in evidenza l'ampiezza della sfida associata al complesso tema della decarbonizzazione dei trasporti. Sfida ancora più importante per l'Italia, in ritardo rispetto ad altri stati membri, nell'affrontare i problemi del suo sistema trasporti e che po-

trebbe essere portata a cadere, ancora una volta, nella tentazione di scelte di breve termine.

Il Piano Nazionale Clima ed Energia che il governo italiano ha recentemente inviato a Bruxelles nella sua forma definitiva, purtroppo non coglie l'ampiezza della trasformazione richiesta.

Il piano è inadeguato a mettere il settore trasporti italiano sulla rotta della decarbonizzazione in tempi utili. Esso fallisce nel mettere soluzioni scalabili a emissioni zero al centro della propria strategia, conferendo ai biocombustibili un ruolo centrale e basandosi sul gas come soluzione ponte. Tuttavia, come già evidenziato, i biocombustibili avanzati, data la loro disponibilità limitata, possono giocare un ruolo solo limitato e complementare all'elettrificazione, che deve essere invece centrale, insieme ad un set deciso e robusto di misure di tipo *avoid* e *shift* capaci di ridurre considerevolmente la domanda di energia finale del trasporto di merci e passeggeri.

Il gas, per il quale un ruolo considerevole è assegnato dal PNIEC soprattutto al settore delle merci su strada e marittimo, va nella direzione opposta al raggiungimento dell'obiettivo finale in quanto è per sua natura un combustibile fossile. Le proiezioni relative al carbon budget, discusse in precedenza - mostrano chiaramente come non vi sia più alcuno spazio per tecnologie ponte basate sui fossili.

Se si vuole centrare l'obiettivo, bisogna andare dritti verso soluzioni a emissioni zero, senza perdere altro tempo e tenere lo sguardo fisso sull'orizzonte 2050.

© Riproduzione riservata