



**WORK
ING
PAPER
FDV**

**Transizione ecologica: decarbonizzazione,
elettrificazione e lavoro in Italia**

*Un'analisi input-output multiregionale
degli effetti occupazionali*

**Ecological Transition: decarbonization,
electrification and employment
in Italy**

*An Input-Output Multiregional Analysis
of Employment Effects*

Alessandro Bellocchi¹, Valerio Tati², Giuseppe Travaglini¹, Serena Rugiero²



n.3/2026

¹ Università degli Studi di Urbino Carlo Bo

² Fondazione Giuseppe Di Vittorio

ISSN: 2724 1882

Direttore scientifico della collana
Francesco Sinopoli f.sinopoli@fdv.cgil.it

Responsabile dell'area Ricerca
Daniele Di Nunzio d.dinunzio@fdv.cgil.it

Redazione
Pino Salerno p.salerno@fdv.cgil.it

Progetto grafico e editing
Antonello Claps a.claps@fdv.cgil.it

La collana di pubblicazioni on line Working Paper della Fondazione Di Vittorio (WP-FDV) comprende lavori originali e inediti, espressione delle attività di studio e ricerca svolte dall'Istituto. I contributi sono da considerarsi come pre-print di lavori di ricerca, la cui diffusione risponde all'obiettivo di documentare e divulgare tempestivamente i risultati di studi e ricerche e favorire il dibattito scientifico sui temi di interesse della Fondazione. Le proposte di lavori scientifici per la pubblicazione nella collana Working Paper possono essere presentate da ricercatori e studiosi della Fondazione Di Vittorio e dai collaboratori ai progetti dell'istituto. Ogni proposta è sottoposta a un processo di referaggio, da parte di revisori selezionati dal comitato di redazione. Il WP deve essere proposto prima di una sua eventuale pubblicazione su una rivista scientifica. Non si accettano testi già pubblicati o in corso di pubblicazione. Il regolamento completo, con le istruzioni per la presentazione delle proposte, è disponibile sul sito web della Fondazione. La collana è identificata da un International Standard Serial Number (Issn) che ne consente l'identificazione e il riconoscimento come pubblicazione elettronica in serie. Ogni singolo volume della collana è numerato, in ordine progressivo. Tutti i Working Paper sono pubblicati sul sito della Fondazione Di Vittorio e accessibili gratuitamente e senza restrizioni. Il diritto d'autore rimane in capo agli autori. Le opere sono pubblicate con Licenza Creative Commons (CC BY-NC-SA) e possono pertanto essere distribuite, modificate, create opere derivate dall'originale, ma non a scopi commerciali, a condizione che venga: riconosciuta una menzione di paternità adeguata, fornito un link alla licenza e indicato se sono state effettuate delle modifiche; e che alla nuova opera venga attribuita la stessa licenza dell'originale. Il testo contenuto all'interno dell'opera, e l'opera stessa, possono essere citati, a condizione che venga indicato l'autore, l'opera, la collana e il sito internet della Fondazione Di Vittorio, in cui la collana è pubblicata <https://www.fondazionedivittorio.it>

N.3/2026

ISSN 2724-1882

© 2026 FDV - Roma, Settembre 2026



La Fondazione Giuseppe Di Vittorio è l'istituto per la ricerca storica, sociale ed economica e per l'educazione e la formazione sindacale fondato dalla Cgil.

Per commenti e/o richieste di informazioni rivolgersi a:

Fondazione Giuseppe Di Vittorio
Via G. Donizetti, 7/b – 00198 Roma
Tel. +39 06 857971
fondazionedivittorio@fdv.cgil.it
www.fondazionedivittorio.it

