

Particolarmente idonei alla conversione fermentativa sono le biomasse riferibili alla cd. filiera del biogas (reflui zootecnici, residui lattiero-caseari, scarti dell'industria conserviera, residui dei frantoi, scarti ortofrutticoli). Queste biomasse generano consistenti quantità di biogas attraverso la fermentazione (digestione) anaerobica attivata da consorzi microbici in ambienti in condizioni di esercizio controllate.

Il processo di digestione prevede tre fasi sintetizzabili come di seguito riportato:

Idrolisi: decomposizione di composti organici complessi in carboidrati semplici.

Fermentazione acido-acetica: batteri acidogeni convertono i carboidrati semplici in acidi organici con simultanea produzione di CO_2 ed H_2 .

Metanogenesi: batteri metanogeni convertono le sostanze precedentemente citate in CH_4 e CO_2 .

La miscela gassosa prodotta è composta tipicamente da metano (50-70%) CO_2 , oltre componenti minori. Il potere calorifico inferiore del biogas è tipicamente compreso nell'intervallo 20-24 MJ/Nm³.

La **Tabella 3** riporta la stima della potenzialità produttiva di biogas per digestione di biomasse e scarti organici di differente natura.

Le tecnologie disponibili per la produzione di biogas tipicamente prevedono la conduzione delle tre fasi del processo in un'unica apparecchiatura. I vantaggi collegati con la compattezza dei digestori commerciali comportano di converso l'impossibilità di ottimizzare separatamente le tre fasi di conversione.

Il biogas è tipicamente utilizzato in sito per conversione in energia elettrica per le esigenze locali delle aziende produttrici. Un possibile scenario futuro vede la purificazione del biogas per inserimento nella rete di distribuzione nazionale.

Nel complesso i processi di fermentazioni anaerobica propri della filiera del biogas sono ben noti e consolidati, con soluzioni tecnologiche ampiamente disponibili e collaudate.

Tabella 3. Resa in biogas per digestione anaerobica di biomasse e scarti organici

La fermentazione degli zuccheri e dei carboidrati

Il complesso dei processi biochimici di fermentazione alcolica degli zuccheri e dei polisaccaridi è ben noto e abbondantemente caratterizzato. Corrispondentemente, sono ben consolidate le tecnologie produttive del bioetanolo.

Crescente interesse sta riscuotendo la produzione per via fermentativa di biobutanolo, in considerazione delle sue proprietà attraenti quale carburante da solo o in combinazione con altri carburanti di origine fossile. Questo interesse ha stimolato la migliore comprensione dei meccanismi e delle rese di processi di fermentazione ABE di zuccheri da microorganismi anaerobi obbligatori.

La fermentazione dei C1

Di particolare interesse gli sviluppi indirizzati alla fermentazione di C1 (metano e CO) e di syngas, attivato da classi selezionate di microorganismi.

Lo sviluppo di processi integrati di conversione energetica di biomassa e la connessione con la chimica verde.

Materiali	m ³ per tonnellata di solidi volatili
Deiezioni animali (suini, bovini, avi-cunicoli)	200 - 500
Residui colturali (paglia, collietti barbabietole, ecc.)	350 - 400
Scarti organici agroindustria (siero, scarti vegetali, lieviti, fanghi e reflui di distillerie, birrerie e cantine, ecc.)	400 - 800
Scarti organici macellazione (grassi, contenuto stomacale e intestinale, sangue, fanghi di flottazione, ecc.)	550 - 1.000
Fanghi di depurazione	250 - 350
Frazione organica rifiuti urbani	400 - 600
Culture energetiche (mais, sorgo zuccherino, erba, ecc.)	550 - 750

Nel passato la tendenza prevalente, anche favorita dalla legislazione e dalle forme di incentivazione governativa, è stata rivolta all'impiego diretto della biomassa in impianti dedicati in una visione di filiera corta. Più di recente si è determinato un interesse crescente

verso lo sviluppo di processi integrati di valorizzazione della biomassa che tendono ad allungare la filiera e a valorizzare le economie di scala.

Esempi di questi processi sono forniti dalla esperienza Bioliq in Germania, Enpyro in Olanda e da esperienze simili in Finlandia e Canada. Il concetto alla base di questi approcci è rappresentato dalla produzione decentralizzata, nelle immediate prossimità dei siti di produzione della biomassa, di bio-oli mediante semplici processi di pirolisi veloce della biomassa solida. Il Bio-olio si configura come materia prima-seconda del processo di valorizzazione della biomassa. Esso presenta caratteristiche di fluidità e di densità energetica che ne agevola il trasporto verso i siti finali di lavorazione, impianti chimici o bioraffinerie, nei quali possono essere condotti processi di upgrade, di gassificazione, di sintesi Fischer-Tropsch, finalizzati alla produzione di un mix di biofuels e biochemicals per uso in campo energetico e chimico.

Quali i vantaggi di questo approccio? La flessibilizzazione della filiera produttiva associata alla biomassa, che nell'ambito del comparto energetico consente di pervenire a mix variabili di biocombustibili (anche liquidi) in ragione delle richieste di mercato e di integrare la produzione energetica con la produzione di chemicals, stabilendo una connessione con il dominio tecnologico della Green Chemistry. L'associazione della valorizzazione energetica della biomassa con la produzione di chemicals a maggiore valore aggiunto può in prospettiva migliorare significativamente le economie complessive dei processi di trasformazione.

I vantaggi economici derivanti dalle economie di scala, in un sistema che affida alla struttura fortemente distribuita dei punti di prima lavorazione della biomassa i soli pretrattamenti meccanici e pirolitici, trasferendo in siti di maggiore dimensione le trasformazioni chimico-fisiche e la conversione energetica.

Si colgono risultati positivi anche in termini di controllo degli impatti ambientali: la conversione termica o termoelettrica e le trasformazioni chimico-fisiche, ad eccezione del primo trattamento meccanico e pirolitico, hanno luogo in siti di maggiori dimensioni che possono essere dotate di sistemi di controllo delle emissioni che combinano, in virtù delle economie di scala e della integrazione di processo, efficienza ed economicità.

La **Figura 13** riporta una esemplificazione di questa recente linea di sviluppo: il processo decentralizzato/centralizzato Bioliq ©, sviluppato presso il KIT in Germania, ed oggi operativo alla scala dimostrativa.

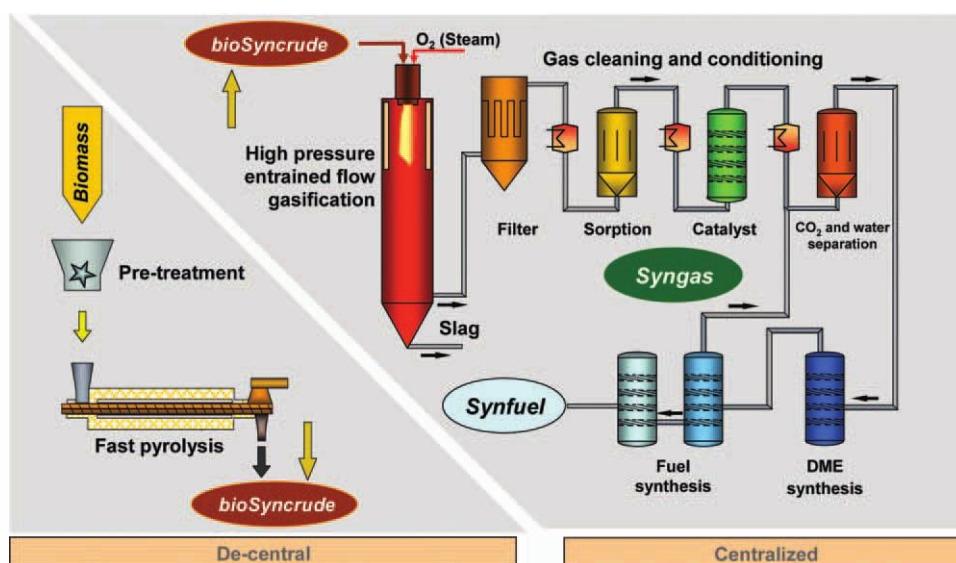
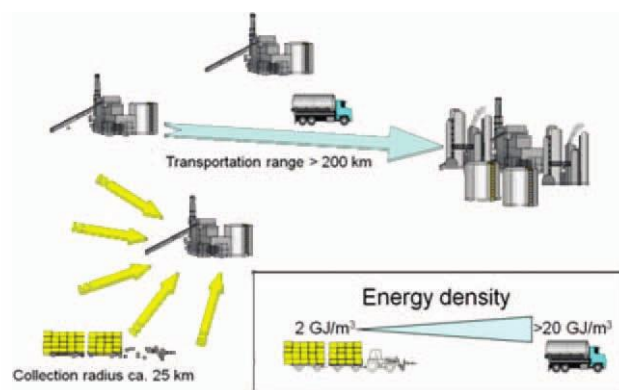


Figura 13 L'approccio integrato de-centralizzato/centralizzato alla valorizzazione della biomassa basato sul bio-olio quale intermedio di trasformazione. Il caso Bioliq©.

La produzione di biocombustibili liquidi

Atteso che la produzione di biocombustibili liquidi non può, e non deve, essere in competizione con risorse destinabili all'alimentazione umana ed animale, l'attenzione è posta sulla produzione dei combustibili cosiddetti di 2^a generazione. La **Tabella 4** riporta una sintetica descrizione dei biocombustibili liquidi avanzati, delle principali applicazioni, dei limiti alla miscelazione con combustibili di origine fossile. Una consistente frazione delle materie prime destinabili a questa trasformazione è di natura lignocellulosica (lolle, canna da zucchero, residui forestali, colture energetiche quali piante a rotazione breve) a cui si aggiungono residui della produzioni industriali agro-alimentari. L'uso di questa tipologia di feedstock consente un più agevole raggiungimento del target 2020. Infatti, le normative vigenti per i biocarburanti prodotti da residui, materie cellulosiche di origine non alimentare, ovvero per i biocarburanti di 2^a generazione, conteggiano un contributo doppio rispetto a quello fornito da altri biocarburanti.

La valorizzazione di biocombustibili liquidi di 2a generazione richiede l'integrazione di trattamenti chimico-fisici diversi che possono svilupparsi in prevalenza lungo il percorso fermentativo (trattamento fisico/meccanico della biomassa, l'idrolisi della cellulosa e dei polisaccaridi, le fermentazioni aerobiche o anaerobiche degli zuccheri) ovvero termochimico (pirolisi seguito da idrotrattamento e raffinazione, ovvero gassificazione seguito da sintesi di Fischer-Tropsch). Di interesse anche processi misti, quali la produzione di syngas per gassificazione seguita dalla fermentazione di quest'ultimo. La scelta del percorso più vantaggioso è da porre in relazione con la natura della biomassa. In generale biomasse lignocellulosiche a elevato tenore di lignina non si prestano a pre-trattamenti finalizzati a produrre zuccheri fermentabili e sono più indicate per processi di termoconversione, finalizzati a produrre intermedi facilmente trasportabili e processabili: olio di pirolisi, syngas.

La **Figura 14** riporta un quadro concettuale complessivo delle trasformazioni di natura termica, fermentativa e chimico-fisica finalizzate alla produzione di biocombustibili liquidi avanzati.

La **Figura 15** riporta le stime più attuali relative al TRL (technology readiness level) associate a differenti filiere di trattamento. Queste dimostrano come il progresso delle conoscenze scientifiche e le esperienze collegate con le realizzazioni pilota e dimostrative siano sempre più numerose, rendendo sempre più numerose le opzioni processistiche che si affacciano alla piena commercializzazione.

Particolarmente interessante la filiera produttiva del biobutanolo per via fermentativa. Un recente studio condotto presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II è stato focalizzato sulla stima della produzione potenziale di butanolo da varie fonti di biomasse residue. La Tabella 5 riporta la massima produzione attesa di butanolo per conversione delle biomasse investigate (siero lattiero-caseario, bibite ad elevato contenuto zuccherino, biomassa lignocellulosica da colture energetiche, residue forestali, residui delle aziende agro-industriali). La produzione è stata calcolata tenendo presente la disponibilità in Europa delle biomasse investigate, la composizione media delle biomasse e i coefficienti di resa della fermentazione. La Tabella 6 ripropone la stessa analisi riportata in Tabella 5 ma particolarizzata alla Regione Campania. La capacità produttiva di butanolo è ben confrontabile con la richiesta di biocarburante in Campania (circa 1.2 Mt/anno).

Con riferimento alla valorizzazione del siero lattiero-caseario la situazione è particolarmente favorevole. Il riferimento alla geolocalizzazione dei siti di produzione di questi reflui (trattata in un capitolo a parte) evidenzia che la produzione di siero di latte di bufala è concentrata in due aree della Campania: provincia di Caserta e provincia di Salerno. Lo scenario incoraggia l'adozione di filiere corte di valorizzazione attraverso la creazione di impianti consortili per la produzione di biobutanolo da siero lattiero-caseario con bacini di utenza di modesta estensione territoriale.

Product	Description	Application and product replacement	Blending limits
Methanol	Single carbon alcohol Energy density approximately 50% lower than gasoline	May be blended with gasoline for use in road transport or converted to methyl tert-butyl ether for blending with gasoline (where vapour pressure limits restrict methanol blending). Use in rail and shipping is limited to dual-fuel converted engines. Methanol may be converted to dimethyl ether (DME) for use as a diesel replacement or to gasoline and diesel range hydrocarbons. Barriers to its use include concerns about human toxicity and corrosive effects on conventional engines.	In the US, regulations allow a 0.3% blend of methanol in gasoline or 2.75% methanol in gasoline with equal volumes of butanol (ASTM D 4814-16b). EU gasoline standards allow up to 3% methanol in gasoline (EN 228). ASTM D5797-16 standards for 70%-85% methanol in gasoline are being updated. In China, a national standard for 85% methanol in gasoline exists (GB/T 23799-200) but standard fuel grades vary across provinces.
Ethanol	Two carbon alcohol Energy density approximately 30% lower than gasoline	May be blended with gasoline for use in road transport or converted to ethyl tert-butyl ether for blending with gasoline (where vapour pressure limits restrict ethanol blending). Ethanol may be converted to jet fuel range hydrocarbons via chemical catalysis. Barriers to expanding its use include corrosion in conventional engines at higher blends and incompatibility with existing fossil fuel pipelines.	In Europe and the US, fuel standards allow for up to 10%-15% ethanol in gasoline (EN 228, ASTM D 4814). In Brazil, regulation allows up to 27.5% ethanol in gasoline. Flex-fuel vehicles may use blends of up to 85% ethanol in gasoline or 100% ethanol.
Butanol	Four carbon alcohol Energy density similar to gasoline.	May be blended with gasoline or diesel for use in road transport.	US fuel standard allows up to 16% butanol in gasoline (ASDM D 4814). EU fuel standard allows up to 15% in gasoline (EN 228).
FAME biodiesel	Fatty acid methyl ester (FAME). Energy density similar to diesel	May be blended with diesel for use in road, rail and shipping. Barriers to expanding its use include poorer cold flow properties, which limit use in some areas.	EU fuel standards allow up to 7% in diesel (EN 590). US fuel standards allow up to 5% in diesel (ASTM D 975).
Fischer-Tropsch fuels	Range of paraffinic hydrocarbons Energy density similar to diesel.	Depending on the hydrocarbon chain lengths, Fischer-Tropsch products may be blended with gasoline, diesel or jet fuels for use in road, rail, shipping or aviation.	There are no regulatory limits to blending Fischer-Tropsch diesel. Fischer-Tropsch kerosene is certified for maximum 50% blends with jet fuel (ASTM D7566).
Hydro-treated esters and fatty acids	Range of straight chain paraffinic hydrocarbons. Energy density similar to diesel.	Depending on the hydrocarbon chain lengths, it may be blended with diesel or jet fuels for use in road, rail, shipping or aviation.	There are no regulatory limits to blending hydro-treated esters and fatty acids in diesel. However, it will be blended with conventional diesel fuel to meet fuel specifications. International standard ASTM D 7566 allows up to 50% hydro-treated esters and fatty acids in jet fuel.
Synthetic paraffinic fuel	This category includes straight-chain and branched chain hydrocarbons of various chain lengths (includes Fischer-Tropsch diesel). Energy density similar to diesel or kerosene.	Depending on the hydrocarbon chain lengths, it may be blended with diesel or jet fuels for use in road, rail, shipping or aviation.	Iso-synthetic paraffinic fuels are certified for maximum 10% blends with jet fuel (ASTM D7566).
Synthetic aromatic fuel	Hydrocarbon fuel containing aromatic compounds.	May be blended with jet fuel for use in aviation. Aromatic compounds are an important component of jet fuel and not found in other biofuels. This route may enable fully renewable jet fuels.	ASTM certification currently under way.

Tabella 4 Proprietà dei biocarburanti e campo di impiego (INEA, 2016).

