

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.



I sistemi di trasporto a confronto: esternalità e impatti ambientali

di Marco Pasetto e Giovanni Giacomello

Il sistema dei trasporti si fonda su diversi *modi* (strada, ferrovia, aereo, ecc.) con proprie caratteristiche, che li rendono adeguati per un certo tipo di attività, finalità e/o itinerario. Infatti, ogni mezzo di trasporto ha un ambito di utilizzo entro il quale il suo funzionamento può essere riconosciuto come *sostenibile* dal punto di vista economico (soprattutto alla luce del rapporto costi/ricavi). Ad esempio - banalizzando - ponendo a confronto il trasporto aereo e quello ferroviario, si osserva come il primo costituisca soluzione ottimale per la movimentazione di merci o persone su grandi distanze con massima celerità (a qualunque livello territoriale), mentre il secondo sia viepiù idoneo allo spostamento di merci o passeggeri quantitativamente più rilevanti, ma con tempi maggiori e su distanze più contenute.

Si possono quindi definire degli ambiti propri per ciascuna modalità di trasporto. Questi ambiti sono però spesso principalmente teorici, perché nella realtà concorrono a modificarli numerosi fattori legati al singolo paese (decisioni politiche, benessere, presenza delle infrastrutture di trasporto adeguate, prodotto interno lordo, industria, logistica, ecc.). Infatti quando si parla di "sviluppo dei trasporti", e di "trasporti" in genere, si fa riferimento al contesto territoriale ed economico di una specifica realtà. Il trasporto stradale (o *su gomma* - per distinguerlo dal trasporto *su ferro* o *rotaia*) ha subito negli ultimi cinquant'anni una evoluzione e una spinta economica notevole, soprattutto in Italia: la logistica, ovvero la mobilità delle merci è, infatti, diventata generalmente molto spesso "monopolio" della "gomma". Recentemente in Italia, a seguito di decisioni e valutazioni diverse (politiche sovranazionali e nazionali, valutazioni economiche, interessi corporativi di settore, ecc.), il trasporto su ferro ha ricevuto maggiore slancio e ha risentito di una crescita (dopo anni di calo), giungendo a coprire circa il 20% del totale di merci movimentate. Gli indirizzi dell'Unione Europea sono quelli di diminuire il traffico

A comparative study of transportation systems: externalities and environmental impact

by Marco Pasetto and Giovanni Giacomello

Transport systems are a set of services that, properly dimensioned, make it possible to satisfy the demand for mobility of people and goods. Each transport system has its own operating range within which it is sustainable and economically efficient. This range depends on a series of factors related to the economic and social situation of the different countries (such as wealth, transport infrastructure, gross domestic product, etc.). In many cases the transport systems are unbalanced, and some prevail over others because they are more deeply rooted in the territory, or for political and economic reasons. The reality of each country is very different; it is therefore quite difficult to compare the transport systems of different nations. To avoid making unrealistic assumptions, it is necessary to rely on a common method that makes it possible to characterize the transport systems in homogeneous terms. Since each mode of transport produces (to a greater or lesser extent) a series of externalities expressed in terms of economic costs to the community, this approach can evaluate the fallout of the externalities and the environmental impact of the various transport systems from a social and economic point of view. Referring to factors recognized and discussed in the literature (such as the impact on climate, congestion, noise, etc.), the Authors used this approach to examine different transport systems, and analysed the problem to identify possible solutions for balancing the transport system mode at the European scale.

Nella pagina a fianco, in alto: foto di un aereo cargo durante le operazioni a terra. Fonte: <https://www.germanaviation.com/services-fracht/>. In basso: l'intermodalità gomma-ferro: foto di camion su carri ferroviari (la cosiddetta "autostrada viaggiate"). Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Autostrada_viaggiate.



1 - Trasporto intermodale per mare. Fonte: it.wikipedia.org/wiki/Naveportacontainer.

2 - Nave traghetto per trasporto passeggeri.

merci su gomma per aumentare quello su rotaia: la sfida è quella di trasferire su ferro almeno il 30% delle merci entro il 2030 e il 50% entro il 2050.

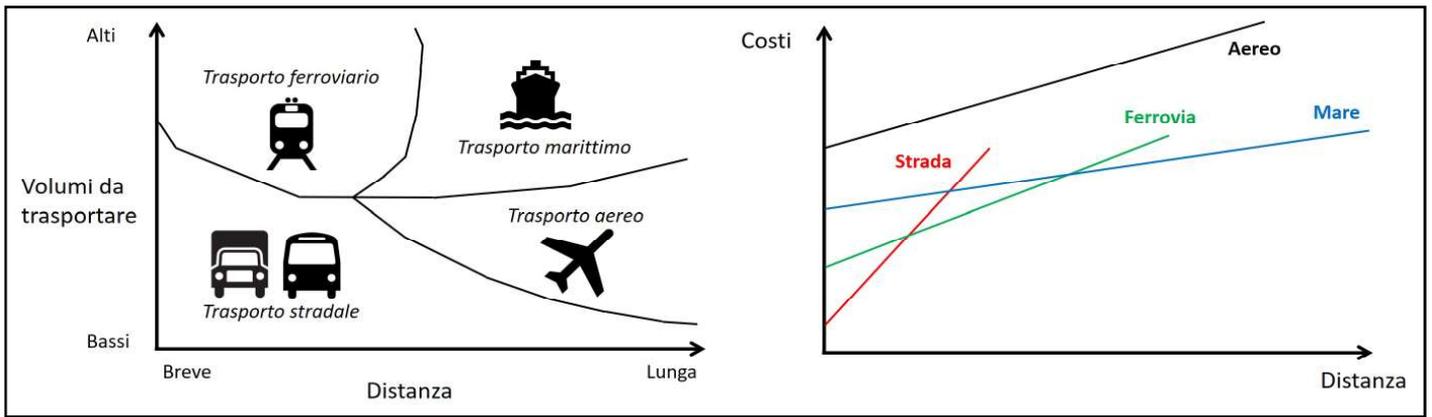
I diversi sistemi di trasporto a confronto

Gli ambiti dei modi di trasporto - I campi di convenienza delle diverse modalità di trasporto possono essere sommariamente individuati in base al volume di merci o di passeggeri da trasportare e alla distanza per la quale il sistema è considerato economicamente e logisticamente sostenibile (figura 3). Nell'ambito del trasporto merci il fenomeno è stato studiato da Hoover, che ha fatto rilevare l'opportunità di ricorrere ai diversi modi di trasporto in relazione alle distanze ed ai volumi movimentati.