Indice

	Abstract in italiano	3
	Abstract in English	4
	Risultati principali	5
1	Obiettivi del rapporto e contesto del progetto	6
2	Quadro macroeconomico e normativo	8
3	Letteratura e quadro interpretativo	13
3.1	La transizione verde come trasformazione produttiva e sociale	13
3.2	Elettrificazione, flessibilità e politiche europee	15
3.3	Scenari input-output e catene del valore	15
3.4	Occupazione, competenze e genere	16
4	Dati e metodologia input-output	16
4.1	Base dati e unità di analisi	16
4.2	Dalla tavola MRIO all'occupazione attivata	18
4.3	Scomposizione geografica e componenti dell'occupazione	18
5	Fatti stilizzati: emissioni, valore aggiunto e occupazione in Italia	19
5.1	Le emissioni sono concentrate in pochi settori	20
5.2	Il valore aggiunto e l'occupazione seguono una geografia diversa	21
5.3	Mappa congiunta: ambiente, economia e lavoro	23
5.4	Intensità carbonica, uso di energia e profili del lavoro	24
5.5	Alcune implicazioni	33
6	Logica contabile degli esercizi di scenario	33
7	Scenario 1: decarbonizzazione, domanda finale e occupazione attivata	34
7.1	Logica dell'esercizio	34
7.2	Risultati aggregati	36
7.3	Settori: chi guadagna e chi perde	37
7.4	Focus settoriali: automotive, acciaio, vetro e ceramica	38
7.5	Interpretazione del primo esercizio	42
8	Scenario 2: elettrificazione e cambiamento tecnologico	43
8.1	Cambiamenti tecnologici e di domanda	43
8.2	Scenari tecnologici	44
8.3	Occupazione per componente, genere e istruzione	46
8.4	Risultati aggregati	47
8.5	Canale tecnologico e canale di domanda	49
8.6	Riallocazione settoriale	51
8.7	Genere e istruzione	53
8.8	Focus settoriali: automotive, acciaio, vetro e ceramica	55
8.9	Interpretazione del secondo esercizio	60
9	Conclusioni e implicazioni di policy	61
9.1	Sintesi dei principali risultati	62
9.2	Il saldo dipende dallo scenario di policy	64
9.3	Implicazioni per una transizione giusta e condizioni per trasformare il saldo occupazionale	65
9.4	La dimensione europea e internazionale della transizione	66
9.5	Limiti, sviluppi e integrazione con l'indagine qualitativa	67

Transizione ecologica: decarbonizzazione, elettrificazione e lavoro in Italia

di Alessandro Bellocchi^{**}, Valerio Tati^{*}, Giuseppe Travaglini^{**} e Serena Rugiero^{*}

Abstract in italiano

Il rapporto esamina, mediante un'analisi input-output, gli effetti che la transizione ecologica in corso e gli obiettivi del *Green Deal* europeo, al 2030, 2040 e 2050, possono esercitare sulle catene del valore intersettoriali, nonché sulla consistenza e sulla composizione dell'occupazione nell'economia italiana, lungo il medesimo orizzonte temporale. Gli scenari presentati sono esercizi input-output multiregionali a coefficienti fissi, di natura contabile e tecnologica. Essi ricostruiscono le interdipendenze dirette e indirette tra settori e paesi, senza tuttavia rappresentare i meccanismi di aggiustamento dei prezzi, la sostituzione tra fattori e le risposte comportamentali tipiche dei modelli di equilibrio generale computabile. L'analisi distingue occupazione diretta, occupazione indiretta nazionale e occupazione indiretta estera nei settori oggetto della transizione ecologica. Il rapporto presenta inoltre una scomposizione dei risultati per settore produttivo, genere e livello di istruzione. Il rapporto si configura quindi come uno strumento di contabilità economica e ambientale per individuare le pressioni di riallocazione lungo le catene del valore, i nodi critici settoriali, le possibili strettoie occupazionali e le implicazioni di politica economica, industriale e del lavoro, nell'ottica di una transizione *giusta*.

Dalle simulazioni emergono effetti aggregati rilevanti, che catturano soprattutto una redistribuzione dell'occupazione tra comparti produttivi attraversati dalla transizione ecologica. Nel primo scenario, basato sulla sola ricomposizione della domanda finale al 2030, l'occupazione localizzata in Italia si *riduce* di circa 57 mila unità, pari a $-0,28\%$ rispetto al benchmark del 2019. Nel secondo esercizio, gli effetti complessivi dipendono dall'orizzonte temporale, dalla combinazione tra profilo di elettrificazione e mix elettrico e dalla riallocazione intersettoriale della domanda finale. Quando i due canali sono combinati, la perdita di occupazione in Italia è pari a circa 70 mila unità nel 2030 e supera di poco le 300 mila unità nel 2050. La sola componente tecnologica *green*, isolata mantenendo fisso il vettore della domanda finale ai livelli del 2019, produce invece effetti molto più contenuti sull'occupazione complessivamente attivata, inclusa la componente indiretta estera; in questo perimetro, la variazione principale deriva dalla riallocazione della domanda finale e dalla sua propagazione nelle filiere produttive.