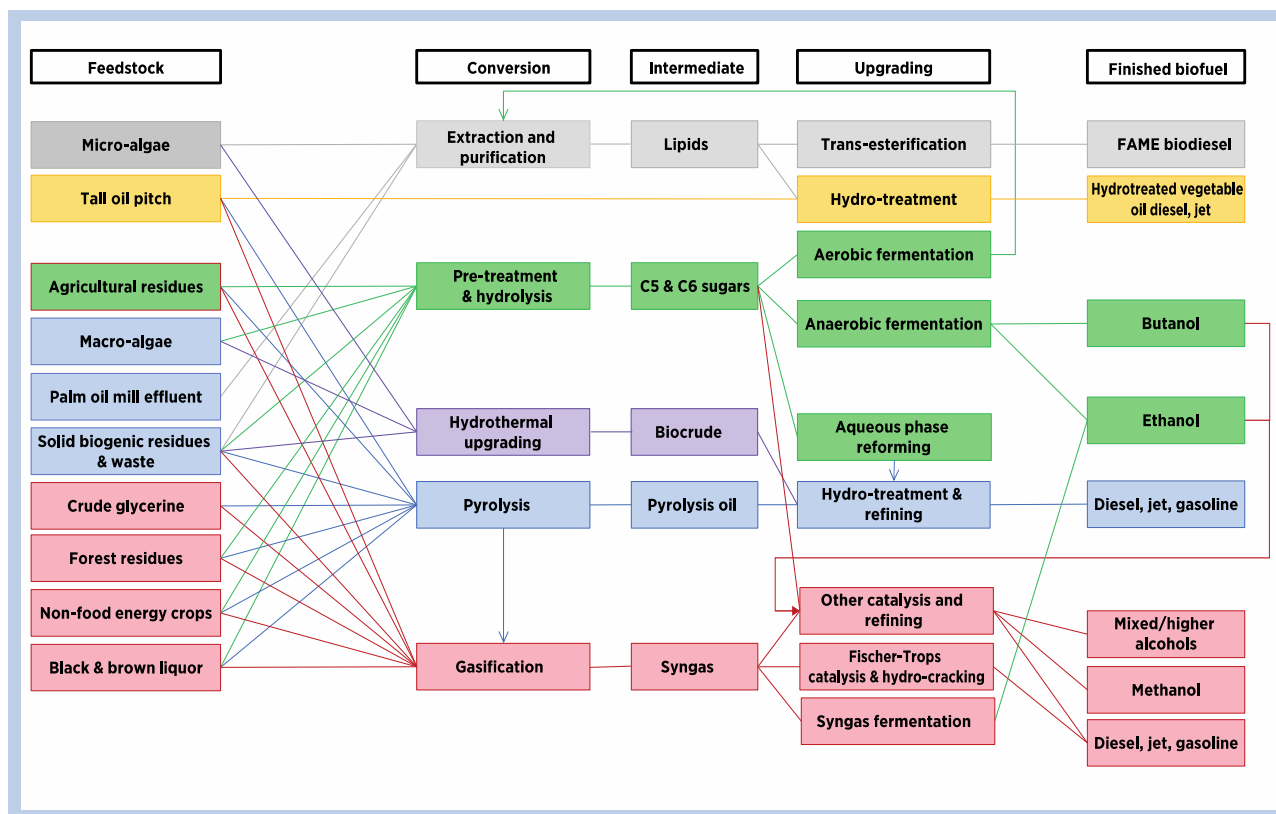


Figura 14 Quadro sinottico delle possibili filiere per lo sfruttamento di un'ampia gamma di biomasse (IRENA, 2016)

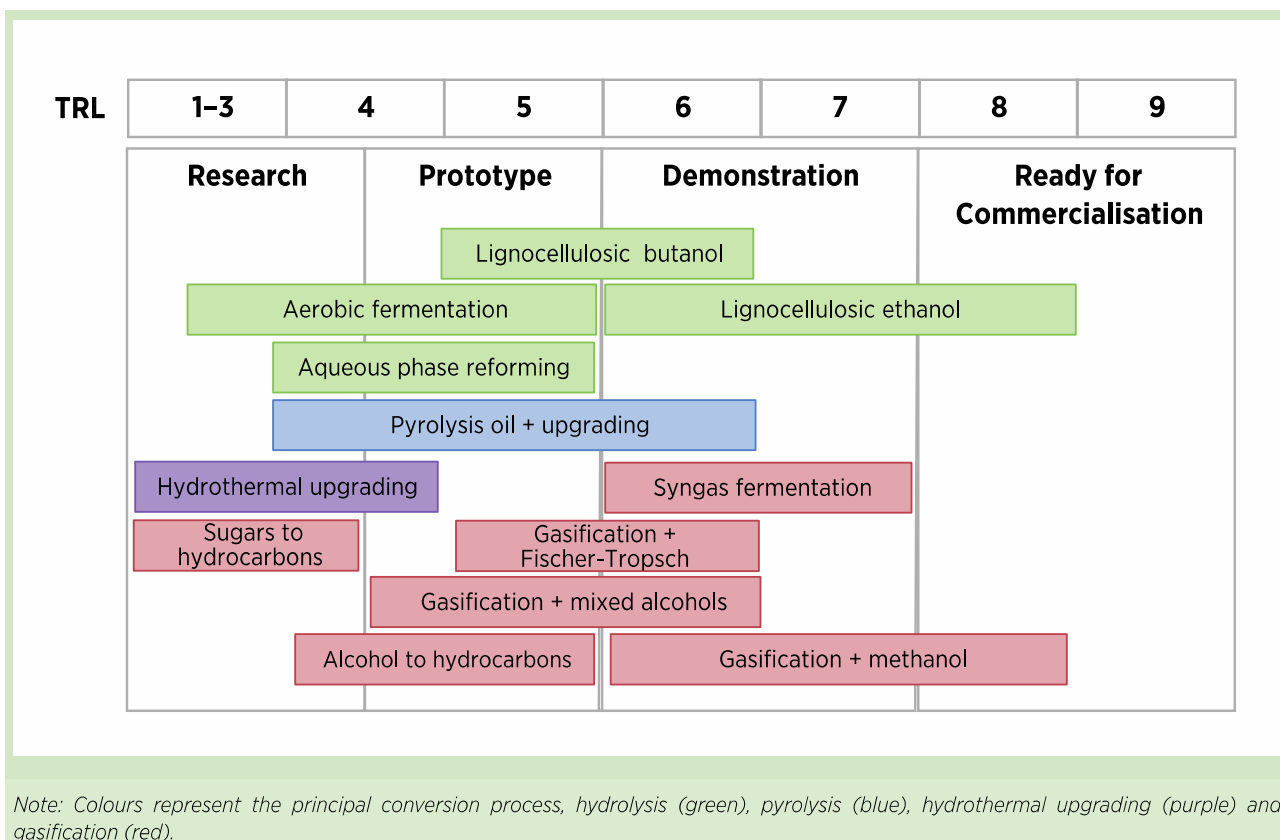


Figura 15 Stima del TRL (Technology Readiness Level) di sistemi per la produzione di biocarburanti avanzati.

Appendice E

Efficienza energetica del sistema produttivo

Il contesto di riferimento

La crisi finanziaria iniziata nel 2007 nei mercati finanziari a causa di una bolla immobiliare legata ai cd. “mutui *subprime*” si è diffusa a livello globale con importanti conseguenze anche nell’economia reale. Il 2009 ha infatti visto la diffusione di una crisi economica generalizzata con pesanti recessioni e vertiginosi crolli di Pil in numerosi paesi del mondo e in particolar modo nel mondo occidentale.

In questo contesto, la crescita è divenuta un obiettivo prioritario ottenibile solo attraverso un accrescimento sostanziale della competitività del sistema produttivo.

Tra i principali fattori che possono migliorare la competitività del Paese, il settore energetico ha un ruolo predominante, seppur scontando alcune debolezze strutturali.

L’Italia, infatti, ha prezzi dell’energia mediamente superiori ai concorrenti europei, e ancor più rispetto ad altri Paesi come gli Stati Uniti, anche a causa di un mix energetico basato principalmente sul gas differenziandosi molto dalla media UE che contempla un notevole apporto del nucleare e del carbone.

Il sistema energetico del Paese può tuttavia far leva su importanti punti di forza. L’Italia è oggi uno dei Paesi a maggior efficienza energetica (-17,2% rispetto alla media dell’Unione Europea a 28 paesi; -14,2% rispetto alla media della Zona Euro)¹.

Nel 2011 l’American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) ha posizionato l’Italia al terzo posto al mondo, dopo Gran Bretagna e Germania, per gli sforzi nazionali compiuti a favore dell’incremento dei livelli di efficienza energetica.

L’efficienza energetica ha infatti il pregio di essere lo strumento più economico per l’abbattimento delle emissioni di CO₂, con un ritorno sugli investimenti positivo per il Paese, di generare domanda in un mercato dove sono attive molte imprese italiane, di accrescere la sicurezza energetica e di ridurre il deficit della bilancia commerciale.

La forte dinamica dei prezzi energetici registrata su scala mondiale nell’ultimo decennio ha posto al centro del dibattito di policy la relazione tra la spesa energetica delle imprese e la loro competitività.

In Europa la questione energetica viene spesso indicata come uno dei principali fattori di freno all’espansione dell’industria e recentemente è stata al centro dell’agenda delle istituzioni comunitarie, in particolare per l’ampliamento dei differenziali di costo con gli Stati Uniti dovuto alla forte riduzione dei prezzi energetici in questo paese derivante dalla maggiore disponibilità di idrocarburi non convenzionali.

In Italia, dove elevati sono nel confronto internazionale la dipendenza dall’estero per l’approvvigionamento di energia e i prezzi pagati da imprese e consumatori, le considerazioni circa la competitività delle imprese si sommano alla preoccupazione che impianti produttivi ad alta intensità energetica possano essere delocalizzati.

Secondo uno studio effettuato dalla Banca d’Italia, nel 2011 la spesa media delle imprese ammontava a circa 740 mila euro, il 61 per cento in più del 2003; nello stesso periodo la crescita delle quantità medie consumate, passate da 924 a 940 tep, è stata contenuta (un aumento di poco meno del 2 per cento²).

Considerando la rilevazione Eurostat per il 2011, i prezzi dell’energia elettrica sostenuti dalle imprese italiane sono infatti mediamente superiori di circa un terzo rispetto a quelli sostenuti dai concorrenti europei.

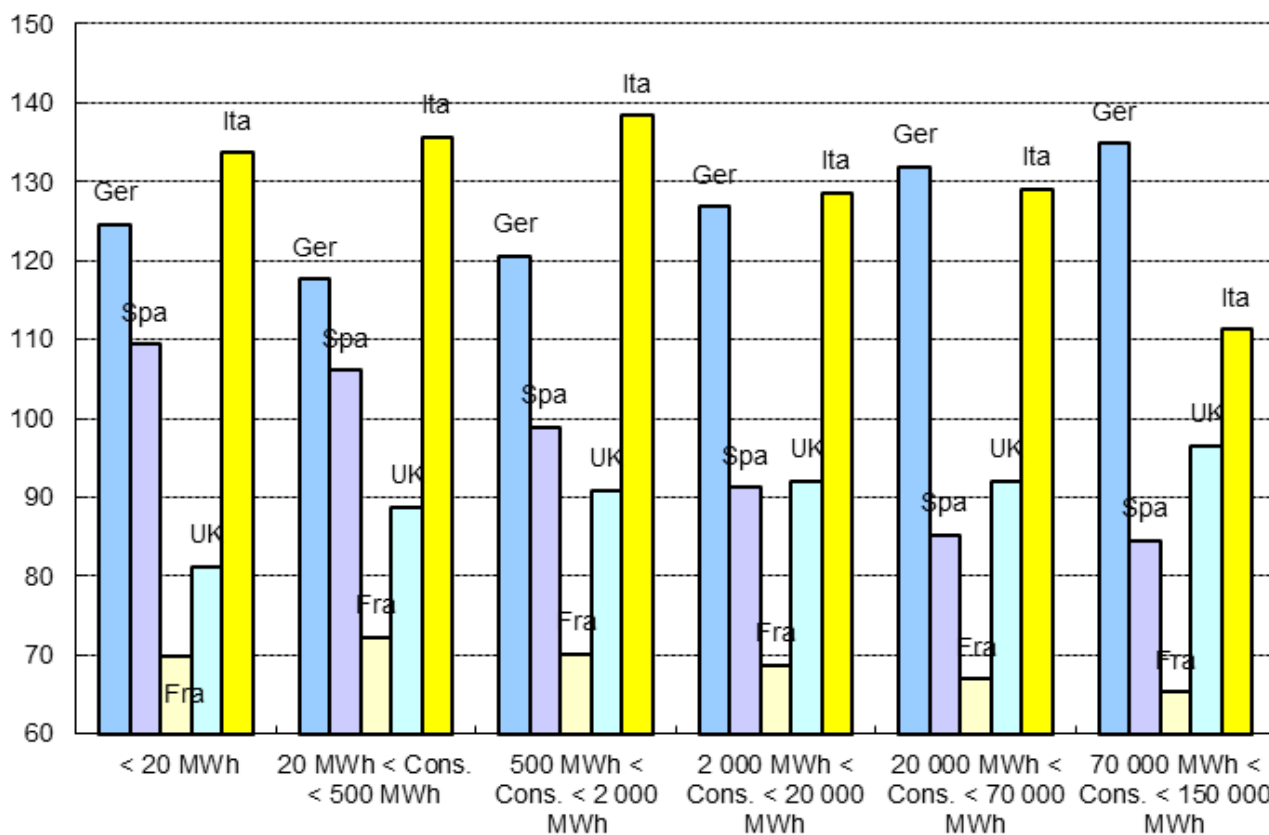
¹ Fonte: elaborazione ENEA su dati Ministero dello Sviluppo Economico e ISTAT – PAEE 2014

² Fonte: *Spesa energetica e competitività delle imprese italiane*, Banca d’Italia, Questioni di Economia e Finanza, Marzo 2014

Prezzo dell'energia elettrica per gli utenti non domestici per fascia di consumo

(prezzo medio UE27=100; secondo semestre 2011)

Fonte: Elaborazioni su dati Eurostat.



Correlando l'incidenza della spesa energetica con indicatori di performance a livello di impresa, a parità di altre condizioni, Banca d'Italia ha evidenziato che le imprese che hanno sostenuto costi più elevati per l'acquisto di energia hanno anche una minor crescita dei volumi fatturati e una minore propensione all'export. È stato stimato che il fatturato perso dal sistema manifatturiero italiano per il maggiore prezzo dell'energia ammonta tra il 2003 e il 2011 a circa 11,6 G€ l'anno.

Piano d'azione per le PMI Campane

Con riguardo al sistema produttivo campano, obiettivo prioritario è favorire una crescita attraverso una strutturale riduzione dei costi di produzione e, al contempo, un minore impatto ambientale in termini di esternalità negative determinate dal ciclo di produzione.

Con l'approvazione del POR FESR Campania 2014/2020³, infatti, il tradizionale obiettivo della riduzione dei consumi energetici negli edifici e nelle strutture pubbliche o ad uso pubblico è stato integrato con l'obiettivo della riduzione dei consumi energetici e delle emissioni nelle imprese e integrazione di fonti rinnovabili.

³ Decisione Commissione C (2015) 8578 del 1/12/2015

In sostanza, si è inteso programmare interventi capaci di incidere direttamente sul sistema produttivo campano al fine di consentire una crescita sostenibile attraverso processi innovativi che consentano, da un lato, di competere sui mercati internazionali e, dall'altro, di perseguire gli obiettivi di sostenibilità ambientale e crescita intelligente, sostenibile e inclusiva.

Con la DGR n. 529 del 4/10/2016, la Giunta regionale della Campania ha già approvato un programma di sostegno alle PMI finalizzato alla realizzazione di interventi di efficientamento energetico realizzati previa diagnosi energetica e eventualmente accompagnati dal rilascio della certificazione di conformità alla norma ISO 50001.

Gli interventi agevolati sono:

- a) installazione di impianti di cogenerazione ad elevato rendimento e di impianti di trigenerazione;
- b) interventi finalizzati all'aumento dell'efficienza energetica nei processi produttivi, diretta a ridurre l'incidenza energetica sul prodotto finale, tali da determinare un significativo risparmio annuo di energia primaria;
- c) interventi mirati alla riduzione dei consumi energetici mediante una riorganizzazione di processi di produzione basati sulla tecnologia e su device in grado di comunicare autonomamente tra di loro (smart factory e industria 4.0);
- d) interventi finalizzati all'aumento dell'efficienza energetica degli edifici nell'unità locale;
- e) sostituzione puntuale di sistemi e componenti a bassa efficienza con altri a maggiore efficienza;
- f) interventi di installazione di impianti a fonti rinnovabili a condizione che l'energia prodotta sia destinata all'autoconsumo;
- g) interventi di ottimizzazione tecnologica, miglioramento delle centraline e delle cabine elettriche e installazione di sistemi di controllo e regolazione capaci di ridurre l'incidenza energetica sul processo produttivo dell'impresa.

Sono comunque esclusi gli interventi costituiti da mero adeguamento normativo.

Con la delibera di Giunta regionale n. 529 del 4/10/2016 e ss.mm.ii sono stati stanziati 17.149.200,00 euro per l'attuazione del programma prevedendo il finanziamento a fondo perduto (50% delle spese) delle seguenti azioni proposte dalle imprese:

- Diagnosi energetica con contributo massimo di 5.000,00 euro;
- Adozione del sistema di gestione dell'energia (SGE) conforme alla norma ISO 50001 fino a contributo massimo di 10.000,00 euro;
- Almeno un intervento di efficientamento energetico tra quelli previsti dalla diagnosi energetica con contributo massimo di 100.000,00 euro.

Nell'ambito del programma sono stati acquisiti 186 piani di investimento presentati da altrettante aziende.

Le diagnosi energetiche e il SGE hanno beneficiato, altresì, di un cofinanziamento del ministero dello Sviluppo Economico.

Hanno già beneficiato del contributo, alla data di redazione della presente appendice, 70 imprese.

Da un monitoraggio dei primi 60 interventi beneficiari della concessione del contributo risulta che le azioni proposte hanno riguardato le seguenti tipologie:

1. installazione di impianti di produzione di energia (cogenerazione ad alto rendimento e rinnovabili): n. 53
2. efficientamento energetico mediante riorganizzazione dei processi produttivi: n. 7
3. efficientamento energetico degli edifici ed ottimizzazione tecnologica: n. 71

Per rafforzare gli obiettivi raggiunti con il suddetto programma, la Giunta regionale, con la deliberazione n. 82 del 6 marzo 2019, ha stanziato ulteriori 33 Meuro per le misure di efficientamento energetico, prevedendo a completamento del supporto agli investimenti privati, strumenti di incentivazione finalizzati a promuovere un sistema di insediamenti industriali in grado di minimizzare gli impatti ambientali diretti ed indiretti delle attività produttive.

Le delibera programma, infatti, due interventi. Il primo, con dotazione complessiva di 20 Meuro, per l'emanazione di un Avviso in favore delle imprese che realizzano interventi di efficientamento energetico. Il secondo, per una dotazione complessiva di 13 Meuro, in favore di interventi di efficientamento volti alla riduzione dei consumi energetici degli agglomerati produttivi inclusi nelle aree di sviluppo industriale.

Appendice F

Lo sviluppo della bioeconomia

Lo sviluppo della bioeconomia. Scenari e prospettive.

La Bioeconomia vuole favorire la transizione da un sistema produttivo economico energivoro, basato sulle risorse fossili non rinnovabili e con accentuato impatto ambientale, ad un sistema più sostenibile fondato su un utilizzo razionale ed integrale delle risorse biologiche (biomasse in senso lato). La Bioeconomia si propone pertanto di promuovere lo sviluppo di un'economia a minore impatto ambientale, che rigeneri gli ecosistemi naturali anziché impattarli, e maggiormente efficiente dal punto di vista delle risorse nel un più ampio contesto di sviluppo dell'economia circolare.