Si può, quindi, definire per ciascun modo di trasporto un ambito di funzionamento ottimale e sostenibile, con cui si correla una "funzione propria" (dal punto di vista della mobilità di passeggeri e di merci).

Il sistema su gomma (autotrasporto per le merci o autobus di linea per i passeggeri) ha un ambito di compatibilità molto ampio in termini di distanza (congruente con brevi e lunghi percorsi), mentre per quel che concerne i volumi può essere associato al trasporto di quantità assai variabili (da limitate a medie, soprattutto fino a non elevate distanze). Possiamo indentificare le medie distanze in spostamenti di tipo regionale, ma il sistema di trasporto su gomma può arrivare fino a distanze di tipo nazionale e, oggigiorno, talora anche sovranazionale (si pensi all'attuale mobilità transfrontaliera fra Italia ed Europa dell'Est), seppur sempre con la movimentazione di quantità relativamente ridotte. Il sistema ferroviario è, invece, destinato a trasportare ben più alti volumi di merci e/o di passeggeri e ad essere competitivo su brevi e medie distanze (non diversamente dal trasporto su gomma), in relazione alle quantità in gioco. La prerogativa del trasporto navale è quella di trasportare grandi quantità di merci (navi cargo) o persone (transatlantici o navi da crociera) su distanze molto elevate. Il sistema aereo può stivare un volume di merci o di passeggeri di medio livello su lunghe distanze e possiede il vantaggio della più elevata celerità.

Definito l'ambito di utilizzo dei diversi modi di trasporto, è allora possibile effettuare una valutazione circa l'impatto sull'ambiente di ciascuno di essi (in termini di emissioni gassose, inquinamento acustico ecc.), verificandone l'idoneità di impiego e le ricadute sull'economia globale, anche in considerazione dei volumi di merci e persone movimentati. A titolo di esempio, si osserva che in Italia il sistema stradale, nonostante quanto sopra osservato, è sicuramente più utilizzato rispetto al sistema ferroviario sulle medio-lunghe distanze. Ciò non si deve ad una minore funzionalità di quest'ultimo, ma al fatto che il sistema su gomma (autotrasporto in particolare) è ben organizzato e capillarmente diffuso nel territorio, sia per la presenza di estese infrastrutture che per la disponibilità di parchi veicolari ben strutturati. Diventa quindi più probabile, a parità di quantità di merci da trasportare, che un'azienda utilizzi il trasporto su gomma piuttosto che su rotaia per movimentare beni in quantità più o meno significative. Inoltre, si deve tenere presente che, per lo spostamento di merci (o



persone), il più delle volte è sfruttato il mezzo che permette di giungere rapidamente a destinazione, piuttosto di suddividere lo spostamento fra due o più vettori (utilizzando diversi mezzi di trasporto).

Le ragioni di tale situazione sono da ricercare nelle dinamiche economiche che legano spostamenti e modi di trasporto. Nel caso dello spostamento di persone, ad esempio, tra due città, viene privilegiato il sistema che consente un risparmio di denaro e, al tempo stesso, di tempo. Non sempre l'utilizzo di due o più mezzi di trasporto (ferrovia ed autobus) viene preso in considerazione (anche se ciò consentirebbe di risparmiare emissioni gassose rispetto alla sola automobile). Si predilige invece la soluzione più veloce e meno costosa (nel breve termine), a discapito della sostenibilità economica ed ambientale: l'inquinamento atmosferico dovuto ai veicoli privati è sempre maggiore di quello correlato col trasporto pubblico, a parità di passeggeri movimentati.

Similmente accade per le merci. La spedizione con mezzi più economici e diretti (ma più costosi dal punto di vista dell'inquinamento) è privilegiata rispetto a soluzioni più dispendiose in termini di costo e tempo di consegna. Così, la spedizione di merci in Italia utilizza ancora abitualmente il vettore su gomma, piuttosto che privilegiare una complementarietà tra strada e rotaia (o addirittura la via aerea). Ciò, anche prescindendo da numero e quantità di merce movimentata.