Classificazione JEL: C67, J21, J23, Q43, Q52, Q58

Parole chiave: transizione ecologica, decarbonizzazione, elettrificazione, occupazione, input-output multiregionale, EXIOBASE, transizione giusta, dialogo sociale

^{*}Fondazione Giuseppe Di Vittorio. E-mail: s.rugiero@fdv.cgil.it; v.tati@fdv.cgil.it.

^{**}Università degli Studi di Urbino Carlo Bo. E-mail: alessandro.bellocchi@uniurb.it; giuseppe.travaglini@uniurb.it.

Ecological Transition: Decarbonisation, Electrification and Labour in Italy

Abstract in English

Using an input-output framework, the report examines the effects that the ongoing ecological transition and the objectives of the European *Green Deal*, for 2030, 2040 and 2050, may exert on intersectoral value chains and on the level and composition of employment in the Italian economy over the same time horizon. The scenarios presented are fixed-coefficient multi-regional input-output exercises of an accounting and technological nature. They reconstruct the direct and indirect interdependencies between sectors and countries, without, however, representing the price-adjustment mechanisms, factor substitution and behavioural responses typical of computable general equilibrium models. The analysis distinguishes between direct employment, domestic indirect employment and foreign indirect employment in the sectors involved in the ecological transition. The report also decomposes the results by industry, gender and level of education. The report is therefore conceived as an economic and environmental accounting tool for identifying reallocation pressures along value chains, critical sectoral nodes, potential employment bottlenecks and the implications for economic, industrial and labour policy, from the perspective of a *just transition*.

The simulations reveal sizeable aggregate effects, which mainly capture a redistribution of employment across the industries affected by the ecological transition. In the first scenario, based solely on the recomposition of final demand by 2030, employment located in Italy *falls* by about 57 thousand units, equal to -0.28% relative to the 2019 benchmark. In the second exercise, the overall effects depend on the time horizon, on the combination of electrification profile and electricity mix, and on the intersectoral reallocation of final demand. When the two channels are combined, the employment loss in Italy amounts to about 70 thousand units in 2030 and slightly exceeds 300 thousand units in 2050. The purely *green* technological component, isolated by keeping the final-demand vector fixed at its 2019 values, produces much more limited effects on total activated employment, including indirect employment abroad; within this scope, the main variation stems from the reallocation of final demand and from its propagation along production chains.

JEL Classification: C67, J21, J23, Q43, Q52, Q58

Keywords: ecological transition, decarbonisation, electrification, employment, multi-regional input-output, EXIOBASE, just transition, social dialogue

Citazione: Bellocchi A., Tati V. Travaglini G. Rugiero S. (2026), *Transizione ecologica: decarbonizzazione, elettrificazione e lavoro in Italia*, Working Paper FDV, n. 3/2026.

DOI: 10.69092/FDV-WP3-2026

Chiave di lettura. La transizione ecologica non è un mero processo di sostituzione tecnologica tra fonti fossili e vettori energetici puliti. Essa si configura, più propriamente, come un mutamento strutturale sistemico, capace di riconfigurare, negli scenari considerati, la struttura produttiva, i mercati di sbocco, le catene globali del valore, nonché l'assetto delle competenze e della forza lavoro. Di conseguenza, un'analisi rigorosa degli impatti occupazionali non può limitarsi alla quantificazione del saldo netto complessivo (creazione versus distruzione di posti di lavoro) in singole filiere produttive o catene del valore. È invece necessario adottare un approccio aggregato, volto a indagare i fenomeni di riallocazione intersettoriale e intrasettoriale della manodopera, l'evoluzione dei profili professionali e lo sfasamento (mismatch) delle competenze richieste dal nuovo paradigma produttivo. È l'impatto complessivo socio-economico che deve fare da guida agli interventi complementari delle politiche economiche, industriali, del lavoro e ambientali.