Come riportato in un recente studio pubblicato dalla Ellen MacArthur Foundation, "*Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe*"¹, l'economia circolare sarà in grado di creare in Europa un beneficio netto di € 1.8 trilioni entro il 2030, traducendosi in un incremento del PIL dell'11% entro il 2030 (rispetto al 4% nel percorso di sviluppo attuale), permettendo una riduzione delle emissioni di anidride carbonica del 48% entro il 2030 rispetto ai livelli attuali (e dell'83% entro il 2050). Nel quadro di uno sviluppo verso un modello di economia circolare, il comparto della Bioeconomia, come descritto all'interno della strategia "*Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe*"², ha un peso economico di circa 2.000 miliardi di euro e oltre 22 milioni di persone impiegate, che rappresentano il 9% dell'occupazione complessiva dell'UE. Viene inoltre stimato che per ogni euro investito in ricerca e innovazione nella Bioeconomia, con adeguate politiche di sostegno a livello nazionale e comunitario, la ricaduta in valore aggiunto nei settori del comparto *biobased* sarà pari a dieci euro entro il 2025 (cfr. *Ellen MacArthur Foundation, the McKinsey Center for Business and Environment, and SUN*)³.

Il settore della bioeconomia dovrà però affrontare sfide enormi su scala globale. Sull'uso delle risorse biologiche convergono, infatti, sia la domanda di cibo di una popolazione mondiale sempre crescente, sia la domanda di produzione di materiali e composti per l'industria, che in prospettiva dovranno sostituire i materiali sintetici ottenuti dalla chimica del petrolio. Nutrire il pianeta in modo sicuro e sostenibile è un obiettivo strategico definito dai governi di tutti i Paesi del mondo, recentemente posto all'attenzione dell'opinione pubblica con l'iniziativa Expo215. Si calcola che nel 2050 ci saranno almeno 9 miliardi di persone e che per fornirle di cibo a sufficienza le produzioni agricole dovranno crescere almeno del 70%. Contemporaneamente alcune delle materie prime tradizionali e non rinnovabili iniziano a scarseggiare. Attualmente, infatti, si calcola un consumo di risorse naturali come se avessimo a disposizione una Terra e mezza e le proiezioni dicono che, se tutto il mondo utilizzasse le risorse naturali come la media dei Paesi OCSE, si dovrebbero avere a disposizione tre Terre invece di una. Si dovrà quindi produrre di più con meno risorse, il tutto in un contesto di accentuati cambiamenti climatici causati dall'aumento in atmosfera dei gas serra. Dalle biomasse, oltre che cibo ed alimenti, dovranno essere prodotti materiali per l'industria, per la chimica fine, per la farmaceutica, sfruttandone al massimo la composizione biochimica attraverso sistemi di separazione e valorizzazione di tutte le componenti utili, soprattutto riutilizzando come risorsa gli scarti delle produzioni alimentari, senza incidere in modo significativo sull'uso dei suoli, sulla qualità degli agroecosistemi e sulle produzioni agroalimentari. Le biomasse, derivanti dall'agricoltura o dalle foreste, impiegano, tra l'altro, importanti risorse naturali, suolo ed acqua, di cui bisogna preservare rispettivamente fertilità e qualità, attraverso un loro impiego parsimonioso e razionale.

Per vincere queste sfide si rende necessaria una vera e propria rivoluzione copernicana dei sistemi economico-produttivi, sviluppando innovazioni tecnologiche, sociali ed organizzative a più livelli. Il

¹ Qui è possibile scaricare il documento:

https://www.mckinsey.de/sites/mck_files/files/growth_within_report_circular_economy_in_europe.pdf

² Qui è possibile scaricare il documento:

http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/201202_innovating_sustainable_growth_en.pdf

³ Qui è possibile scaricare il link: http://www.wrforum.org/wp-content/uploads/2015/09/Joss-Bleriot-October2015_WRF.pdf

ruolo della ricerca in questo scenario appare determinante. Fondamentale sarà il contributo dalle scienze biotecnologiche, dalle “omiche” (genomica, metabolomica, proteomica, fenomica) per la conoscenza dei sistemi biologici, del loro metabolismo fine, della loro capacità ad adattarsi alle mutate situazioni climatiche ed ambientali. Grazie a tali conoscenze, per esempio, potranno essere scoperti biomateriali e composti naturali utili per la salute dell’uomo, per lo sviluppo di biopolimeri o per la produzione di intermedi di interesse industriale. Sviluppi importanti si attendono in agricoltura soprattutto in campo genetico, con il miglioramento continuo delle varietà coltivate, la comprensione dei cicli biogeochimici e della funzionalità dei suoli, nella sostituzione dei fertilizzanti di origine sintetica, nella difesa delle colture con minimo impiego di insetticidi e anticrittogamici, nelle tecniche di coltivazione che riducano erosione, perdita di sostanza organica e fabbisogni energetici. Un altro contributo determinante per la sostenibilità dei processi produttivi in agricoltura potrà derivare dagli sviluppi delle applicazioni ICT nel cosiddetto precision farming, ossia nell’applicazione intensa di sensori, tecnologie di analisi immagine da telerilevamento, droni, per la gestione accurata degli input.

Anche il settore agroalimentare, che già ora rappresenta in Europa quasi il 50% del fatturato dei settori compresi nel concetto di Bioeconomia, vede aprirsi enormi possibilità di innovazione e crescita. L’innovazione riguarda le proprietà nutrizionali degli alimenti e la loro relazione con la salute e il benessere, settore già ora di grande interesse e dinamismo, ma anche le tecniche di conservazione, il packaging, la logistica, con l’ottica di una riduzione degli sprechi e degli scarti. Anche la relazione tra qualità e disponibilità di cibo, abitudini alimentari, stili di vita e salute rientrano in un concetto allargato di Bioeconomia.

Centrale poi, nello sviluppo industriale della bioeconomia, è il concetto di bioraffineria, ossia di un sistema integrato di processi estrattivi, di purificazione, di modifica biochimica, in grado trasformare la biomassa in molteplici prodotti con diverse sbocchi di mercato. Si impone quindi un nuovo patto virtuoso tra sistema produttivo agroforestale e nuova industria “biobased”. Un sistema agroforestale che diventa determinante per lo sviluppo dell’industria ed un’industria che apre nuovi sbocchi di reddito al sistema agricolo.

Uno dei paradigmi della bioeconomia è che essa genera sviluppo e lavoro laddove siano presenti le biomasse, un’occasione importante dunque per le Regioni di poter sviluppare l’economia e lo sviluppo.

In un quadro di riferimento così sfidante e di grande prospettiva è importante che i Paesi membri europei si dotino di strategie nazionali che favoriscano l’uso di materie prime rinnovabili, lo sviluppo di tecnologie innovative legate all’efficienza delle risorse e la creazione di filiere sostenibili.

Molti Paesi europei (Austria, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Irlanda, Paesi Bassi, Regno Unito, Svezia, e recentemente Spagna) e mondiali (Giappone, Russia, USA) hanno già adottato strategie nazionali sulla bioeconomia, testimoniando il rilievo strategico di questo importante settore economico.

In Italia, virtù della disponibilità delle risorse naturali presenti sul territorio, la dimensione regionale appare determinante per implementare modelli di sviluppo *ad hoc* nell’ottica della bioeconomia per i vari territori, valorizzandone le tipicità e le caratteristiche qualitative, puntando alla sostenibilità ambientale ed economica. In questo senso risultano strategiche le indicazioni contenute nei vari documenti di Specializzazione Intelligente (RIS3/S3) elaborati come condizionalità *ex ante* per l’utilizzo dei fondi europei da parte delle Regioni Italiane, così risulta fondamentale l’armonizzazione degli strumenti di supporto agli investimenti ed alle attività rappresentati dai fondi FESR, FEASR ed FSE 2014-2020.

I cluster e le filiere tecnologiche-produttive che si stanno sviluppando sui territori regionali, si prestano a fare da volano alla rivoluzione della bioeconomia, in quanto puntano a far coesistere territorialmente eccellenze scientifiche e imprenditoriali, creando e consolidando nel tempo reti di collaborazione e cooperazione in ambiti strategici per la crescita economica.

Un ulteriore contributo che le regioni possono dare allo sviluppo della bioeconomia nazionale riguardano le azioni che possono incoraggiare il cambiamento in abitudini e consumi, con adeguate iniziative in campo formativo e di sensibilizzazione, che coinvolgano il sistema scolastico e gli strumenti di sostegno alla formazione specialistica e post-universitaria attraverso l'FSE.

Appare infine interessante la possibilità che le regioni possano sviluppare una specifica domanda, sotto forma di *public procurement*, che incentivi buone pratiche nel campo della sostenibilità ambientale e dell'utilizzo di tecnologie e prodotti *bio-based*.

La Bioeconomia in Italia

Come descritto in precedenza il settore della Bioeconomia poggia essenzialmente su 3 pilastri produttivi:

1. il comparto agricolo, zootecnia, pesca, acquacoltura e foreste ;
2. l'industria alimentare
3. l'industria *bio-based* della chimica e fuels da fonti rinnovabili.

L'Italia detiene oggi un'importante posizione di leadership nella Bioeconomia europea che la pone al terzo posto per PLV e numero di addetti, dietro a Germania e Francia, con circa 250 milioni di euro di Produzione Lorda Vendibile (PLV) e due milioni di posti di lavoro⁴.

Il settore agricolo nazionale è caratterizzato da una Superficie Agricola Utilizzata (SAU) di circa 12,7 milioni di ettari con 1,7 milioni di aziende agricole. Il settore agroalimentare produce un giro di affari annuale di 26,58 miliardi di euro, di cui 14 in agricoltura, 11,4 in zootecnia ed 1,18 in acquacoltura, con un'occupazione totale di circa 600.000 unità lavorative⁵.

Le produzioni agroalimentari italiane presentano un forte carattere identitario e distintivo apprezzato sul mercato con il marchio "Made in Italy", a cui i consumatori associano aspetti positivi legati alla qualità, diversità e legame con gli aspetti culturali dei territori. L'Italia detiene il primato in ambito europeo per il numero di prodotti, 219 nel 2010 (Dati ISTAT di qualità DOP, IGP, ed STG registrati a marchio). Un ulteriore caratteristica, particolarmente apprezzata, ma non ancora pienamente valorizzata, è la presenza di una forte

biodiversità per alcune produzioni di particolare pregio, tra cui l'olivicoltura e la viticoltura.

⁴ Fonte SCAR – EUROSTAT 4th Foresight 2015: <https://ec.europa.eu/research/scar/index.cfm?pg=foresight4th>

⁵ Fonte: Indagine continua sulle forze di lavoro:
<http://siqual.istat.it/SIQual/visualizza.do?id=5000098&refresh=true&language=IT>. Produzione, consumi intermedi e valore aggiunto di agricoltura, silvicoltura e pesca (Nace rev.2):
http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCCN_VAAGSIPET.

L'industria alimentare e delle bevande italiana è al terzo posto in Europa, dopo Germania e Francia, con un giro d'affari annuale di 234 miliardi di euro, caratterizzato da un buon tasso di esportazione che ammonta a 28,6 miliardi. Il settore dell'industria alimentare conta oltre 55.000 imprese che impiegano 385.000 persone. Il tessuto delle imprese è caratterizzato dalla forte presenza di PMI, con solo 6.845 che contano più di 9 persone (Stime da Federalimentare 2015).

Il settore forestale italiano è rilevante e si basa su circa 30 milioni di ettari, presenta un giro di affari annuale di circa 0,54 miliardi di euro per la forestazione e di 28 miliardi di euro derivati dall'industria del legno e dei prodotti derivati dal legno. Il settore occupa annualmente 200.000 addetti diretti nella forestazione e 410.000 addetti nell'industria del legno e derivati.

Per quanto riguarda l'industria *biobased*, l'Italia, rispetto ad altri Paesi, presenta tutta una serie di precondizioni che favoriscono il passaggio verso la bioeconomia, secondo un modello di economia circolare; passaggio che integri più efficacemente il settore della chimica da fonti rinnovabili, date dalle condizioni geografiche, dalla struttura del settore agricolo, dalle industrie, dalle infrastrutture e dal know-how di ricerca. Analizzando nello specifico la filiera di eccellenza della chimica da fonti rinnovabili, il nostro Paese, forte anche di un modello distintivo e virtuoso di collaborazione tra mondo agricolo e delle imprese, è inoltre oggi già impegnato in progetti di riconversione di siti industriali in crisi in bioraffinerie per la produzione di bioprodotto e *biochemicals* da fonti rinnovabili, con ricadute positive dal lato occupazionale, ambientale, di redditività dei prodotti e di integrazione con i prodotti della chimica da petrolio per una loro maggiore specializzazione e competitività.

L'Italia vanta attualmente nel settore 5 impianti pilota, 2 impianti dimostrativi e 3 siti industriali con 5 produzioni industriali (*flagship*) di avanguardia in Europa. Nello stesso ambito operano oltre 1.600 ricercatori in centri di ricerca dedicati presenti in almeno 9 Regioni. Il settore ha grandi potenzialità di crescita economica e occupazionale nel nostro Paese. In quattro regioni (Piemonte, Lombardia, Umbria, Sardegna) è concentrata la maggior parte degli investimenti, anche in virtù di siti industriali recuperati. Sono tre le Regioni del Sud Italia (Campania, Puglia, Sardegna) che ospitano importanti iniziative.

Un ulteriore settore economico rilevante per la Bioeconomia è l'industria del mare. L'Italia, con i suoi circa 8 mila km di coste, la sua tradizione marinara, la sua peculiare posizione nel Mediterraneo, e l'ampiezza delle proprie attività industriali e di ricerca nel settore marino e marittimo, può trarre grandi vantaggi dal mare che deve però saper anche salvaguardare da fenomeni di degrado ecologico-ambientale. I cantieri navali e il trasporto marittimo, i porti e la pesca sono le attività marittime principali del settore unitamente al turismo costiero e marittimo; queste, nell'insieme, contano più di 200 mila imprese e garantiscono al Paese 40 miliardi di euro di valore aggiunto prodotto annuale con circa 500 mila posti di lavoro diretti e legati alle attività dell'indotto. Il settore presenta grandi potenzialità di crescita economica e occupazionale, attraverso azioni di R&I a sostegno dell'industria marittima, della pesca e dell'acquacoltura, della cantieristica e del settore crocieristico. Tale patrimonio deve essere tutelato e gestito anche e soprattutto per fini produttivi. I mari circostanti la Sardegna si prestano in particolar modo per una razionale gestione delle risorse, per la tutela della biodiversità, per l'incremento della variabilità genetica degli stocks ittologici sfruttati, per la messa a punto di attrezzi altamente selettivi che consentano di ridurre gli scarti di pesca e creare aree di tutela biologica che permettano un ripopolamento per le specie in sofferenza. E', inoltre, indispensabile promuovere attività che consentano di valorizzare economicamente le molte specie non oggetto di sfruttamento.

1. Iniziative nazionali e regionali rilevanti per la bioeconomia

La costituzione dei Cluster Tecnologici Nazionali è stata promossa dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, nell'ottica di identificare delle realtà – aggregazioni organizzate di imprese, università, istituzioni pubbliche o private di ricerca e soggetti attivi nel campo dell'innovazione, presenti in diversi ambiti territoriali, con valenza interdisciplinare e internazionale – che potessero agire da propulsori della crescita economica sostenibile dei territori e dell'intero sistema economico nazionale, in linea con le agende strategiche comunitarie e con gli obiettivi di Horizon 2020, il Programma Europeo per la ricerca e l'innovazione per il periodo 2014/2020. Tra gli otto cluster identificati, quelli della Chimica Verde (SPRING) e dell'Agrifood (CLAN) sono perfettamente coerenti con il settore della Bioeconomia. SPRING e CLAN rappresentano due piattaforme nazionali a sostegno delle filiere industriali innovative basate sull'innovazione nei processi dell'industria alimentare e di filiere innovative basate sulla chimica da fonti rinnovabili, integrate e multisettoriali, in grado di contribuire ad una rigenerazione territoriale e alla crescita economica all'interno di un più ampio modello di Bioeconomia.

2. Possibili traiettorie di sviluppo della Bioeconomia

L'eccellente posizionamento del Paese, tra i “primi della classe” in Europa, nei settori produttivi afferenti alla Bioeconomia, agroalimentare e chimica verde, rappresenta oggi un elemento di competitività molto forte a livello nazionale che bisogna sostenere nel medio-lungo periodo con forti investimenti in formazione, R&D e sviluppo delle imprese.

Considerata la forte attrattività del *Made in Italy* in ambito alimentare, della centralità dei nostri prodotti alimentari nella dieta mediterranea e le accentuate caratteristiche di diversità e tipicità connesse alla ricchezza culturale dei territori, è necessario sviluppare tecnologie ed innovazione in grado di esaltare tali caratteristiche e di difenderle dalle frodi che colpiscono in modo molto forte il nostro settore con il cosiddetto *Italian sounding*.

Un aspetto importante nello sviluppo della bioeconomia riguarda il coinvolgimento del comparto agricolo, fondamentale per la produzione di alimenti e per la produzione di materia prima per l'industria della chimica, farmaceutica, cosmetica e dell'energia da biomasse. Non è possibile sviluppare un settore della bioeconomia competitivo, che dipende dalla disponibilità delle biomasse, senza un coinvolgimento importante delle imprese agricole. È dunque importante che le Regioni programmino e mettano a disposizione strumenti di sostegno allo sviluppo di filiere innovative in modo coordinato. Ad esempio è fondamentale pianificare interventi attraverso approcci interfondo (FESR, FEASR, FSE), che garantiscono lo sviluppo omogeneo dei vari segmenti di filiera. Nel settore dell'industria alimentare, si evidenzia un forte dinamismo, e questo in tutte le Regioni del Paese, per le quali è frequentemente una delle priorità delle loro *Smart Specialisation Strategies*. Di grande valenza strategica, in tal senso, risultano le correlazioni tra politiche a sostegno della bioeconomia e interventi delle amministrazioni centrali e regionali in relazione alla Strategia Nazionale Aree Interne.

I cambiamenti climatici in corso, e le stime peggiorative degli organismi internazionali a ciò preposti, pongono un serio problema sulla sostenibilità delle nostre produzioni. Sostenibilità si declina attraverso una serie di scenari di riferimento, fra cui i più impattanti sono:

- sostenibilità delle produzioni e della loro qualità, fortemente influenzate dal regime delle precipitazioni e dalle temperature;
- sostenibilità ambientale, fortemente impattata dagli input chimici e idrici in agricoltura;
- sostenibilità sociale, che può derivare da un agroambiente più sano e fruibile anche in associazione a pratiche turistiche;
- sostenibilità economica, garantita dal valore aggiunto di produzioni qualitativamente e quantitativamente superiori;

Per queste ragioni, occorre guardare alla filiera del cibo (dalla produzione primaria, alla trasformazione, alla distribuzione e al consumo) come a una filiera con elevato contenuto di conoscenze e competenze. Occorre quindi fare un forte investimento in tecnologie e azioni che mirino da un lato a una sempre più spinta descrizione degli alimenti e dall'altro a una sempre più dettagliata comprensione della complessa rete di meccanismi che sottendono alla qualità e sostenibilità del cibo.