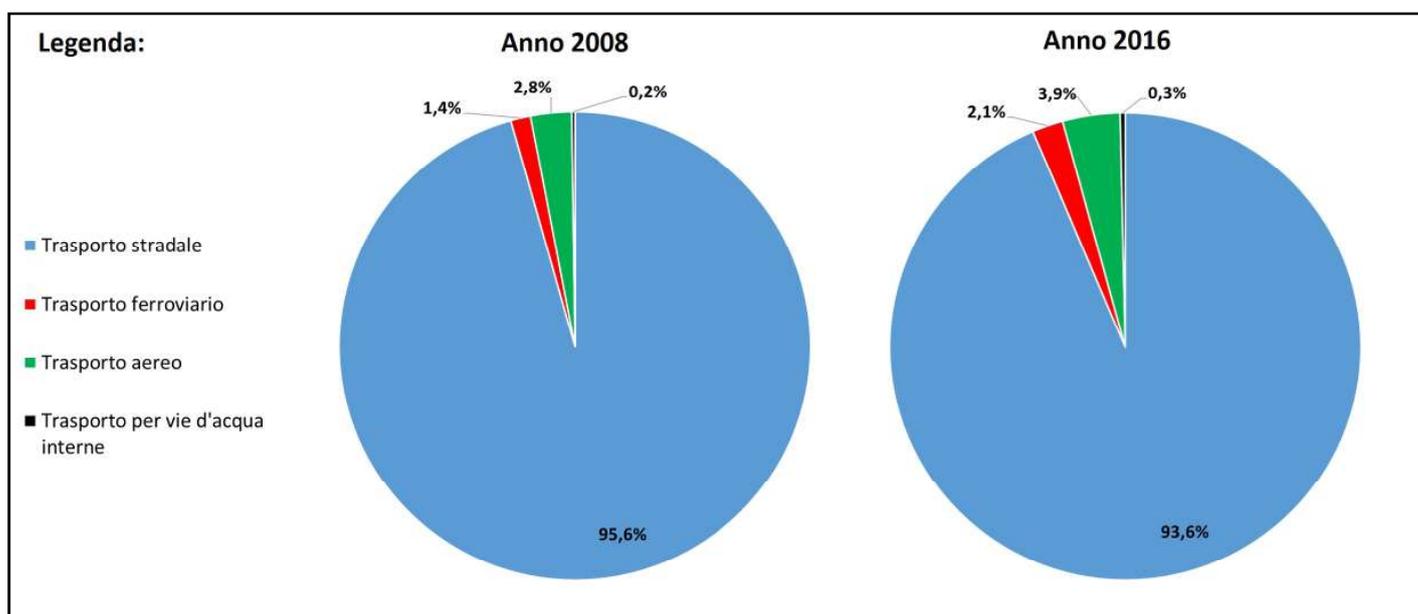
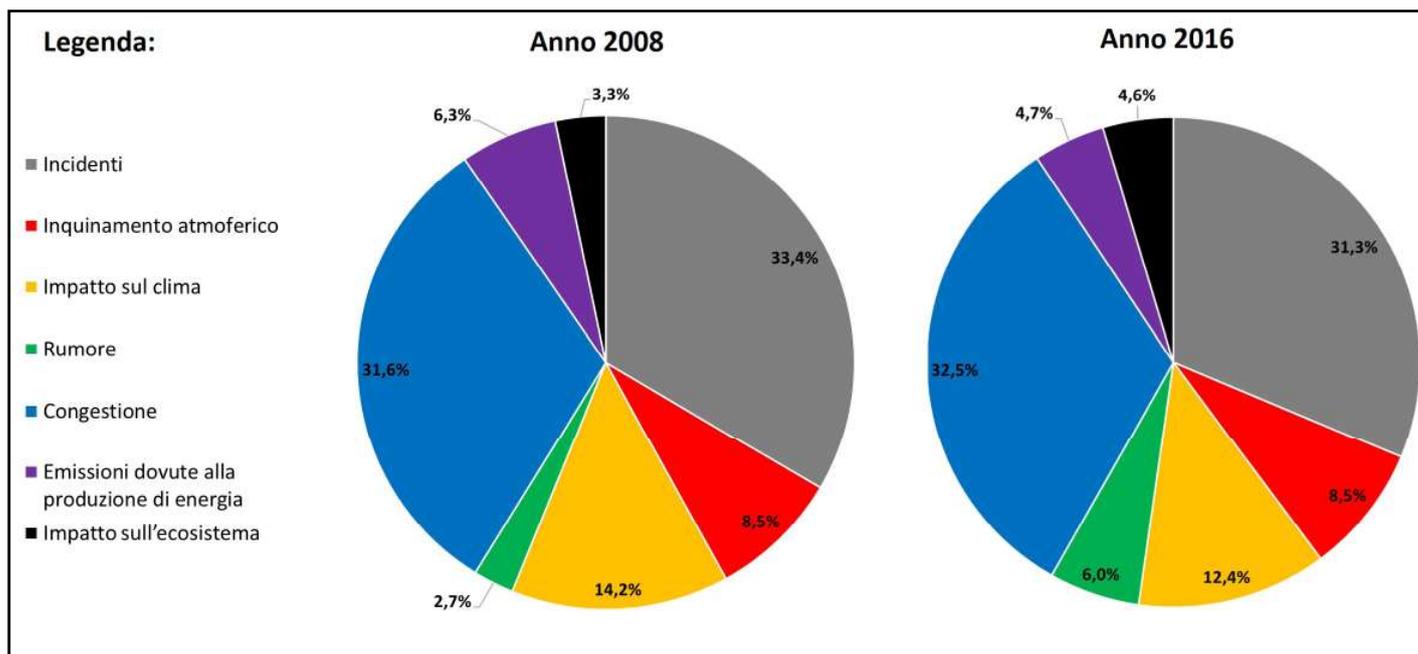
Ciò che caratterizza la scelta dei modi di trasporto non è, generalmente, la somma degli impatti ambientali, ma piuttosto il concorso di leggi di mercato, prezzi, economia e tempi di viaggio.

L'analisi dell'inquinamento dei diversi sistemi di trasporto - L'inquinamento dei diversi modi di trasporto può essere valutato mediante l'analisi di differenti indicatori consolidati descritti nella letteratura di settore.