Risultati principali

Il presente studio si inserisce nell'ambito di un più ampio progetto di ricerca promosso dalla *European Climate Foundation* in collaborazione con la *Fondazione Giuseppe Di Vittorio*, dedicato all'analisi degli effetti della *transizione ecologica giusta* sul mercato del lavoro, con particolare attenzione all'impatto della decarbonizzazione e dell'elettrificazione sulla qualità dell'occupazione, sulle nuove mansioni, sulla ricomposizione settoriale e sul ruolo del dialogo sociale e sindacale nella gestione della transizione *green* in Italia. Il messaggio principale che emerge dall'analisi è che la transizione verde non si limita a ridurre le emissioni o a rendere più sostenibile la produzione nei comparti energivori dell'economia, ma determina una trasformazione profonda dei sistemi produttivi, incidendo su tecnologie, catene del valore, assetti intersettoriali, dinamiche occupazionali, profili professionali e fabbisogni formativi. La transizione va quindi analizzata sia come cambiamento economico e ambientale, sia come processo di riorganizzazione sociale, con impatti cruciali sul mercato del lavoro e sulle relazioni industriali.

Perciò, il presente rapporto adotta un'impostazione di carattere sistemico e multisettoriale, finalizzata a valutare gli effetti diretti e indiretti della transizione sull'insieme del sistema produttivo e sulle interdipendenze che ne connettono i diversi comparti, distinguendosi così dagli studi circoscritti a singole filiere, riconducibili a un approccio di equilibrio parziale.

Le evidenze empiriche presentate nel rapporto mostrano un'asimmetria strutturale tra settori produttivi ed emissioni inquinanti. Le emissioni dirette di CO₂ sono concentrate in pochi settori a monte delle catene del valore, soprattutto nella produzione e distribuzione di energia, nella raffinazione, nei trasporti e nei materiali pesanti, come cemento e acciaio. Valore aggiunto e occupazione sono anch'essi concentrati, ma in settori in larga parte diversi, soprattutto nei servizi, nel commercio, nella sanità, nell'istruzione e nelle costruzioni. Questo disallineamento è cruciale perché i comparti più importanti per la decarbonizzazione non coincidono automaticamente con quelli più importanti per l'occupazione, mentre gli effetti indiretti possono propagarsi ben oltre i comparti direttamente emissivi. L'analisi quantitativa sviluppa ipotesi su scenari controfattuali e alternativi.

Il **primo scenario**, riferito a un orizzonte di breve periodo, mantiene invariata la tecnologia rispetto al dato del 2019 e valuta l'impatto occupazionale netto di una riallocazione della domanda finale al 2030 connessa alle politiche di decarbonizzazione. Concentrando l'attenzione sui lavoratori localizzati in Italia, le stime indicano una riduzione dell'occupazione attivata pari a circa 57 mila unità, corrispondente a -0,28% rispetto al benchmark del 2019. Il saldo negativo è dovuto principalmente alla contrazione della componente diretta nazionale, compensata solo in parte dall'aumento dell'occupazione indiretta nazionale. L'effetto aggregato appare quindi contenuto in termini percentuali, ma nasconde ricomposizioni settoriali non trascurabili. L'automotive registra una contrazione moderata, l'acciaio rimane

sostanzialmente stabile, con un lieve saldo positivo, mentre il comparto vetro-ceramica mostra una lieve riduzione.

Il **secondo scenario** estende il primo esercizio incorporando anche il cambiamento tecnologico *green*. La matrice dei coefficienti tecnici viene modificata per rappresentare, nei settori target, la sostituzione di una quota degli input fossili e termici con elettricità, la ricomposizione del mix elettrico a favore della generazione *green* e i connessi guadagni di efficienza energetica. Lo scenario completo combina tali modifiche con la riallocazione della domanda finale, mentre una variante che mantiene fisso il vettore della domanda finale ai livelli del 2019 isola il solo canale tecnologico. Limitando l'attenzione ai lavoratori localizzati in Italia, gli effetti occupazionali aggregati sono negativi e pari a circa -70 mila unità nel 2030, -290 mila nel 2040 e poco più di -300 mila nel 2050, con differenze contenute tra i possibili scenari. La componente puramente tecnologica, isolata mantenendo fisso il vettore della domanda finale ai livelli del 2019, è invece più contenuta. La scomposizione è calcolata sull'occupazione complessivamente attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani, inclusa la componente indiretta estera; in questo perimetro, gran parte dell'effetto complessivo dipende dalla riallocazione della domanda finale associata alla decarbonizzazione, più che dal cambiamento dei coefficienti tecnici ed energetici.