Questi obiettivi possono essere colti investendo in settori particolarmente innovativi quali la fenomica delle piante (plant phenomics) e la metrologia del cibo (food metrology).

La prima è l'insieme di quelle tecnologie che spaziano dall'ICT all'ingegneria di sistemi, dalla fisica alla biologia avanzata, che consentono di descrivere in maniera non distruttiva lo stato di salute e la composizione di una singola pianta o di un intero campo, la seconda è quell'insieme di scienze che consente di descrivere il cibo in tutti i suoi parametri, da quello nutrizionale a quello salutistico, da quello economico al suo costo ambientale, ecc.

Nel settore dell'industria chimica da fonti rinnovabili, si evidenzia un forte dinamismo del settore e degli investimenti, anche se ad oggi solo una parte delle regioni (9), soprattutto nel Centro-Nord Italia presenta investimenti di una certa dimensione ed importanza.

Molte delle regioni sono lambite dal mare, ma non hanno spesso strategie dirette alla sua migliore valorizzazione. Serve rendere più sostenibile la pesca e avviare la valorizzazione industriale delle sue biomasse principali, da quelle algali a quelle microbiche in bioraffinerie di nuova generazione.

Anche se si registrano interessi di numerose regioni italiane e di diverse imprese ad investire in altre aree del Paese, appare importante che le Regioni, diventino protagoniste e consapevoli della ricchezza in biorisorse dei propri territori, mettendo a punto progetti di sviluppo locale adatti alle particolari condizioni socio-economiche dei loro territori. La bioeconomia rappresenta un grande potenziale per le regioni del Sud Italia, che per disponibilità di suoli agricoli e superficie forestale, hanno una straordinaria opportunità di alimentare un ciclo virtuoso di sviluppo sostenibile, valorizzando le proprie risorse biologiche favorendo l'insediamento di iniziative industriali.

È importante che ci sia un equilibrio nell'uso dei suoli per le produzioni alimentari e per quelle non alimentari derivanti da colture specializzate. Questo problema non esiste ovviamente quando si usano per fini industriali scarti e residui delle produzioni agricole ed industriali. In questo senso vanno favorite le iniziative e le innovazioni che impiegano e recuperano aree marginali o aree prossime ad aree inquinate (ad esempio siti SIN), che possono trovare una utilità economica ed ambientale. Interessante è anche la valorizzazione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani, frazione in costante crescita e utilizzabili in alcuni percorsi di bioraffineria verso prodotto biobased meno nobili.

Guardando alle filiere di valore della Bioeconomia che partono dal settore agricolo e terminano con vari utilizzatori finali, si individuano numerosi soggetti imprenditoriali che vanno ad esempio dalla

lavorazione della materia prima, alle bioraffinerie, agli utilizzatori di fine *chemicals*, ai produttori di energie rinnovabili.

È molto probabile che questi segmenti industriali siano presenti in regioni diverse. Diventa dunque importante che le regioni dialoghino per sviluppare catene di valore interregionali. Diventa dunque indispensabile sostenere un modello di sviluppo nazionale multipolare in cui ciascuna regione possa sviluppare un proprio modello di “Regione Sostenibile”, sulla base delle proprie caratteristiche e tipicità ambientali e socio-economiche, sviluppando specifici casi studio e partecipando a filiere di valore nazionali.

Le possibili interpolazioni tra bioeconomia e settore della produzione energetica in Campania passano, in via prospettica, attraverso la costruzione di percorsi che attingano a strategie di sviluppo che promuovono:

- a) Progetti per l'introduzione di biomateriali nella filiera produttiva tradizionale con riduzione degli inquinanti
- b) Estrazione di biomateriali da biomasse (legnose, reflui, cultivar specifici) da dedicare alla filiera “corta” della chimica verde
- c) Valorizzazione energetica delle biomasse
- d) Progetti di revamping o nuovi insediamenti di impianti produttivi con mitigazione dell'impatto ambientale, orientati alla produzione di componenti derivati da biomasse
- e) Nuove tecnologie e nuovi materiali per gli imballaggi dell'industria agroalimentare
- f) Sostegno alla ricerca ed alla valorizzazione delle biomasse marine da utilizzare in ambito food, energetico, industriale o farmacologico
- g) Ricerca e sviluppo di biocarburanti e nuovi sistemi ecocompatibili di propulsione di natanti ed imbarcazioni
- h) Progetti di mitigazione dell'impatto dei reflui sull'ecosistema marino
- i) Nuove strategie per la valorizzazione e produzione delle biomasse marine con finalità no-food

- j) Progetti di valorizzazione della ricerca biobased nel settore industriale, dell'alimentazione e della salute
- k) Valorizzazione delle competenze scientifiche con progetti di trasferimento delle competenze e delle conoscenze tra il settore della ricerca e quello industriale
- l) Applicazione di nuove metodiche derivate dalle biotecnologie ai processi industriali per la riduzione degli impatti e la valorizzazione degli "scarti" nelle attività agroindustriali, produttive o agricole
- m) Filiere corte biobased (estrazione, raffinazione/lavorazione, utilizzo/reimpiego delle biomasse)

APPENDICE G

**Impatti del Pianto Trasporti sulle politiche Energetiche dalla regione
Campania.**

1. Premessa

Con DGR n. 363 del 20/06/2017, la Giunta Regionale della Campania ha preso atto del documento denominato “Piano Energetico Ambientale Regionale” (PEAR). La Direzione Generale per lo Sviluppo Economico ha avviato la procedura di VAS quale attività propedeutica per la stesura della versione definitiva del Piano.

Il Ministero dell’Ambiente, nell’ambito delle osservazioni al rapporto di scooping del Piano, ha osservato che il settore dei trasporti è responsabile di circa il 50% dei consumi della Campania e che quindi si dovrebbe tenere maggiormente conto, nell’ambito delle valutazioni del PEAR, delle attività di programmazione del settore trasporti.

Il Piano Direttore della Mobilità Regionale, approvato con DGR n. 306/2016, contiene gli interventi previsti nel settore dei Trasporti e costituisce lo strumento di riferimento della pianificazione regionale.

Lo scopo di questo rapporto è stato pertanto quello di effettuare una stima degli effetti prodotti dagli interventi previsti nel suddetto Piano Direttore della Mobilità Regionale, sia da un punto di vista energetico che relativo alle emissioni di gas serra (CO₂) e sostanze inquinanti (SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, NMVOC).

Un’ulteriore analisi effettuata in questo rapporto, sempre rispetto alle finalità del PEAR, è quella relativa alla composizione del parco veicolare circolante in regione Campania.

Il documento è strutturato fornendo, in primo luogo, una sintetica presentazione del Piano Direttore della Mobilità Regionale (cfr. Capitolo 2).

Al Capitolo 3 è stata effettuata una dettagliata analisi sullo stato del parco veicolare complessivo in ambito regionale, provinciale e comunale effettuando anche delle comparazioni con aree analoghe ed omogenee a livello nazionale. La metodologia per il calcolo degli effetti è illustrata al Capitolo 4: in questa sezione del rapporto vengono quindi calcolati gli indicatori assoluti relativi allo Scenario di Riferimento dell’analisi (coincidente con lo Scenario Attuale).

Al Capitolo 5 viene illustrata la metodologia di individuazione degli interventi facenti parte del Piano Direttore della Mobilità Regionale, costituenti lo Scenario significativo ai fini del PEAR (il cosiddetto Scenario di “Piano per il PEAR”).

Al Capitolo 6 gli interventi di Piano sono esplicitati e modellizzati, in funzione della loro tipologia prevalente (interventi stradali o relativi al trasporto pubblico locale) e ne vengono illustrati gli effetti. Inoltre, vi sono paragrafi dedicati all’ammodernamento del parco rotabili per il TPL e alle politiche della Regione Campania relativamente al PNIRE (Piano Nazionale Infrastrutturale per la Ricarica dei veicoli Elettrici).

Infine, al Capitolo 7, sono illustrati la metodologia per la monetizzazione degli effetti prodotti, i risultati complessivi e le conclusioni del rapporto.

2. Il Piano Direttore della Mobilità Regionale

La Regione Campania con DGR n. 306/2016 ha approvato l’aggiornamento del Piano Direttore dei Trasporti che definisce, coerentemente con il quadro derivante dalla programmazione europea

delle reti TEN-T e dei nuovi indirizzi programmatici nazionali, gli scenari infrastrutturali in Campania con orizzonte al 2023.

Il Piano è costituito da un insieme di 528 interventi per un controvalore totale degli investimenti pari a 26,7 miliardi di Euro (cfr. Allegato 2 della DGR n. 306/2016).

In particolare, essendo il Piano un contenitore di interventi consolidatisi nel corso degli anni, ed essendo ciascuno dei 528 interventi ad un livello diverso di maturazione ed attuazione, per questi ultimi è stato possibile effettuare la seguente classificazione:

- interventi conclusi;
- interventi in corso;
- interventi finanziati (per i quali sono disponibili risorse con impegno contabile);
- interventi programmati (per i quali sono disponibili risorse senza impegno contabile);
- interventi pianificati (per i quali non sono disponibili risorse).

In particolare, le prime tre categorie possono essere considerate “invarianti”, cioè interventi che sono/saranno realizzati nel breve-medio periodo (scenario infrastrutturale di riferimento, entro tre anni), mentre le altre sono relative ad interventi la cui realizzazione è prevista nel lungo periodo (scenario infrastrutturale di progetto, oltre tre anni).

Ulteriore possibile classificazione è quella che tiene conto delle categorie o tipologie trasportistiche definite all'interno del Piano.

Inoltre si possono distinguere gli interventi (in termini numerici) anche rispetto al loro genere realizzativo (nuovo, adeguamento, manutenzione, ecc.).

Preliminarmente alle attività di valutazione quantitativa connessa al PEAR, sono state elaborate delle statistiche di livello generale relative ad alcune variabili significative degli interventi contenuti nel Piano Direttore della Mobilità Regionale. Di seguito si riportano una serie di tabelle individuate rispetto ad alcune categorie significative.

- rispetto allo stato di avanzamento finanziario (cfr. **Tabella 1**) gli interventi ed i costi sono stati suddivisi in:
 - interventi conclusi;
 - interventi in corso;
 - interventi programmati;
 - interventi pianificati;
- rispetto alla categoria o tipologia trasportistica prevalente (cfr. **Tabella 2**) gli interventi sono stati distinti in:
 - porti;
 - strade;
 - ferrovie;

- linee metropolitane;
- tramvie;
- aeroporti;
- stazioni;
- parcheggi di interscambio e autostazioni;
- ITS;
- messa in sicurezza e riduzione dei rischi;
- acquisto o revamping materiale rotabile su ferro;
- acquisto o revamping materiale rotabile su gomma;
- sistemi ettometrici;
- mobilità sostenibile (pedonalizzazione e altro);
- interporti;
- azioni immateriali.

Per questi interventi sono stati evidenziati quelli che hanno relazione (diretta o indiretta) con le 109 zone SIC (Siti di Importanza Comunitaria) e/o con le 31 ZPS (Zone di Protezione Speciale), ovvero con i siti in Campania della Rete Natura 2000 a tutela di habitat naturali e semi-naturali di particolare valore naturalistico.

Un'ulteriore classificazione è quella per tipologia d'intervento (cfr. **Tabella 3**):

- nuovi interventi;
- adeguamenti;
- manutenzioni;
- immateriali.

Tabella 1: classificazione per stato di avanzamento finanziario

Stato avanzamento	Numero interventi		Numero interventi con intersezione aree SIC/ZPS		Costo totale [€]	
	val.ass.	val. perc.	val.ass.	val. perc.	val.ass.	val. perc.
Conclusi	227	43,0%	-	-	3.435.208.846	12,9%
In corso	101	19,1%	-	-	9.303.950.812	34,8%
Programmato	122	23,1%	75	54,0%	7.334.254.097	27,4%
Pianificato	78	14,8%	64	46,0%	6.647.111.139	24,9%
TOTALE	528	100%	139	100%	26.720.524.894	100%

Si precisa che per gli interventi conclusi ed in corso l'intersezione con le aree SIC/ZPS non è stata effettuata per scelta metodologica

Tabella 2: classificazione per categoria trasportistica

Categoria	Numero interventi		Numero interventi con intersezione aree SIC/ZPS		Costo totale [€]	
	val.ass.	val. perc.	val.ass.	val. perc.	val.ass.	val. perc.
Porti	58,5	11,1%	31,5	22,7%	1.497.955.995	5,6%
Strade	260,0	49,2%	55,0	39,6%	8.754.871.946	32,8%
Ferrovie	43,0	8,1%	18,0	12,9%	7.220.110.115	27,0%
Linee Metropolitane	12,0	2,3%	6,0	4,3%	5.717.154.248	21,4%
Tranvie	2,5	0,5%	0,5	0,4%	20.820.117	0,1%
Potenziamento Aeroporti	4,0	0,8%	1,0	0,7%	47.633.974	0,2%
Stazioni	20,2	3,8%	7,3	5,3%	1.080.483.490	4,0%
Parcheggi di interscambio e autostazioni	12,3	2,3%	6,5	4,7%	257.015.462	1,0%
ITS	17,8	3,4%	5,2	3,7%	446.925.062	1,7%
Messa in sicurezza e riduzione dei rischi	18,7	3,5%	5,5	4,0%	527.367.252	2,0%
Materiale rotabile acquisto o revamping (ferro)	27,0	5,1%	0,0	0,0%	890.323.102	3,3%
Materiale rotabile acquisto o revamping (gomma)	4,0	0,8%	0,0	0,0%	62.758.937	0,2%
Sistemi ettometrici	5,0	0,9%	0,0	0,0%	55.387.233	0,2%
Mobilità sostenibile (pedonalizzazione e altro)	5,0	0,9%	1,5	1,1%	90.993.938	0,3%
Interporto	1,0	0,2%	1,0	0,7%	13.186.760	0,05%
azioni immateriali	37,0	7,0%	0,0	0,0%	37.537.264	0,1%
TOTALE	528	100%	139,0	100%	26.720.524.894	100%

Si precisa che la presenza dei decimali in alcuni valori assoluti indica che uno stesso intervento può appartenere a diverse categorie

Tabella 3: classificazione per tipologia d'intervento

Tipologia	Numero interventi		Numero interventi con intersezione aree SIC/ZPS		Costo totale [€]	
	val.ass.	val. perc.	val.ass.	val. perc.	val.ass.	val. perc.
Nuovo	130	24,6%	57	41,0%	16.887.882.023	63,2%
Adeguamento	345	65,3%	82	59,0%	9.757.211.044	36,5%
Manutenzione	15	2,8%	0	0,0%	27.446.915	0,1%
Immateriale	38	7,2%	0	0,0%	47.984.912	0,2%
TOTALE	528	100%	139	100%	26.720.524.894	100%

Successivamente le classificazioni di cui alle precedenti categorie sono state approfondite ed incrociate fra loro. In particolare si evidenziano:

- la classificazione per categoria trasportistica e stato di avanzamento (valori assoluti, cfr. **Tabella 4**, e valori percentuali, cfr. **Tabella 5**);
- la classificazione per categoria trasportistica e tipologia di intervento (valori assoluti, cfr. **Tabella 6**, e valori percentuali, cfr. **Tabella 7**).

Tabella 4: classificazione per categoria trasportistica e stato d'avanzamento. Valori assoluti

Categoria	Stato avanzamento Valori assoluti [n.ro]				
	Conclusi	In corso	Programmato	Pianificato	TOTALE
Porti	13,0	14,0	4,5	27,0	58,5
Strade	166,5	26,5	45,0	22,0	260,0
Ferrovie	3,0	15,2	18,7	6,2	43,0
Linee Metropolitane	1,0	5,0	4,0	2,0	12,0
Tranvie	2,0	0,0	0,0	0,5	2,5
Potenziamento Aeroporti	2,5	0,5	1,0	0,0	4,0
Stazioni	3,0	5,3	10,3	1,5	20,2
Parcheggi di interscambio e autostazioni	2,5	3,3	2,5	4,0	12,3
ITS	0,5	6,3	7,3	3,7	17,8
Messa in sicurezza e riduzione dei rischi	0,0	6,8	5,2	6,7	18,7
Materiale rotabile acquisto o revamping (ferro)	4,0	12,0	8,0	3,0	27,0
Materiale rotabile acquisto o revamping (gomma)	0,0	3,0	1,0	0,0	4,0
Sistemi ettometrici	3,0	1,5	0,5	0,0	5,0
Mobilità sostenibile (pedonalizzazione e altro)	0,0	1,5	2,0	1,5	5,0
Interporto	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0
Azioni immateriali	26,0	0,0	11,0	0,0	37,0
TOTALE	227,0	101,0	122,0	78,0	528,0

Tabella 5: classificazione per categoria trasportistica e stato d'avanzamento. Valori percentuali

Categoria	Stato avanzamento Valori percentuali				
	Conclusi	In corso	Programmato	Pianificato	TOTALE
Porti	22%	24%	8%	46%	100%
Strade	64%	10%	17%	8%	100%
Ferrovie	7%	35%	43%	14%	100%
Linee Metropolitane	8%	42%	33%	17%	100%
Tranvie	80%	0%	0%	20%	100%
Potenziamento Aeroporti	63%	13%	25%	0%	100%
Stazioni	15%	26%	51%	7%	100%
Parcheggi di interscambio e autostazioni	20%	27%	20%	32%	100%
ITS	3%	36%	41%	21%	100%
Messa in sicurezza e riduzione dei rischi	0%	37%	28%	36%	100%
Materiale rotabile acquisto o revamping (ferro)	15%	44%	30%	11%	100%
Materiale rotabile acquisto o revamping (gomma)	0%	75%	25%	0%	100%
Sistemi ettometrici	60%	30%	10%	0%	100%
Mobilità sostenibile (pedonalizzazione e altro)	0%	30%	40%	30%	100%
Interporto	0%	0%	100%	0%	100%
Azioni immateriali	70%	0%	30%	0%	100%

Tabella 6: classificazione per categoria trasportistica e tipologia di intervento. Valori assoluti