A livello europeo è stato pubblicato nel 2019 un documento riassuntivo sui costi esterni dovuti ai diversi modi di trasporto (con riferimento a dati dell'anno 2016). Lo studio ha individuato i costi esterni più importanti nel campo dei trasporti, ovvero: impatto sull'ecosistema, emissioni dovute alla produzione di energia, rumore, inquinamento atmosferico, impatto sul clima, congestione/ritardo, incidentalità. Il fattore "congestione/ritardo" è stato valutato solo per alcuni sistemi di trasporto a causa della mancanza di dati. Lo studio ha riguardato mezzi di trasporto su strada (sia viaggiatori – automobile privata e autobus/bus turistici – che merci – veicoli commerciali leggeri e veicoli pesanti), mezzi di trasporto su ferro (sia viaggiatori che merci), il mezzo aereo (solo passeggeri) e mezzi di spostamento via mare e per vie d'acqua interne. Analizzando l'incidenza dei valori dei singoli costi esterni rispetto al totale dei costi a livello europeo (UE28 – anno 2016, figura 4), la congestione/ritardo, l'incidentalità e l'impatto sul clima sono i parametri che influenzano maggiormente il totale dei costi esterni (32,5%, 31,3 e 12,4% rispettivamente), mentre l'inquinamento atmosferico, il rumore, le emissioni dovute alla produzione di energia e l'impatto sull'ecosistema non hanno un grande rilievo sulle esternalità totali (8,5%, 6%, 4,7% e 4,6%, rispettivamente).

Rispetto al 2008 (anno dei dati del precedente rapporto comunitario sulle esternalità dei trasporti), sostanzialmente non si evidenziano variazioni sostanziali. Si possono notare un leggero aumento della componente "rumore" (dal 2,7% al 6%) e una leggera diminuzione di incidentalità, impatto sul clima e emissioni dovute alla produzione di energia. Dai diagrammi di figura 5 si possono effettuare delle valutazioni sulle modalità di impatto dei diversi modi di trasporto sul totale dei costi esterni. In particolare, il trasporto su gomma incide maggiormente sul totale dei costi esterni (per più del 90%). Seguono poi

3 - Schematizzazione della sostenibilità economico-logistica dei diversi sistemi di trasporto.

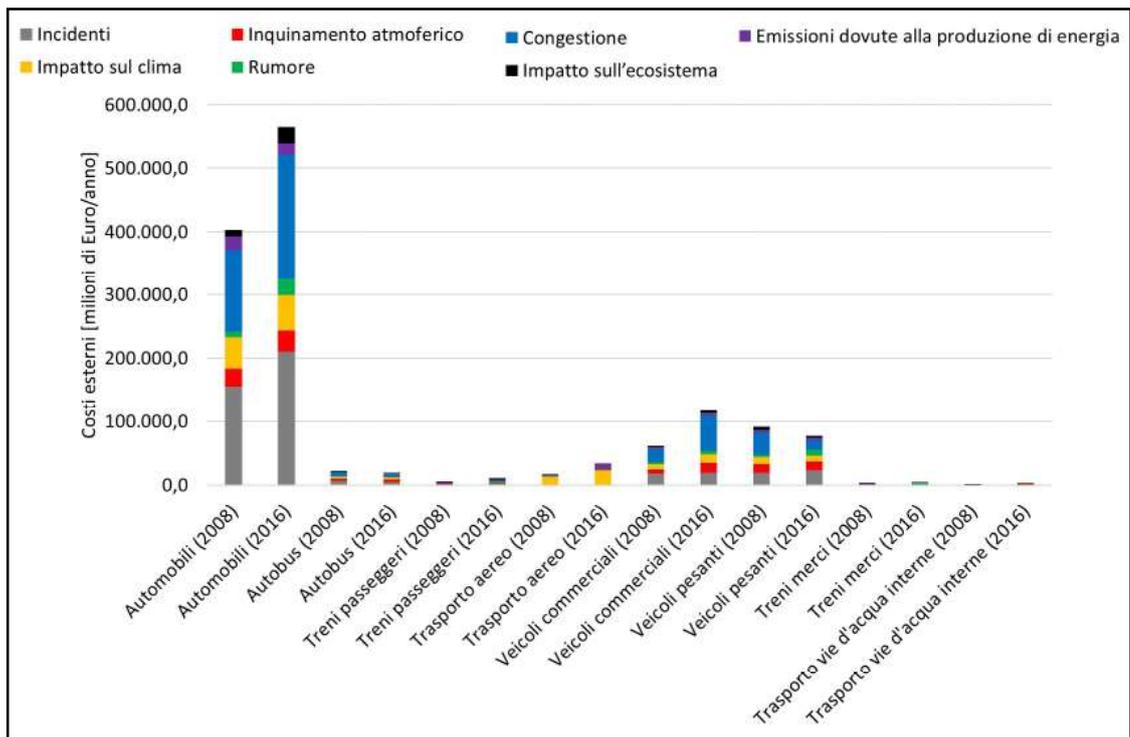


4 - Quota di incidenza delle singole voci di costo sul totale delle esternalità a livello europeo (confronto tra anno 2008 – UE27 e anno 2016 – UE28). Fonte: rielaborazione degli autori su dati dei rapporti europei dell'anno 2011 e dell'anno 2019.