La dimensione distributiva è il punto più rilevante dell'impatto delle politiche *green*. Infatti, negli scenari, settori come trasporti, pubblica amministrazione, acqua e rifiuti, macchinari ed elettricità *green* risultano tra i principali *beneficiari* nei diversi orizzonti temporali, mentre costruzioni, sanità e assistenza sociale, alloggi e ristorazione, istruzione e produzione elettrica fossile compaiono tra i principali comparti in *contrazione*. Inoltre, mantenendo fissi i coefficienti occupazionali per genere e livello di istruzione del 2019, la riallocazione tende a favorire settori con occupazione relativamente più maschile e a penalizzare settori relativamente più femminili; per livello di istruzione, la perdita si concentra soprattutto sulla componente ad alta istruzione, mentre quella a media istruzione diventa positiva negli orizzonti più lunghi.

Questi risultati non sono una previsione deterministica sui posti di lavoro persi o creati, ma segnalano alcuni aspetti cruciali in cui politiche industriali, politiche del lavoro, formazione, ricollocazione e contrattazione dovrebbero intervenire con anticipo per assicurare che la transizione occupazionale sia coerente con quella ecologica.

I. Obiettivi del rapporto e contesto del progetto

L'Unione Europea ha collocato la neutralità climatica al centro della propria strategia di sviluppo, prima con il *Green Deal* europeo e poi con la Legge europea sul clima (European Commission, 2019; European Parliament and Council of the European Union, 2021; European Commission, 2021, 2022; European Parliament and Council of the European Union, 2026). La transizione verso la neutralità climatica richiede l'espansione delle fonti rinnovabili, l'elettrificazione degli usi finali, l'efficienza energetica, la riduzione delle emissioni di gas serra nei settori *hard-to-abate* e la riorganizzazione delle catene di fornitura (Fraunhofer ISI, 2024; Bedocchi and Colafrancesco, 2025; Hasanbeigi et al., 2024b). Nel dibattito europeo più recente, l'elettrificazione - ossia la sostituzione di tecnologie e usi energetici basati su combustibili fossili, come petrolio, gas o carbone, con alternative che funzionano a energia elettrica, idealmente prodotta da fonti rinnovabili - è diventata una leva centrale. La Commissione europea sottolinea che, pur registrando una quota crescente di generazione elettrica pulita, l'elettricità pesa ancora meno di un quarto dei consumi finali di energia e che il riferimento per il 2030 è portare questa quota al 32% (European Commission, 2026, 2025a,b). Ciò implica una trasformazione dei consumi di energia in industria, trasporti e edifici, ma anche nuove esigenze di reti distributive, flessibilità, accumulo, competenze e investimenti infrastrutturali (Eurelectric, 2024; Waliszewska, 2024; Mellot

et al., 2025; Terna, 2025).

Il punto di partenza di questo rapporto è che la transizione ecologica è anche una transizione *distributiva* tra settori produttivi, poiché la decarbonizzazione rialloca domanda, investimenti e occupazione tra attività economiche con diversa intensità energetica, tecnologica e professionale (International Energy Agency, 2025b; OECD, 2024; Vona, 2021; International Labour Organization, 2018; Economist Impact, 2025). Può creare nuove opportunità produttive, nuove occupazioni e nuovi profili professionali; allo stesso tempo può ridurre la domanda in comparti legati a tecnologie fossili, processi energivori o attività che dipendono da asset destinati a diventare velocemente obsoleti (Semieniuk et al., 2022). La questione non è quindi soltanto se il saldo netto dell'occupazione sia positivo o negativo, ma quali settori, filiere, gruppi professionali e territori saranno più esposti alla riallocazione.