Categoria	Tipologia interventi				
	Valori assoluti [n.ro]				
	Nuovo	Adeguamento	Manutenzione	Immateriale	TOTALE
Porti	3,0	55,5	0,0	0,0	58,5
Strade	67,0	178,0	13,0	2,0	260,0
Ferrovie	15,0	28,0	0,0	0,0	43,0
Linee Metropolitane	11,0	1,0	0,0	0,0	12,0
Tranvie	0,0	0,5	2,0	0,0	2,5
Potenziamento Aeroporti	0,0	4,0	0,0	0,0	4,0
Stazioni	3,0	17,2	0,0	0,0	20,2
Parcheggi di interscambio e autostazioni	7,5	4,8	0,0	0,0	12,3
ITS	0,0	17,8	0,0	0,0	17,8
Messa in sicurezza e riduzione dei rischi	0,0	18,7	0,0	0,0	18,7
Materiale rotabile acquisto o revamping (ferro)	13,0	14,0	0,0	0,0	27,0
Materiale rotabile acquisto o revamping (gomma)	4,0	0,0	0,0	0,0	4,0
Sistemi ettometrici	2,0	3,0	0,0	0,0	5,0
Mobilità sostenibile (pedonalizzazione e altro)	3,5	1,5	0,0	0,0	5,0
Interporto	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
Azioni immateriali	1,0	0,0	0,0	36,0	37,0
TOTALE	130,0	345,0	15,0	38,0	528,0

Tabella 7: classificazione per categoria trasportistica e tipologia di intervento. Valori percentuali

Categoria	Tipologia interventi				
	Valori percentuali				
	Nuovo	Adeguamento	Manutenzione	Immateriale	TOTALE
Porti	5,1%	94,9%	0,0%	0,0%	100%
Strade	25,8%	68,5%	5,0%	0,8%	100%
Ferrovie	34,9%	65,1%	0,0%	0,0%	100%
Linee Metropolitane	91,7%	8,3%	0,0%	0,0%	100%
Tranvie	0,0%	20,0%	80,0%	0,0%	100%
Potenziamento Aeroporti	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100%
Stazioni	14,9%	85,1%	0,0%	0,0%	100%
Parcheggi di interscambio e autostazioni	60,8%	39,2%	0,0%	0,0%	100%
ITS	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100%
Messa in sicurezza e riduzione dei rischi	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100%
Materiale rotabile acquisto o revamping (ferro)	48,1%	51,9%	0,0%	0,0%	100%
Materiale rotabile acquisto o revamping (gomma)	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100%
Sistemi ettometrici	40,0%	60,0%	0,0%	0,0%	100%
Mobilità sostenibile (pedonalizzazione e altro)	70,0%	30,0%	0,0%	0,0%	100%
Interporto	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100%
Azioni immateriali	2,7%	0,0%	0,0%	97,3%	100%

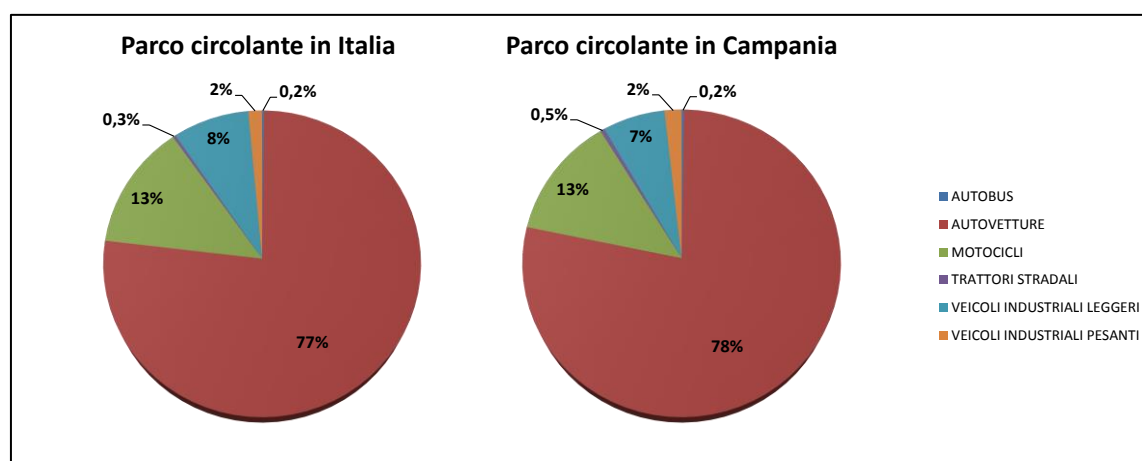
3. La classificazione dei veicoli in Regione Campania

3.1 Confronti nazionali

La ricostruzione e classificazione del parco veicolare regionale, con l'individuazione delle caratteristiche e delle principali criticità ai fini del PEAR, rappresenta un obiettivo primario del presente rapporto. La fonte dei dati utilizzata per le elaborazioni è costituita dal database ACI dell'anno 2017 e relativo a tutto il territorio nazionale.

Una prima elaborazione, rappresentata in **Figura 1**, è relativa alla suddivisione del parco circolante sull'intero territorio nazionale ed il confronto con la stessa classificazione effettuata a livello regionale. Si può notare che in Campania vi è un peso delle autovetture leggermente superiore rispetto alla media nazionale a scapito della “quota” autobus.

Figura 1 – Ripartizione % del parco veicolare circolante in Italia e in Campania (fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)



Evidentemente, ai fini degli obiettivi del PEAR, è importante la distribuzione delle autovetture per classe Euro di emissione. Per una sintetica valutazione rispetto alle sette classi Euro, si è utilizzato una **Classe Equivalente Pesata (CEP)** corrispondente appunto alla media pesata delle autovetture rispetto alle classi Euro di emissione. Effettuando questa elaborazione per singola regione, dalla **Tabella 8** emerge il dato preoccupante relativo alla Campania, ultima tra le regioni italiane, con un CEP pari ad Euro 2,9 che corrisponde ad una età media delle autovetture circolanti di circa 16 anni. Dalla tabella emerge, inoltre, il dato allarmante che vi è quasi un'autovettura su cinque (18%) immatricolata prima del 1993.

Tabella 8: ripartizione % delle autovetture circolanti in Italia, distinte per classe Euro di emissione. Classe Equivalente Pesata (CEP) (fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)

# REGIONE	CLASSE EURO EMISSIONE							Totale	CEP
	0	1	2	3	4	5	6		
1 Valle d'Aosta	4%	1%	5%	8%	18%	18%	46%	100%	4,7
2 Trentino-Alto Adige	3%	1%	5%	8%	20%	21%	42%	100%	4,7
3 Toscana	7%	2%	8%	12%	29%	23%	20%	100%	4,0
4 Lombardia	7%	2%	8%	13%	31%	23%	16%	100%	3,9
5 Emilia-Romagna	7%	2%	9%	13%	31%	22%	16%	100%	3,9
6 Veneto	6%	2%	10%	14%	32%	21%	14%	100%	3,9
7 Piemonte	8%	2%	9%	14%	30%	20%	17%	100%	3,8
8 Liguria	8%	2%	9%	14%	31%	21%	14%	100%	3,8
9 Friuli-Venezia Giulia	7%	3%	11%	15%	32%	20%	13%	100%	3,7
10 Marche	9%	3%	11%	15%	31%	19%	13%	100%	3,6
11 Lazio	10%	3%	10%	15%	31%	18%	12%	100%	3,6
12 Umbria	10%	3%	11%	15%	30%	18%	12%	100%	3,6
13 Abruzzo	10%	3%	12%	17%	30%	17%	11%	100%	3,5
14 Sardegna	10%	3%	13%	19%	32%	15%	8%	100%	3,4
15 Puglia	12%	4%	14%	19%	30%	14%	7%	100%	3,2
16 Molise	12%	4%	15%	19%	29%	14%	7%	100%	3,2
17 Basilicata	13%	5%	15%	19%	28%	13%	7%	100%	3,1
18 Sicilia	15%	5%	15%	18%	28%	12%	7%	100%	3,0
19 Calabria	16%	5%	15%	17%	27%	13%	7%	100%	3,0
20 Campania	18%	5%	14%	16%	28%	13%	7%	100%	2,9

Dalla **Tabella 9**, viceversa, si può evincere che c'è una maggiore attenzione ai veicoli ibridi, ed in particolare GPL e metano, tanto che la Campania rappresenta la quinta regione per autovetture con alimentazione non esclusivamente a combustione interna.

Tabella 9: ripartizione % delle autovetture circolanti in Italia, distinte per tipologia di alimentazione (fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)

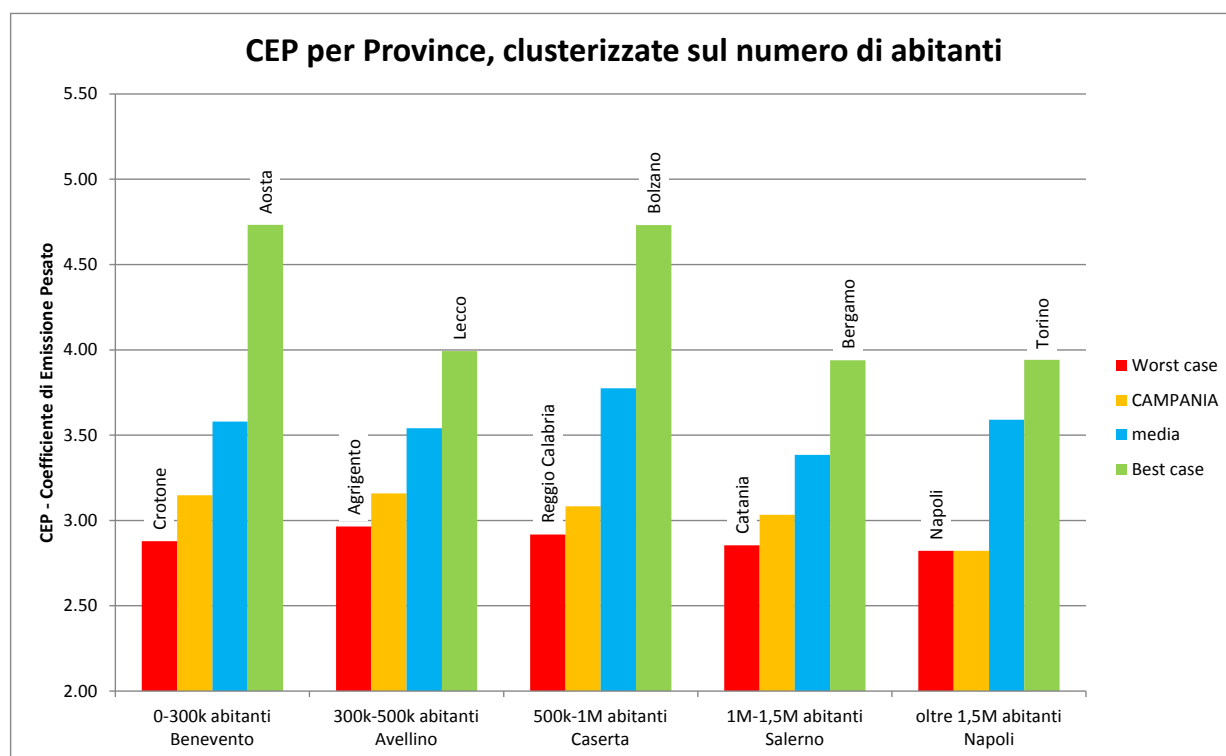
# REGIONE	ALIMENTAZIONE			Totale
	Combustione Interna	Ibridi GPL/metano	Ibridi Elettrici	
1 Marche	81,2%	18,6%	0,3%	100%
2 Emilia-Romagna	81,4%	17,8%	0,7%	100%
3 Umbria	86,7%	13,0%	0,3%	100%
4 Veneto	88,7%	10,6%	0,6%	100%
5 Campania	90,1%	9,8%	0,1%	100%
6 Abruzzo	90,2%	9,6%	0,2%	100%
7 Toscana	90,2%	9,4%	0,4%	100%
8 Piemonte	90,3%	9,3%	0,4%	100%
9 Lazio	91,8%	7,5%	0,6%	100%
10 Puglia	91,9%	8,0%	0,1%	100%
11 Molise	91,9%	8,0%	0,1%	100%
12 Lombardia	92,7%	6,4%	0,9%	100%
13 Basilicata	94,0%	5,9%	0,1%	100%
14 Liguria	95,1%	4,5%	0,4%	100%
15 Sicilia	95,8%	4,1%	0,1%	100%
16 Trentino-Alto Adige	95,8%	3,3%	0,9%	100%
17 Friuli-Venezia Giulia	96,5%	3,0%	0,5%	100%
18 Calabria	96,5%	3,4%	0,1%	100%
19 Sardegna	97,3%	2,5%	0,2%	100%
20 Valle d'Aosta	97,5%	2,2%	0,3%	100%

Un'interessante elaborazione è stata effettuata a scala provinciale. In primo luogo, per un confronto più omogeneo, le 107 province italiane sono state suddivise in cinque classi di popolazione:

1. province con popolazione fino a 300.000 abitanti (35);
2. province con popolazione da 300.001 fino a 500.000 abitanti (35);
3. province con popolazione da 500.001 fino a 1.000.000 abitanti (27);
4. province con popolazione da 1.000.001 fino a 1.500.000 abitanti (6);
5. province con popolazione superiore a 1.500.000 (4).

Con tale opportuna clusterizzazione, le cinque province della Campania risultano ciascuna associata ad una diversa classe. In **Figura 2** si può notare che le province campane presentano un valore della CEP a scala provinciale sempre inferiore alla media di classe su scala nazionale. Si può inoltre osservare che, per ciascuna, classe provinciale i casi migliori si ritrovano sempre in province settentrionali così come i peggiori in province del sud Italia.

Figura 2 – Classe Equivalente Pesata (CEP) per Province, clusterizzate sul numero di abitanti (fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)



Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata per le 14 città metropolitane (cfr. **Tabella 10**); anche in questo caso si può notare che è la città metropolitana di Napoli che presenta il CEP più basso (anzianità media delle autovetture pari a circa 18,5 anni) e c'è da sottolineare che questo valore è ancora più basso di quello medio regionale (16 anni).

Tabella 10: ripartizione % delle autovetture circolanti nelle 14 città metropolitane, distinte per classe Euro di emissione. Classe Equivalente Pesata (CEP) (fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)

# REGIONE	CLASSE EURO EMISSIONE								CEP
	0	1	2	3	4	5	6	Totale	
1 Torino	8%	2%	7%	12%	25%	17%	29%	100%	4,1
2 Bologna	6%	2%	7%	11%	32%	23%	20%	100%	4,1
3 Firenze	7%	2%	7%	12%	31%	24%	18%	100%	4,0
4 Venezia	6%	2%	9%	14%	32%	21%	16%	100%	3,9
5 Genova	8%	2%	8%	13%	32%	22%	15%	100%	3,8
6 Milano	11%	2%	8%	11%	28%	22%	18%	100%	3,8
7 Roma	10%	2%	8%	13%	31%	20%	15%	100%	3,7
8 Bari	9%	2%	10%	17%	32%	17%	13%	100%	3,6
9 Cagliari	10%	2%	10%	16%	32%	17%	12%	100%	3,6
10 Palermo	13%	4%	12%	16%	31%	15%	9%	100%	3,3
11 Messina	13%	4%	12%	16%	30%	15%	9%	100%	3,3
12 Reggio di Calabria	12%	4%	13%	17%	31%	15%	8%	100%	3,3
13 Catania	20%	5%	15%	17%	26%	10%	6%	100%	2,8
14 Napoli	28%	5%	13%	13%	25%	10%	6%	100%	2,6

3.2 La situazione dei comuni campani

Passando alla scala comunale, la situazione appare estremamente variegata seppure con qualche elemento significativo. Si sono utilizzati i dati per 4 tipologie di veicoli ed in particolare:

- autovetture;
- motoveicoli;
- autobus;
- veicoli pesanti.

Per quanto riguarda le autovetture, in **Figura 3** è illustrato un tematismo che indica i comuni con il maggior peso di autovetture con classe Euro 0-1-2. Come si può notare, questi comuni sono maggiormente diffusi nel napoletano (capoluogo e cintura nord) e nel salernitano interno. In **Figura 4**, viceversa, è illustrato un tematismo che indica i comuni con il maggior peso di autovetture Euro 5-6. Qui si può notare che i capoluoghi di Avellino, Caserta e Salerno, oltre a vari comuni della penisola sorrentina, presentano più di una vettura su quattro con queste caratteristiche di emissione. Nelle figure successive (**Figura 5**, **Figura 6**, **Figura 7**, **Figura 8**, **Figura 9**, **Figura 10**) sono stati sviluppati tematismi analoghi per le altre classi veicolari. Per i motoveicoli emerge una differenza tra le aree più interne e quelle costiere, quest'ultime percorse in generale da mezzi meno inquinanti. Per gli autobus e per i mezzi pesanti, a parte la penisola sorrentina con mezzi meno inquinanti, non si notano particolarità e la situazione risulta abbastanza variegata su tutto il territorio regionale.