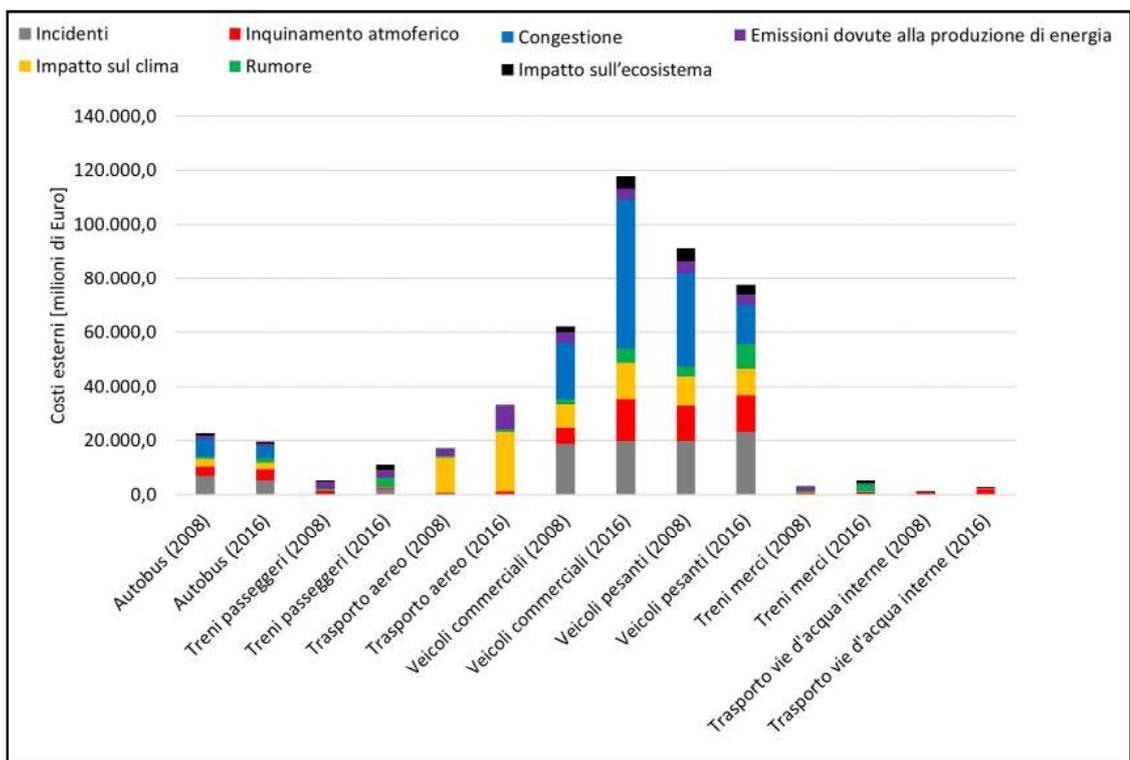
5 Quota di incidenza dei sistemi di trasporto sul totale delle esternalità (costi) a livello europeo (confronto tra anno 2008 – UE27 e anno 2016 – UE28). Fonte: rielaborazione degli autori su dati dei rapporti europei dell'anno 2011 e dell'anno 2019.

il trasporto aereo, quello ferroviario e infine il trasporto per vie d'acque interne (per l'anno 2016 sono 3.9%, 2.1% e 0.3%, rispettivamente), i quali, nel complesso, raggiungono appena il 6% del totale. I dati per il trasporto marittimo non sono presenti nel rapporto del 2008, ma sono presenti in quello del 2016 e, seppure con delle stime molto grezze, si indica che esso abbia un impatto per circa il 10% sul totale dei costi esterni. Il trasporto stradale si conferma essere la modalità con le più alte esternalità. I costi delle automobili private superano i 500 miliardi di euro per anno (figura 6). Nel caso del trasporto merci, veicoli commerciali e veicoli pesanti hanno costi esterni elevati (figura 7) e, anche escludendo il parametro

“congestione/ritardo” (figura 8), superano i 50 miliardi di euro per anno in termini di costo totale (dati riferiti all'Unione Europea a 28 Paesi per l'anno 2016). Seguono, in termini di costi esterni totali, il trasporto aereo passeggeri (poco superiore a 30 miliardi di euro per anno - aumentato rispetto all'anno 2008) e il trasporto stradale passeggeri (autobus e bus turistici). Il trasporto ferroviario (sia passeggeri che merci) ha un basso costo esterno, come il trasporto per vie navigabili interne (fiumi, canali, ecc.). Non è presente nelle figure sopra citate il trasporto marittimo per le merci, il quale è stato stimato nel rapporto del 2019 e totalizza circa 100 miliardi di euro per anno in termini di costo esterno totale.



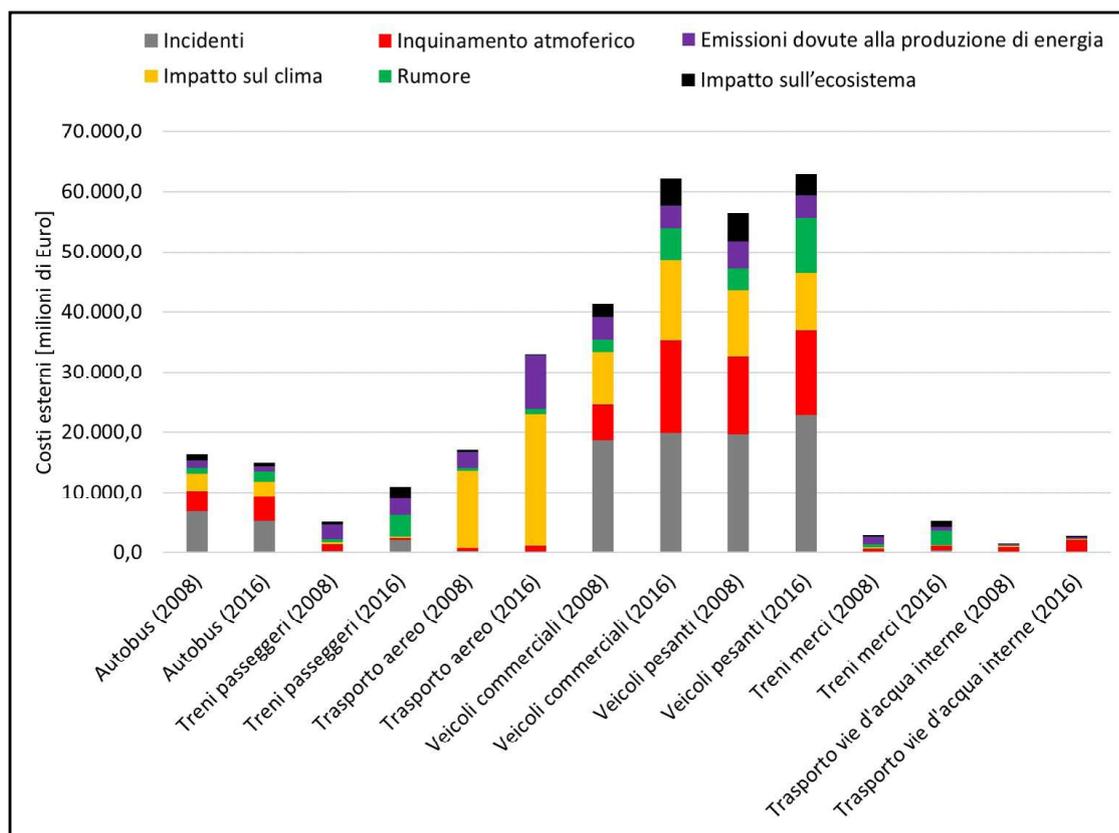
6 - Costi esterni a livello europeo (confronto tra anno 2008 – UE27 e anno 2016 – UE28) dei diversi sistemi di trasporto. Fonte: rielaborazione degli autori su dati dei rapporti europei dell'anno 2011 e dell'anno 2019.