Questa impostazione è coerente con l'idea di *transizione giusta*. Le linee guida dell'ILO sottolineano che la sostenibilità ambientale deve essere accompagnata da lavoro dignitoso, inclusione sociale, protezione dei lavoratori esposti alla ristrutturazione e coinvolgimento delle parti sociali (International Labour Organization, 2015, 2018; Galgóczi, 2020; Demetriades and Cabrita, 2025; International Energy Agency, 2025a). Per questo motivo l'analisi progettuale FDV-ECF pone il dialogo sociale al centro delle problematiche relative alla governance della transizione, con l'obiettivo di anticipare gli effetti distributivi, sostenere la riconversione dei profili professionali e promuovere buone occupazioni nei processi di innovazione sostenibile (Rugiero et al., 2024).

Nel caso italiano, la questione in oggetto è particolarmente rilevante per tre ragioni. Primo, l'Italia conserva una base manifatturiera articolata di piccole e medie imprese, inserita in catene del valore europee e globali. Secondo, molte produzioni strategiche - in particolare nei settori della meccanica e dell'acciaio - dipendono da input energetici e materiali altamente sensibili ai processi di decarbonizzazione e fortemente condizionati dalla criticità della dipendenza dai combustibili fossili importati dall'estero. Terzo, il mercato del lavoro è caratterizzato da segmentazioni persistenti per genere, istruzione, territorio e qualità dell'occupazione. Recenti analisi sul caso italiano sottolineano come l'elettrificazione industriale e la decarbonizzazione del sistema elettrico possono produrre effetti occupazionali inattesi rilevanti, ma differenziati tra filiere, tecnologie e profili professionali (Basso et al., 2023; Brunetti et al., 2025; Cetrulo et al., 2026; Cresti et al., 2025; Unioncamere and Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, 2025; Fondazione Symbola et al., 2025; Hasanbeigi et al., 2024a; Falocco, 2024; Terna, 2025). Una transizione ecologica gestita solo attraverso obiettivi ambientali rischierebbe di trascurare gli effetti sociali della ristrutturazione. Al contrario, una transizione giusta richiede strumenti di anticipazione, accompagnamento e redistribuzione degli impatti.

Il contributo specifico del presente rapporto è empirico e metodologico: utilizziamo un modello input-output multiregionale (MRIO), sviluppato su dati EXIOBASE, per misurare come scenari di decarbonizzazione ed elettrificazione modifichino l'occupazione attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani a partire dalla struttura produttiva del 2019. La parte finale del rapporto traduce questi risultati in indicazioni di policy per politiche industriali, politiche del lavoro, formazione e dialogo sociale. La prospettiva MRIO è essenziale perché la transizione non agisce solo sul settore direttamente colpito, ma si propaga lungo le catene di fornitura nazionali e internazionali, come mostrano le applicazioni input-output e MRIO agli scenari energetico-ambientali (Miller and Blair, 2009; Wood et al., 2015; Stadler et al., 2018; Wiebe et al., 2018; Černý et al., 2021). Uno shock alla domanda aggregata o settoriale, oppure alla tecnologia di un comparto, modifica anche la filiera dei fornitori, i flussi con l'UE e il resto del mondo, e quindi l'occupazione attivata lungo l'intera catena del valore.

Il rapporto è organizzato come segue. La Sezione 2 definisce il profilo macroeconomico di partenza e il quadro istituzionale alla base dell'attuale agenda verde europea. La Sezione 3 presenta la letteratura di