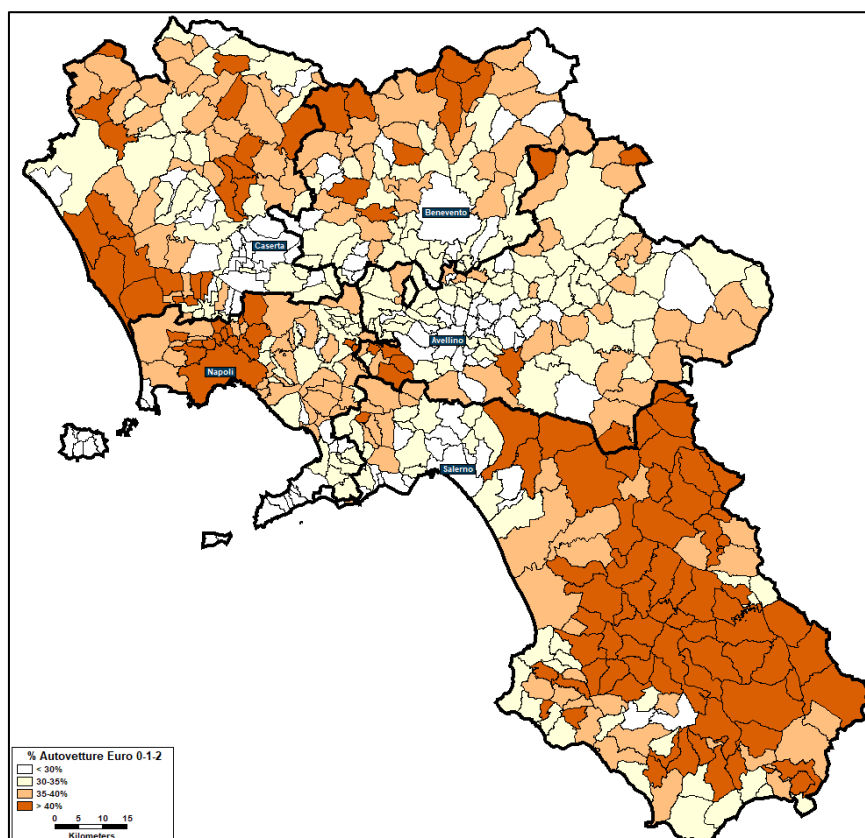


Figura 3 – Peso % autovetture più inquinanti (classi Euro 0-1-2) per Comune (fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)

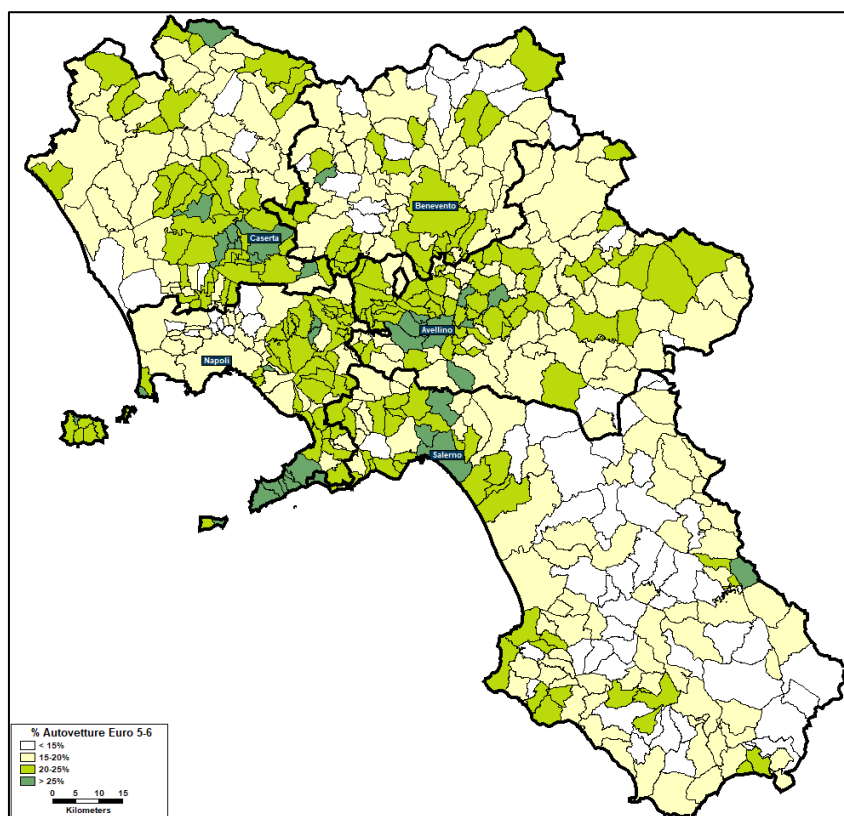


Figura 4 – Peso % autovetture meno inquinanti (classi Euro 5-6) per Comune (fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)

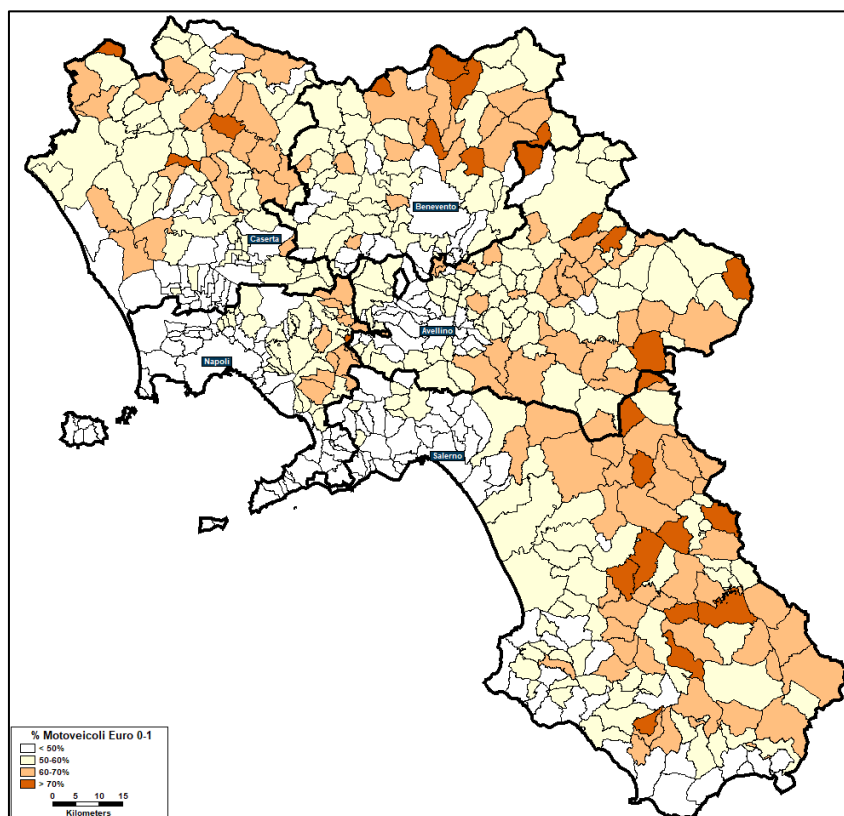


Figura 5 – Peso % dei motoveicoli più inquinanti (classi Euro 0-1) per singolo Comune (fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)

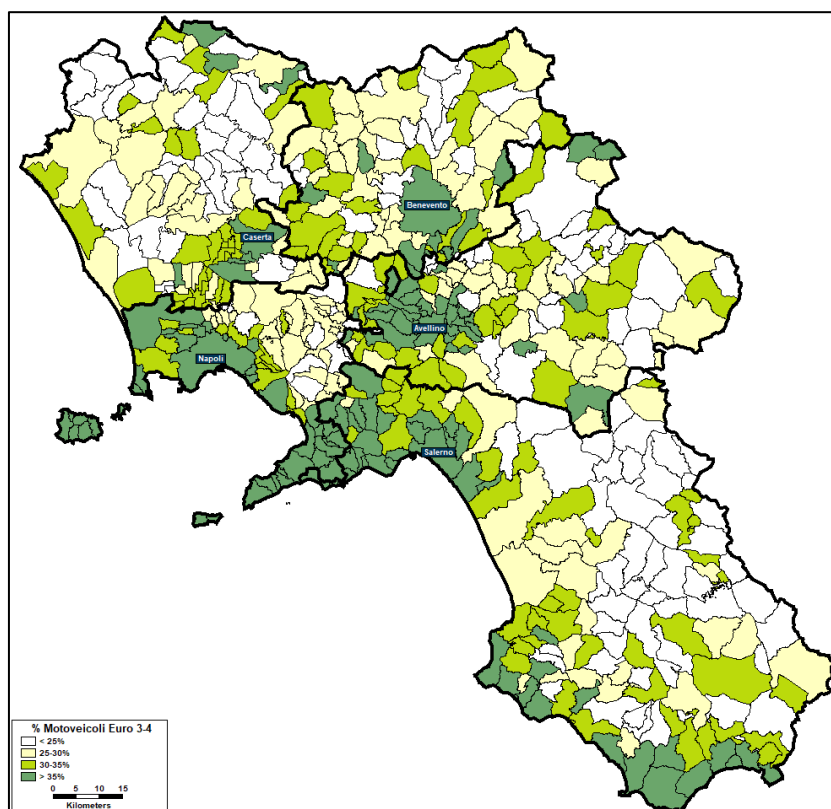


Figura 6 – Peso % dei motoveicoli meno inquinanti (classi Euro 3-4) per singolo Comune
(fonte: elab. su dati ACI 2017)

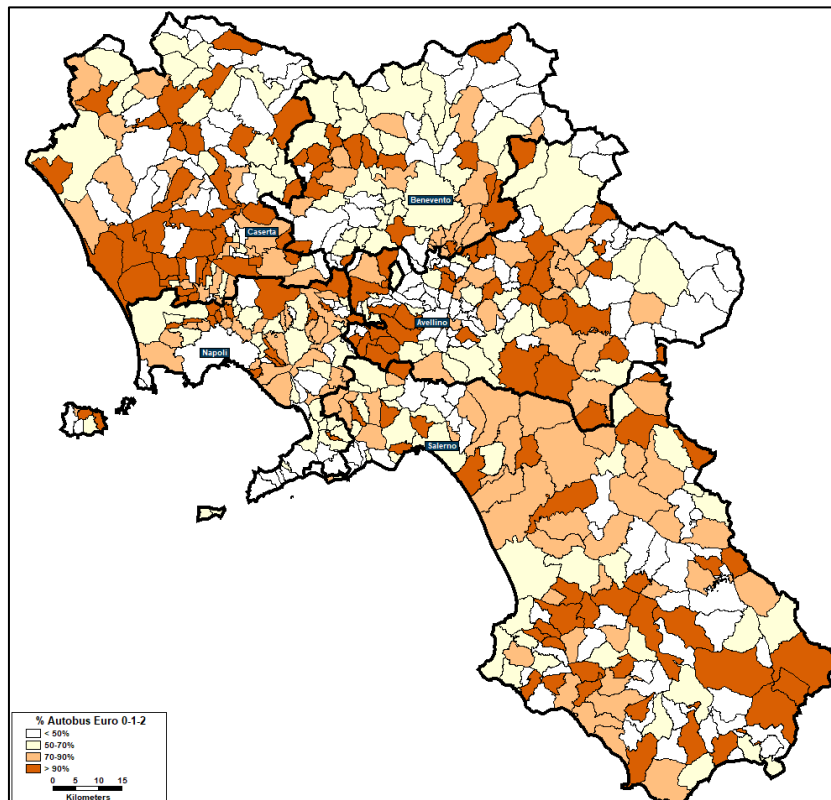


Figura 7 – Peso % degli autobus più inquinanti (classi Euro 0-1-2) per singolo Comune
(fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)

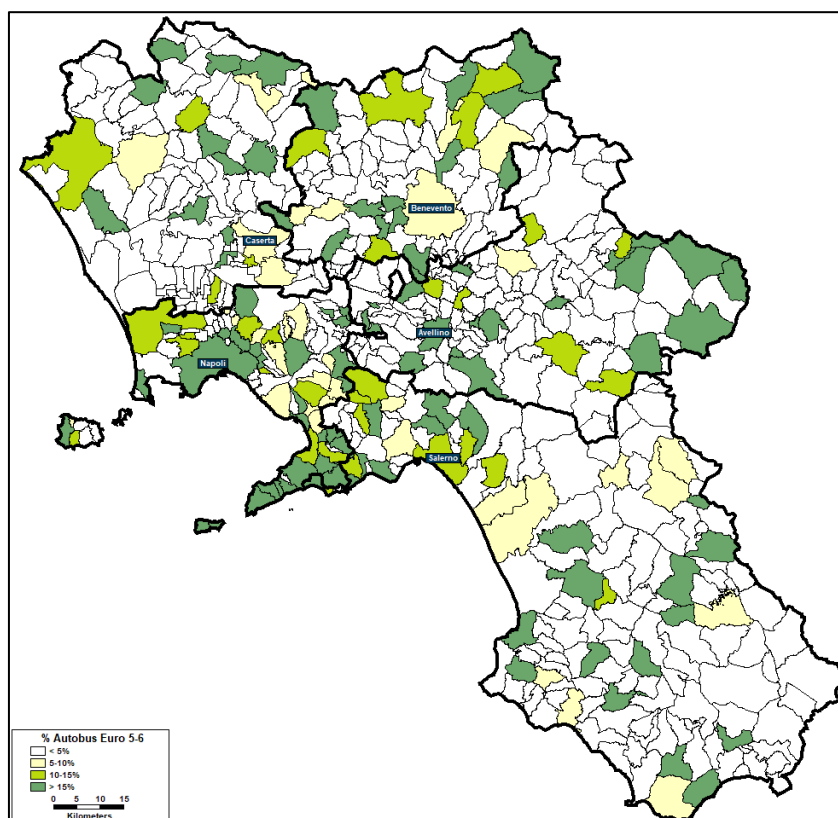


Figura 8 – Peso % degli autobus meno inquinanti (classi Euro 5-6) per singolo Comune
(fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)

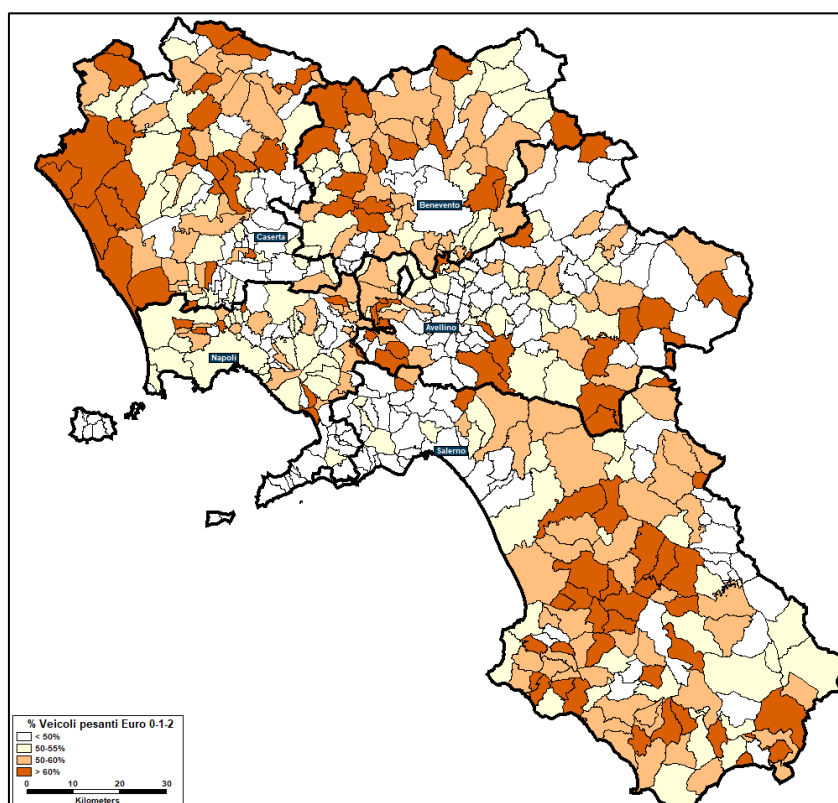


Figura 9 – Peso % dei pesanti più inquinanti (classi Euro 0-1-2) per singolo Comune
(fonte: elaborazioni su dati ACI 2017)

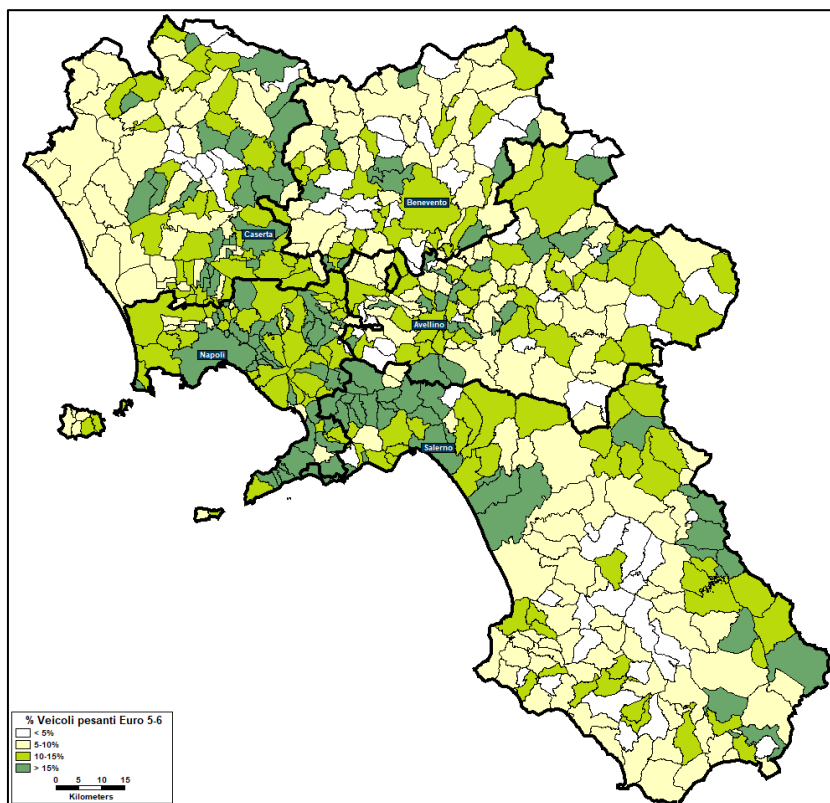


Figura 10 – Peso % dei pesanti meno inquinanti (classi Euro 5-6) per singolo Comune (fonte: elab. su dati ACI 2017)

4. La definizione dello Scenario di riferimento (o attuale)

Per una verifica quantitativa degli effetti “ambientali” ed “energetici” si è utilizzato un sistema di modelli trasportistici ed in particolare:

- un sistema di modelli per la stima della domanda di trasporto;
- un modello per la simulazione dell’offerta di trasporto;
- un modello di interazione tra la domanda e l’offerta di trasporto.

In seguito, gli indicatori calcolati con il sistema di modelli hanno consentito di stimare i valori assoluti relativi a:

- consumi energetici per la trazione veicolare;
- emissioni di gas inquinanti (SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, NMVOC);
- emissioni di gas serra (CO₂).

4.1 La domanda di trasporto

Per ciascun intervento del Piano Direttore della Mobilità Regionale vi è un'area di influenza dello stesso, denominata area di progetto, entro la quale si esauriranno gli effetti trasportistici prodotti. Poiché gli interventi previsti sono in generale diffusi in tutta la Regione, e poiché essi impatteranno sulle scelte di mobilità dei residenti regionali, si è ritenuto di assimilare all'intera regione Campania l'area geografica nella quale si esauriscono la maggior parte degli effetti degli interventi di Piano. Quindi l'area di studio individuata è rappresentata dell'intero territorio regionale, mentre si è ritenuto, visto lo scopo del presente documento, di trascurare gli spostamenti diretti verso/provenienti da altre Regioni.