7 - Costi esterni a livello europeo (confronto tra anno 2008 – UE27 e anno 2016 – UE28) dei diversi sistemi di trasporto (escludendo le automobili private). Fonte: rielaborazione degli autori su dati dei rapporti europei dell'anno 2011 e dell'anno 2019.

Volendo quindi classificare i mezzi di trasporto rispetto alle loro esternalità, è possibile indicare nell'autoveicolo privato (trasporto passeggeri) il mezzo più inquinante, seguito dal trasporto delle merci su gomma e (al terzo posto) dal trasporto merci di tipo commerciale (piccoli camion, furgoni, ecc.). Dalle figure 6, 7 e 8 è possibile inoltre identificare le principali voci di costo che influenzano il singolo modo di trasporto. Il traspor-

to stradale è influenzato maggiormente dalla congestione delle infrastrutture (principalmente a causa del ritardo che si accumula durante uno spostamento). Per gli altri mezzi di trasporto (figura 8) i parametri che hanno influenza sono l'impatto sul clima (nel trasporto aereo), il rumore (nel trasporto ferroviario) e, in parte, le emissioni dovute alla produzione di energia (sia per il trasporto aereo che per quello ferroviario). Tali consi-



8 - Costi esterni a livello europeo (confronto tra anno 2008 – UE27 e anno 2016 – UE28) dei diversi sistemi di trasporto (escludendo le automobili private e il costo relativo alla congestione). Fonte: rielaborazione degli autori su dati dei rapporti europei dell'anno 2011 e dell'anno 2019.

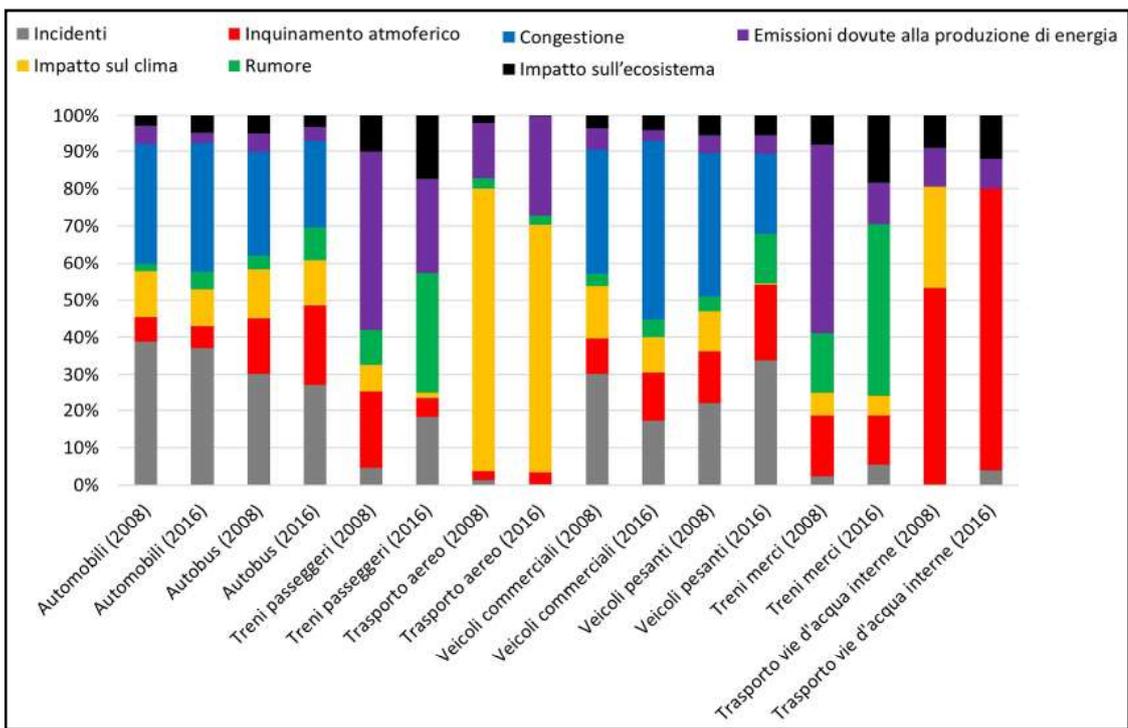
derazioni sono possibili valutando la percentuale di incidenza di ciascun fattore su ogni sistema di trasporto (figura 9). Si riporta anche la figura 10, nella quale si evidenziano gli stessi dati della figura 9, escludendo il parametro "congestione", che non impatta su alcuni modi di trasporto. Le figure 9 e 10 confermano quanto precisato e dimostrano che il trasporto su vie d'acqua navigabili interne risente soprattutto del parametro "inquinamento atmosferico".

Analizzando ulteriori dati riportati nel rapporto dell'anno 2019, è possibile effettuare delle valutazioni tra ciò che accade in Europa e in Italia. I dati del 2016 indicano per l'Europa un valore medio del costo esterno pari a 28.1 miliardi di euro per il trasporto stradale, 0.6 miliardi di euro per il trasporto ferroviario e 0.10 miliardi di euro per il trasporto per vie d'acqua interne. In Italia il costo esterno è di 115.0 miliardi di euro per il trasporto stradale, 2.2 miliardi di euro per il trasporto ferroviario e di 0.009 miliardi di euro per il trasporto per vie d'acqua interne. Sommando i valori dei costi esterni di tutti i 28 paesi dell'Unione Europea, si determinano dei costi esterni pari a: 820.4 miliardi di euro per il trasporto stradale, 17.9 miliardi di euro per il trasporto ferroviario e 2.9 miliardi di euro per il trasporto per vie d'acqua interne.

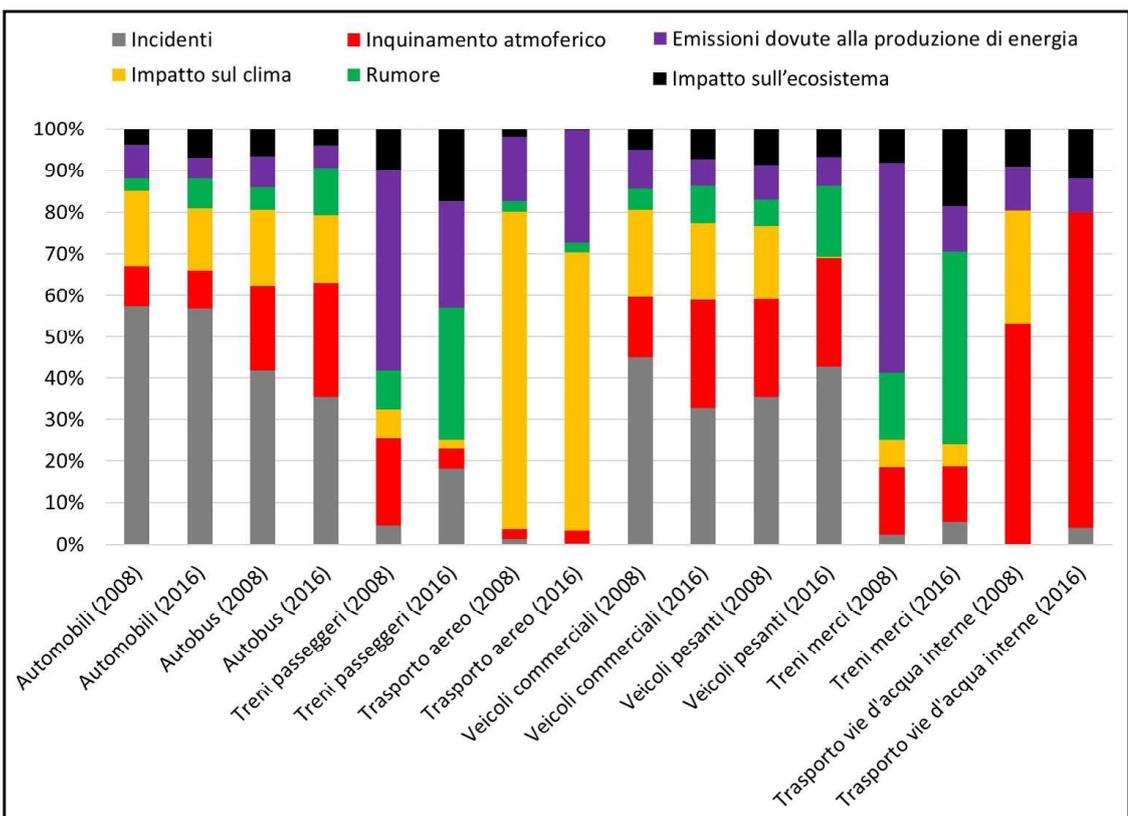
L'incidenza del costo esterno totale su PIL per i 28 paesi dell'Unione Europea (al 2016)

si assesta all'incirca sul 5.5% riferendosi al valore medio, e sul 5.7% riferendosi invece al valore totale dei costi esterni, mentre in Italia è di circa il 6.8%.

Può essere condotta un'ulteriore valutazione in termini di costo esterno medio per i diversi sistemi di trasporto (sia passeggeri che merci). Come in precedenza, è possibile comprendere quale fattore influenzi maggiormente l'esternalità di un preciso modo di trasporto. Le automobili (trasporto passeggeri) hanno un costo esterno pari a 0.078 euro per passeggero per chilometro (senza tenere in considerazione la congestione stradale). Il sistema ferroviario invece ha un costo esterno totale medio di 0.028 euro per passeggero per chilometro (circa tre volte in meno di quello stradale). In letteratura si trova anche una differenza tra mezzi ferroviari elettrici e mezzi con motore diesel (a causa del basso fattore di carico che contraddistingue quest'ultima tipologia di mezzi di trasporto): si passa da 0.013 euro per passeggero per chilometro a 0.026 euro per passeggero per chilometro (il doppio), rispettivamente. Il trasporto aereo passeggeri ha invece un costo esterno pari a circa 0.034 euro per passeggero per chilometro (considerando che il costo è mediato su voli a corto, medio e lungo raggio), ovvero un 20% in più del costo esterno per il trasporto ferroviario



9 - Quota di incidenza delle singole voci di costo sul totale delle esternalità a livello europeo per ciascun sistema di trasporto (confronto tra anno 2008 – UE27 e anno 2016 – UE28). Fonte: rielaborazione degli autori su dati dei rapporti europei dell'anno 2011 e dell'anno 2019.