Per consentire la modellazione del sistema di trasporto è stato necessario suddividere l'area di studio in un certo numero di zone di traffico, che sono più o meno estese in funzione del livello di dettaglio dei flussi e degli impatti che si è inteso simulare. Per l'individuazione delle zone si è tenuto conto delle regole generali di discretizzazione del territorio, come quelle di rispettare l'accessibilità trasportistica, creando, per quanto possibile, zone omogenee per destinazione d'uso prevalente, valutando eventuali separatori fisici o funzionali presenti sul territorio, ecc. Visti gli obiettivi specifici del presente rapporto, per l'intero territorio regionale si è adottata una zonizzazione a scala comunale, in quanto i comuni rappresentano le unità territoriali minime per le quali si dispone sia di dati socio-economici (come residenti, famiglie, addetti, ecc.), sia di dati relativi al parco veicolare ACI, distinto per classe di emissione, tipologia di alimentazione, ecc.

Riassumendo, l'intera area di studio risulta pertanto suddivisa in 550 zone di traffico (**Figura 11**), così suddivise:

- 118 in provincia di Avellino;
- 78 in provincia di Benevento;
- 104 in provincia di Caserta;
- 92 in provincia di Napoli;
- 158 in provincia di Salerno.

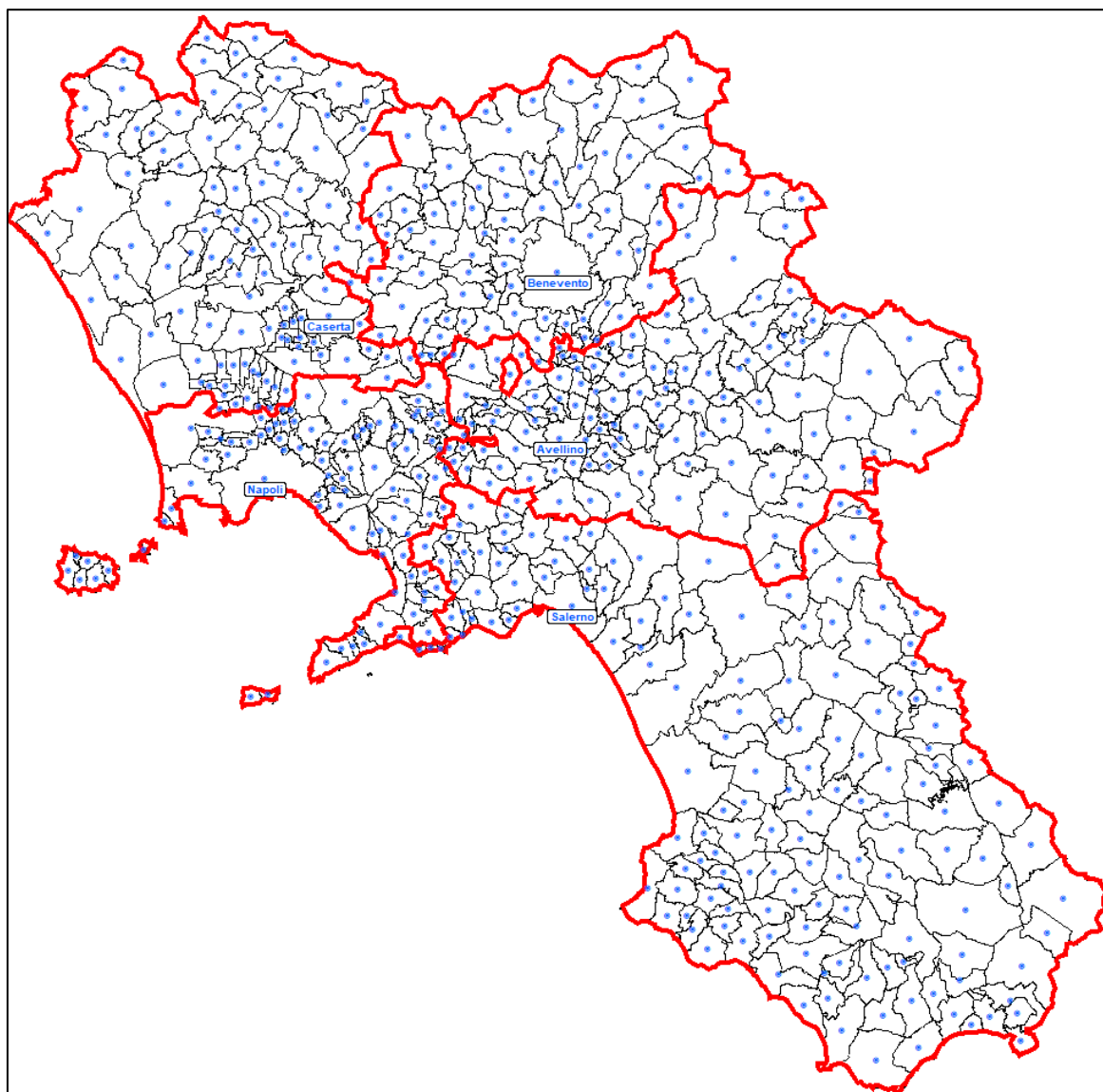


Figura 11 – Zonizzazione dell'area di studio

La base di partenza per la costruzione delle matrici di domanda di mobilità che interessano l'area di studio è costituita dai risultati dell'indagine sul pendolarismo effettuata dall'ISTAT nel corso del Censimento del 2011 e che consentono di ricostruire le matrici degli spostamenti sistematici che si svolgono, per motivo studio e per motivo lavoro, tra i comuni italiani e all'interno di ciascuno di essi. Il dato è stato disaggregato per motivo dello spostamento, per tipologia di modo utilizzato e per fascia oraria in cui questo si svolge. Complessivamente, in Campania, l'indagine ISTAT restituisce un totale di 2.410.498 spostamenti sistematici giornalieri di sola andata distribuiti (in valori assoluti e percentuali) per modo e per motivo secondo quanto riportato nelle successive **Tabella 11** e **Tabella 12**.

Tabella 11: Spostamenti sistematici giornalieri per modo e motivo dello spostamento (ISTAT 2011)

	MOTIV O SPOST.	MODO PRIVAT O	MODO COLLETTI VO	MODO PEDONA LE	MOD O BICI	ALT RI MOD I	TOTAL E
EXTRA COMUNA LI	STUDI O	122.716	176.179	11.114	519	1.419	311.948
	LAVOR O	520.377	69.218	9.095	4.325	3.601	606.616
	TOTAL E	643.093	245.397	20.209	4.844	5.020	918.563
INTRA COMUNA LI	STUDI O	279.096	131.639	363.203	2.670	2.360	778.968
	LAVOR O	410.958	65.746	219.778	12.839	3.646	712.967
	TOTAL E	690.054	197.385	582.980	15.509	6.005	1.491.935
TOTALE	STUDI O	401.813	307.818	374.317	3.189	3.779	1.090.916
	LAVOR O	931.335	134.964	228.872	17.164	7.247	1.319.582
	TOTAL E	1.333.148	442.782	603.189	20.353	11.026	2.410.498

Tabella 12: Ripartizione % per modo e motivo degli spostamenti sistematici giornalieri (ISTAT 2011)

	MOTIV O SPOST.	MODO PRIVAT O	MODO COLLETTI VO	MODO PEDONA LE	MOD O BICI	ALT RI MOD I	TOTAL E
EXTRA COMUNA LI	STUDI O	39,3%	56,5%	3,6%	0,2%	0,5%	100%
	LAVOR O	85,8%	11,4%	1,5%	0,7%	0,6%	100%
	TOTAL	70,0%	26,7%	2,2%	0,5%	0,5%	100%

	E						
INTRA COMUNALI	STUDIO	35,8%	16,9%	46,6%	0,3%	0,3%	100%
	LAVORO	57,6%	9,2%	30,8%	1,8%	0,5%	100%
	TOTALE	46,3%	13,2%	39,1%	1,0%	0,4%	100%
TOTALE	STUDIO	36,8%	28,2%	34,3%	0,3%	0,3%	100%
	LAVORO	70,6%	10,2%	17,3%	1,3%	0,5%	100%
	TOTALE	55,3%	18,4%	25,0%	0,8%	0,5%	100%

Questa matrice ha costituito il punto di partenza per le valutazioni quantitative del presente rapporto. In particolare, la matrice OD (origine/destinazione) utilizzata per le simulazioni di traffico e per la successiva monetizzazione degli impatti derivanti è stata:

- “modellata” sulla zonizzazione (a scala comunale) del territorio regionale adottata per questo rapporto;
- valutata nell’ora di punta del mattino sulla base dei coefficienti, elaborati a partire dai dati ISTAT 2011, relativi all’aliquota degli spostamenti giornalieri totali che avvengono nella fascia di punta 7:15-9:15 del mattino (
-
-
- **Tabella 13);**
- depurata degli spostamenti intrazonali (ovvero degli spostamenti che si originano e sono destinati alla medesima zona di traffico) che, per il tipo di zonizzazione adottato nel rapporto, non generano impatti sulla rete di trasporto e sono stati quindi oggetto di un’altra specifica valutazione;
- addizionata dell’aliquota relativa alla mobilità non sistematica;
- corretta mediante opportuni coefficienti di equivalenza e di riempimento veicolare, per uniformare il totale degli spostamenti modali ad un’unica unità di misura (veicoli equivalenti/ora).

Tabella 13: Aliquota degli spostamenti sistematici giornalieri che avvengono nella fascia di punta del mattino (ISTAT 2011)

	MOTIV O SPOST.	MODO PRIVAT O	MODO COLLETTI VO	MODO PEDONA LE	MOD O BICI	ALT RI MOD I	TOTAL E
EXTRA COMUNA LI	STUDI O	87,2%	57,2%	83,8%	85,2%	29,2%	69,9%
	LAVOR O	55,0%	39,5%	58,0%	56,6%	26,4%	53,1%
	TOTAL E	61,2%	52,2%	72,2%	59,6%	27,2%	58,8%
INTRA COMUNA LI	STUDI O	95,5%	83,8%	95,4%	91,9%	85,5%	93,4%
	LAVOR O	62,6%	58,4%	70,0%	59,0%	53,3%	64,4%
	TOTAL E	75,9%	75,3%	85,8%	64,6%	66,0%	79,6%
TOTALE	STUDI O	93,0%	68,6%	95,1%	90,8%	64,3%	86,7%
	LAVOR O	58,4%	48,7%	69,5%	58,4%	40,0%	59,2%
	TOTAL E	68,8%	62,5%	85,4%	63,5%	48,3%	71,7%

In virtù delle suddette ipotesi, la matrice OD dell'ora di punta utilizzata nelle simulazioni di traffico risulta costituita da 423.406 veicoli equivalenti/ora complessivi.

4.2 L'offerta di trasporto

Definita l'area di studio ed individuate le zone di traffico in cui essa è suddivisa, si è passati a costituire la rete di base mediante la rilevazione degli elementi dell'offerta di trasporto (infrastrutture, servizi, regole, tariffe e tecnologie) ritenuti rilevanti per il problema in esame,

opportunamente gerarchizzati, nel caso delle infrastrutture, in ragione della funzione prevalente assunta nell'ambito della rete. Nel caso in esame, nello scenario attuale, la rete di base risulta costituita da 329.962 archi e da 274.529 nodi, questi ultimi distinti in archi stradali (cfr. **Figura 12**), archi ferroviari (cfr. **Figura 13**), archi marittimi “funzionali” ed archi pedonali. Gli archi stradali, in relazione alla loro funzione trasportistica ed alle loro caratteristiche geometriche, sono stati gerarchizzati in autostrade, strade ANAS, strade regionali, strade provinciali e altre strade.

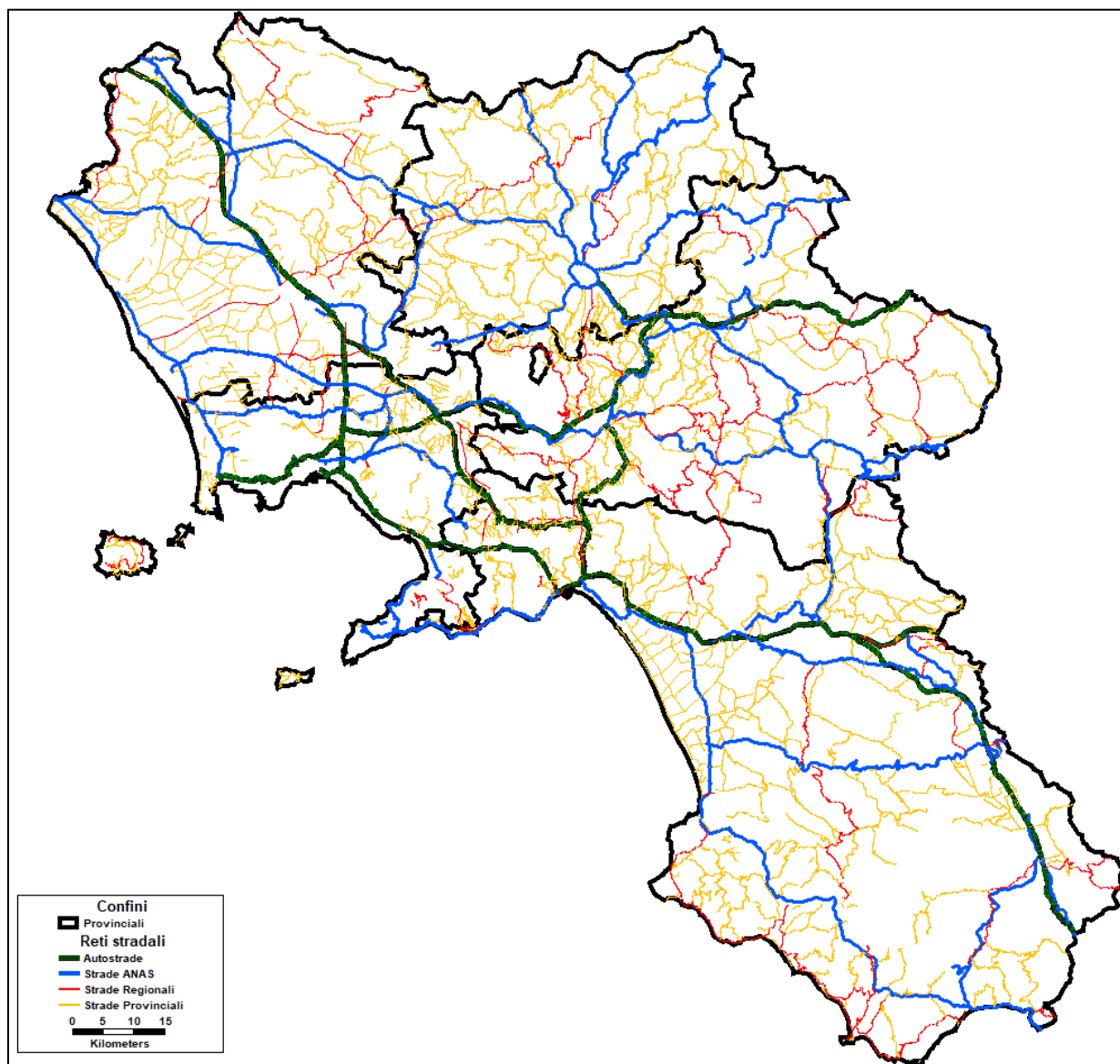


Figura 12 – Rete stradale

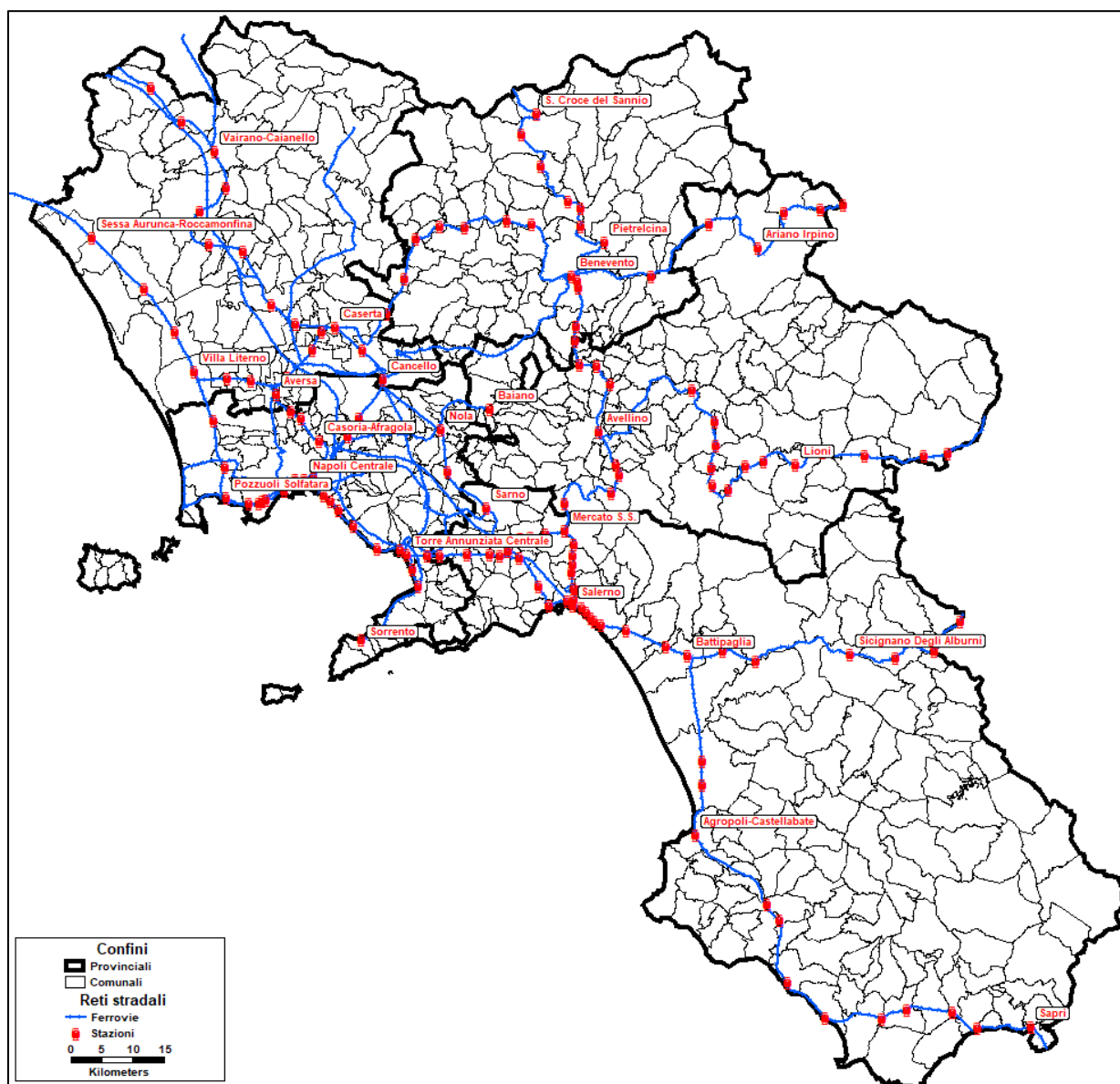


Figura 13 – Rete ferroviaria

Per tutti gli elementi rilevanti sono state quindi individuate le principali caratteristiche geometriche e funzionali. In particolare, per le infrastrutture stradali sono stati rilevati la velocità di progetto, il numero di corsie, la larghezza utile, la capacità, i tempi a flusso nullo ed a rete congestionata, come risultante dalle curve di deflusso BPR ricavate dalla letteratura di settore (manuale HCM), opportunamente suddivise per tipologia di strada ed associate a ciascun arco del grafo suindicato (Figura 14).