10 - Quota di incidenza delle singole voci di costo sul totale delle esternalità a livello europeo per ciascun sistema di trasporto (confronto tra anno 2008 – UE27 e anno 2016 – UE28), escludendo il costo della congestione. Fonte: rielaborazione degli autori su dati dei rapporti europei dell'anno 2011 e dell'anno 2019.

passaggeri. Però il costo esterno medio per il trasporto aereo su brevi distanze (0.043 euro per passeggero per chilometro) è circa 3 volte superiore rispetto a quello per un sistema ferroviario ad alta velocità (0.013 euro per passeggero per chilometro). Nel caso del trasporto aereo predomina l'impatto sul clima rispetto agli altri fattori, mentre nel caso del trasporto su gomma (automobile) sono

elevati i costi relativi a incidenti, impatto sul clima e inquinamento atmosferico. Il costo esterno medio per il trasporto merci è molto inferiore come ordine di grandezza rispetto a quello passeggeri. In questo caso il costo medio per il trasporto marittimo è il più basso (circa 0.065 euro per tonnellata per chilometro), seguito da quello ferroviario (0.013 euro per tonnellata per chilome-



11 - Terminal intermodale per il trasporto merci su ferro/gomma. Fonte: www.hupac.com.

tro) da quello del trasporto per vie d'acqua interne (0.019 euro per tonnellata per chilometro) e infine da quello del trasporto su gomma (camion e veicoli pesanti, 0.034 euro per tonnellata per chilometro). Non sono presenti abbastanza dati per effettuare una valutazione sulle esternalità del trasporto aereo merci (cargo).

È possibile notare dai dati per il trasporto merci, come il costo medio del trasporto su gomma sia circa 2.5 volte più grande del costo medio del trasporto su ferro. I dati sul trasporto merci e passeggeri non contengono il fattore congestione/ritardo. I costi esterni per il trasporto marittimo, per il trasporto su gomma e soprattutto per il trasporto per vie d'acqua interne sono influenzati dall'inquinamento atmosferico. Il trasporto merci su gomma risente anche dell'incidentalità e del rumore, mentre nel costo medio del trasporto ferroviario predomina il solo rumore.

Conclusioni

L'analisi effettuata in questo articolo ha indicato che tra le principali categorie di costo esterno relative alle attività di trasporto spiccano in modo particolare gli incidenti, l'inquinamento atmosferico e la congestione. Si è visto come le esternalità negative relative al trasporto su gomma siano nettamente più elevate di quelle del trasporto su ferro (il quale risulta avere i costi più bassi, sia in termini unitari che totali), del trasporto aereo e del trasporto per vie d'acqua interne. Tuttavia, i dati e le statistiche indicano che il treno ha dei volumi di trasporto nettamen-

te inferiori rispetto alla gomma (per quanto riguarda i passeggeri e le merci) e minori rispetto all'aereo (per i passeggeri). Anche il trasporto per vie d'acqua interne incide per una piccola parte nello spostamento di merci e passeggeri.

La disparità tra i sistemi di trasporto è da attribuirsi anche alla forma dei mercati stessi (ad esempio, il mercato ferroviario ha avuto per molto tempo una forma "monopolistica") che ha creato degli squilibri modali e ha negato una possibile concorrenza nelle diverse nazioni.

A livello ambientale la sfida dei sistemi di trasporto è quella di ridurre le esternalità (impatto specifico sul consumo di energia o sulle emissioni). Al contempo è necessario espandere le quote di mercato dei diversi sistemi di trasporto, ma il ridisegno modale deve essere effettuato definendo degli obiettivi per i diversi sistemi di trasporto sia a livello nazionale che europeo, riequilibrando gli spostamenti sull'appropriato mezzo di trasporto (ad esempio aumentando il numero di mezzi stradali che utilizzano la ferrovia come "autostrada", figure 1 e 11).

Un ulteriore passo in avanti può essere compiuto investendo economicamente sulle innovazioni tecnico-scientifiche per una riduzione delle esternalità di tipo ambientale. Si cita a questo proposito il possibile utilizzo sulle strade (figura 12) di veicoli su gomma dotati di motore elettrico e di pantografo che captano la corrente da linee dedicate posizionate sopra la pavimentazione stradale (come nelle ferrovie).

© Riproduzione riservata



12 - Trasporto elettrico su gomma. Fonte: www.vadoetornoweb.com/camion-filobus-si-puoma-serve-uno-standard-europeo/.

Bibliografia

AA.VV. (2019) *Handbook on the external costs of transport*, Delft, CE Delft, gennaio, ISBN: 978-92-79-96917-1. Disponibile su: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/studies/internalisation-handbook-isbn-978-92-79-96917-1.pdf> (data di accesso: 01/04/2020).

Brewer A.M., Button K.J, Hensher D.A.(2008), *Handbook of logistics and supply-chain management*, terza edizione, Emerald Group Publishing Limited, Bingley (UK), ISBN: 978-0-0804-3593-0.

CE Delft, Infrac, Fraunhofer ISI (2011) *External Costs of Transport in Europe - Update Study for 2008*, Delft, CE Delft, settembre. Disponibile su:

https://www.cedelft.eu/publicatie/external_costs_of_transport_in_europe/1258 (data di accesso: 31/03/2020).

Donati A., Petracchini F., Gasparini C., Tomassetti L. (a cura di) (2019), *Politiche di mobilità e qualità dell'aria nelle 14 città e aree metropolitane 2017-2018*, aprile, pubblicato da Istituto sull'inquinamento atmosferico del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IIA) e da Kyoto Club, Roma (Italia), ISBN: 978-8-8622-4015-4

Giacomello G. (2017), "Collegamenti transalpini nella regione Liguria: il terzo valico dei Giovi e il nodo di Genova", *Trasporti e Cultura* n. 48-49, dicembre, pp. 35-41.

Pasetto M, Barbati S.D. (2012), "Aeroporto e territorio, oppure territorio e aeroporto?" *Trasporti e Cultura* n. 32, aprile, pp. 7-13.

Rodrigue J. P, Comtois C., Slack B. (2013), *The Geography of Transport Systems*, terza edizione, Routledge, New York, ISBN: 978-0-415-82254-1.