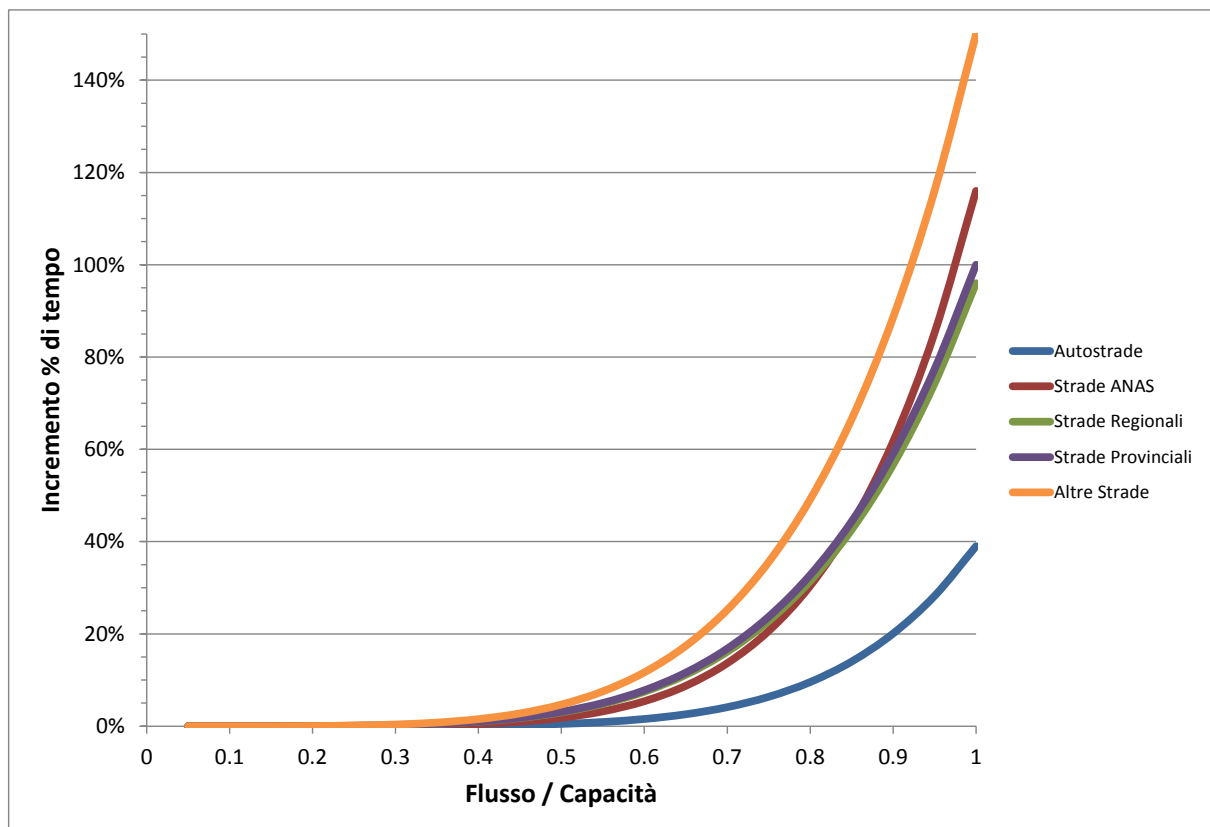


Figura 14 – Curve di deflusso BPR per le diverse tipologie di infrastrutture stradali

4.3 L'interazione domanda-offerta

Il modello di assegnazione della domanda (definita al par. 4) alla rete stradale (definita al par. 4.2) adottato nel presente rapporto è quello di assegnazione stocastico di equilibrio (SUE Stochastic User Equilibrium), basato su un modello probabilistico di scelta del percorso, descritto sinteticamente nel seguito. L'assegnazione di equilibrio consiste nello studio delle configurazioni di equilibrio del sistema, nelle quali i flussi di domanda, di percorso e di arco sono congruenti con i costi che da essi derivano. Da un punto di vista matematico, combinando i modelli di domanda e di offerta si ottiene un sistema di equazioni non-lineari che può essere studiato con un modello di punto fisso (o in alcuni casi di disequazione variazionale).

Il comportamento di scelta del percorso, per gli utenti di una generica coppia origine-destinazione, è simulato con modelli (stocastici) derivati dalla teoria dell'utilità aleatoria, nei quali l'utilità percepita dagli utenti per ciascun percorso è considerata una variabile aleatoria, per rappresentare varie fonti di incertezza relative all'utente e all'analista, quali errori di percezione, errori di misura, dispersione dei comportamenti, ecc. Formalmente un'assegnazione di tipo SUE risulta:

$$\mathbf{f}_{\text{SUE}} = \mathbf{f}_{\text{SUE}}(\mathbf{c}; \mathbf{d}) = \prod_{od} d_{od} \prod_{od} \mathbf{p}_{od}(\mathbf{c}(\mathbf{f}_{\text{SUE}}))$$

dove:

- $\mathbf{f}_{\text{SUE}}$ è la stima del vettore dei flussi di arco relativi al trasporto privato, risultato dell'assegnazione di equilibrio;

- $c(f_{SUE})$ è una stima del vettore dei tempi di viaggio per i veicoli del trasporto privato, funzione dei flussi veicolari di equilibrio calcolati tramite il modello di rete e le funzioni di costo;
- $\square\square$ è la matrice di incidenza archi-percorsi, che permette il calcolo dei flussi di arco noto il vettore di domanda;
- d è il vettore di domanda per i veicoli del trasporto privato, stimata tramite la tecnica del pivoting.

In **Figura 15** e **Figura 16** è illustrata la simulazione alla rete di trasporto privato attuale della matrice OD dell'ora di punta del mattino del giorno feriale medio (GFM) attuale.

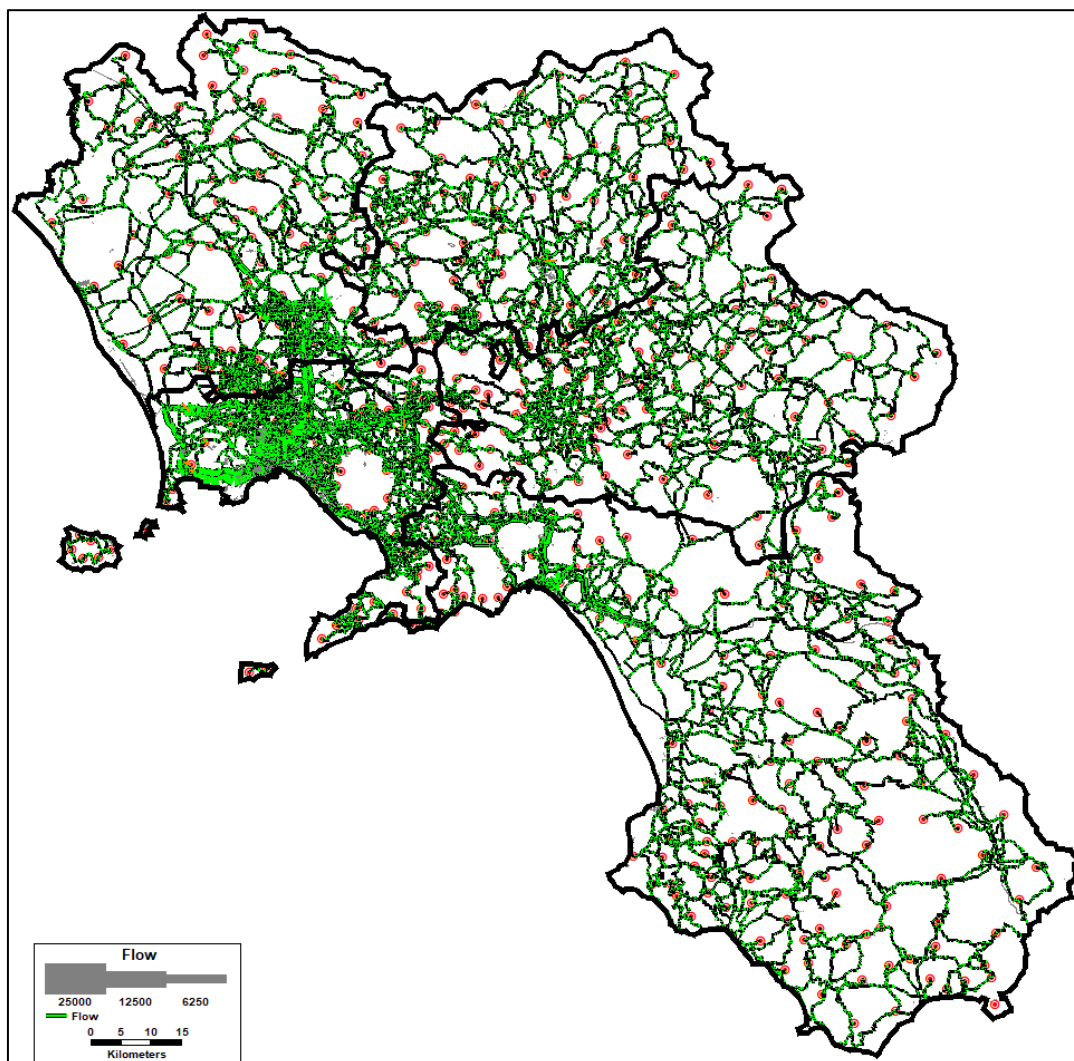


Figura 15 – Assegnazione al trasporto privato – Matrice attuale dell'ora di punta del GFM

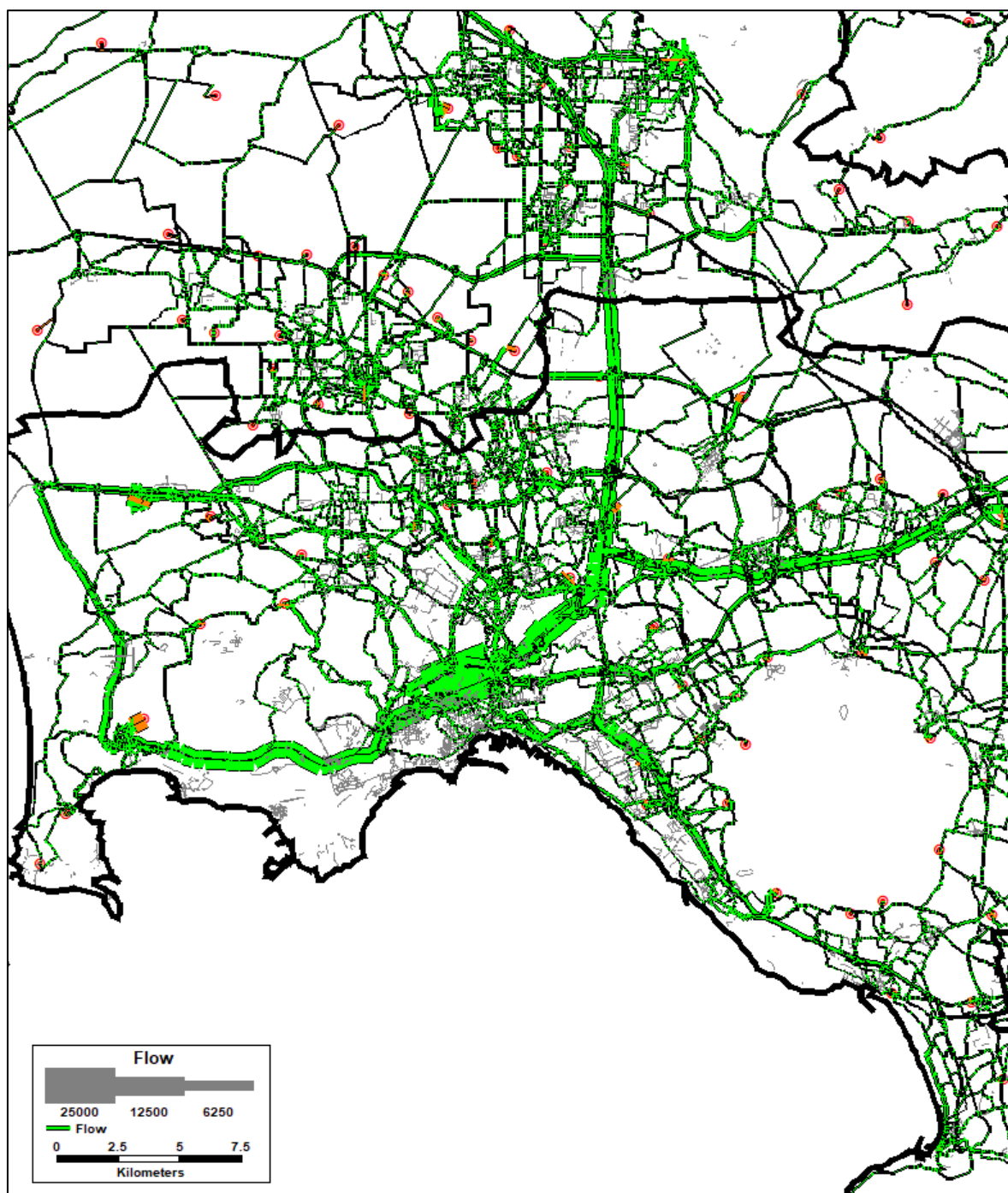


Figura 16 – Assegnazione al trasporto privato – Matrice attuale dell'ora di punta del GFM (particolare dell'area metropolitana di Napoli)

4.4 Scenario di riferimento (attuale): consumi ed impatto ambientale

Dalla simulazione alla rete di trasporto privato della matrice di domanda attuale (o meglio dei soli spostamenti interzonali, per quanto detto al Paragrafo 4) è stato possibile calcolare degli indicatori globali di prestazione, che si traducono in distanze percorse e tempi spesi sulla rete congestionata. Tali indicatori sono illustrati in **Tabella 14**.

SCENARIO ATTUALE	
Domanda di trasporto [veicoli equivalenti/ora]	423.406
Offerta di trasporto (rete stradale)	329.496 archi
Veicoli*km equivalenti/anno [milioni]	17.861
Veicoli*ora equivalenti/anno [milioni]	693
Velocità media spostamento [km/h]	25,8
Lunghezza media spostamento [km]	14,1
Durata media spostamento [minuti]	32,7

Tabella 14: Indicatori globali di prestazione nello scenario attuale

Per gli spostamenti intrazonali (ovvero degli spostamenti che si originano e sono destinati alla medesima zona di traffico) si è assunto di considerare una lunghezza media dello spostamento pari al raggio medio equivalente di ogni zona di traffico, ottenendo in tal modo una percorrenza complessiva di 4.482 milioni di veicoli*km equivalenti/anno.

A partire dalle percorrenze (interzonali e intrazonali) è stato possibile determinare il consumo di carburanti complessivo (**Tabella 15**), tenendo conto della ripartizione percentuale dei veicoli per tipologia di alimentazione (benzina o gasolio) e della tipologia di strada sulla quale avvengono gli spostamenti (ad esempio, in autostrada il consumo unitario è mediamente inferiore a quello sulle strade urbane).

Tabella 15: Consumo di carburante nello scenario attuale

SCENARIO ATTUALE	
Consumo di carburante per spostamenti interzonali [milioni litri/anno]	1.476
Consumo di carburante per spostamenti intrazonali [milioni litri/anno]	370
CONSUMO DI CARBURANTE TOTALE [milioni litri/anno]	1.846

Sempre a partire dalle percorrenze complessive e noti i valori unitari di emissione disponibili in letteratura per tipologia di carburante e per classe Euro di emissione, è stato possibile determinare la quantità di CO₂ complessivamente emessa nello scenario attuale, che è pari a 4.329.474 tonnellate/anno.

Per quanto riguarda i consumi energetici relativi al trasporto pubblico è stata effettuata una stima sintetica dei consumi in base ai dati del “Piano Triennale dei servizi minimi” (DGR n.462/2013). Nello “Scenario Priorità 0” di questo Piano erano previsti servizi su ferro per circa 21,3 milioni di treni*km e circa 107 milioni di bus*km. In base a questi dati ed agli indicatori unitari medi di consumo e di produzione di anidride carbonica, si ottengono i consumi energetici e le produzioni di CO₂ indicati in **Tabella 16**.

In questo calcolo, sia per i servizi ferroviari che per quelli su gomma si è tenuto dell’esistenza di diverse tipologie mezzi. In particolare si è uniformata in elettrotreni equivalenti la flotta complessiva delle varie tipologie di elettrotreni e treni diesel; analogamente si sono uniformate le diverse tipologie di bus ad un “veicolo tipo” per ciò che riguarda l’esercizio dei servizi su gomma. In virtù di ciò, per consumi energetici ci si riferisce ai carburanti per i rotabili su gomma e all’energia elettrica per i rotabili su ferro.

Tabella 16: Consumi energetici ed emissioni di CO₂ nello scenario attuale per servizi di trasporto pubblico

Piano Triennale dei servizi minimi "Scenario Priorità 0"	Produzione (treni*km/anno) (bus*km/anno)	Consumi energetici unitari (kWh/km) (l/km)	Consumi energetici totali (kWh/anno) (l/anno)	Emissioni CO ₂ (t/anno)
Servizi ferroviari	21.356.974	16,1	343.847.281	112.362
Servizi su gomma	107.130.874	0,48	51.364.118	136.115
Totale	-	-	-	248.477

5. La definizione dello Scenario di Piano (PEAR)

5.1 Inquadramento generale

Per la definizione dello scenario di “Piano per il PEAR”, ovvero per l’individuazione di tutti gli interventi che determinano delle variazioni degli indicatori di prestazione di rete rispetto a quanto già quantificato per lo Scenario di Riferimento (cfr. Capitolo 4), si sono analizzati tutti i 528 interventi che formano il Piano Direttore della Mobilità Regionale sinteticamente descritto al Capitolo 2.

Come già illustrato, il Piano rappresenta un contenitore di interventi consolidatisi nel corso degli anni, e ciascuno di essi presenta un diverso livello di maturazione ed attuazione, tanto da poter effettuare la classificazione illustrata nella