riferimento e il contesto analitico di partenza. La Sezione 4 descrive i dati, la contabilità economica e ambientale MRIO e il concetto di occupazione attivata. La Sezione 5 documenta i fatti stilizzati sulla struttura italiana delle emissioni, del valore aggiunto, dell'occupazione, dell'energia e delle competenze lavorative nei diversi comparti. La Sezione 6 introduce la logica contabile degli scenari e chiarisce come gli obiettivi ambientali siano tradotti in variazioni della domanda finale e dei coefficienti tecnici. La Sezione 7 presenta il primo esercizio controfattuale di contabilità input-output, in cui la tecnologia del 2019 è mantenuta fissa e nelle proiezioni cambia soltanto la composizione della domanda finale. Questa ipotesi consente di isolare l'impatto della riallocazione della domanda associata agli obiettivi ambientali europei sull'occupazione attivata. La Sezione 8 presenta il secondo esercizio, in cui cambiano i coefficienti tecnici dei settori considerati target a seguito dell'elettrificazione. In questo esercizio si misura l'impatto contabile del cambiamento tecnologico lungo le filiere del valore, con e senza attivazione della domanda finale. La Sezione 9 discute le implicazioni per politiche industriali, occupazionali, formazione e dialogo sociale, e conclude indicando limiti e possibili estensioni dell'analisi.

2. Quadro macroeconomico e normativo

L'Europa sta affrontando sfide molteplici e tra loro interconnesse: la crisi climatica, quella energetica, l'intensificarsi della competizione globale e le crescenti tensioni geopolitiche (IPCC, 2023; United Nations Environment Programme, 2025; European Environment Agency, 2025). In questo contesto, il raggiungimento dell'azzeramento netto delle emissioni di gas a effetto serra (GHG) non rappresenta soltanto un obiettivo ambientale di lungo periodo, ma anche una condizione strategica per rafforzare la sicurezza e la competitività dell'economia europea. Il Green Deal europeo definisce la direzione generale di questo percorso, con l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050, implicando una trasformazione senza precedenti dei sistemi energetici, delle tecnologie produttive e dei modelli di consumo (European Commission, 2019; Draghi, 2024; European Commission, 2025a,b). Per l'Italia, caratterizzata da una base manifatturiera diversificata, da dipendenza energetica e da marcata eterogeneità territoriale, questa transizione è destinata a ridefinire le catene del valore, la specializzazione settoriale e la domanda di lavoro in modi economicamente rilevanti e politicamente sensibili.

Decarbonizzazione ed elettrificazione. Un pilastro centrale della *decarbonizzazione* è la progressiva sostituzione dei combustibili fossili con elettricità generata da fonti a basse emissioni di carbonio, in particolare da energie rinnovabili. L'*elettrificazione* degli usi finali, nei trasporti, negli edifici e nei processi industriali chiave, costituisce quindi un obiettivo fondamentale della transizione. Essa sposta la domanda di energia dalla combustione diretta verso sistemi elettrici che possono essere decarbonizzati attraverso rinnovabili, sistemi di accumulo, reti e soluzioni di flessibilità. Allo stesso tempo, l'espansione della generazione rinnovabile e l'accelerazione dell'elettrificazione comportano ingenti fabbisogni di investimento in infrastrutture, attrezzature e nuove capacità produttive, potenzialmente in grado di generare ampi effetti di domanda sui settori a monte, inclusi metalli, macchinari, costruzioni e servizi alle imprese. Tali effetti non si limitano ai settori *green*, ma si propagano lungo le catene di fornitura nazionali e internazionali, con rilevanti effetti indiretti sul valore aggiunto e sull'occupazione in Italia (European Commission, 2022; Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2024; Terna, 2025; Bacchiocchi et al., 2024).

Transizione distributiva. Tuttavia, la transizione ecologica è anche una *transizione distributiva* di impatti economici e ambientali (OECD, 2024; Basso et al., 2023; Vona, 2021). Se da un lato può creare nuove opportunità economiche e “nuovi lavori verdi”, spesso associati a una maggiore qualità del lavoro e a migliori risultati ambientali, dall'altro può generare inevitabili perdite occupazionali e aggiustamenti disordinati nei settori e nelle professioni dipendenti da modelli di produzione e consumo basati sui combustibili fossili. Le conclusioni non sono unanimi riguardo all'impatto della transizione

ecologica sul mercato del lavoro. Il dibattito rimane fortemente polarizzato. I *pessimisti* sostengono che l'elettrificazione e la decarbonizzazione creano disoccupazione tecnologica e riducono l'occupazione, e che tale riduzione non sia adeguatamente compensata dalle opportunità di lavoro che possono emergere in seguito all'introduzione di nuove tecnologie green. Secondo questa visione, l'effetto complessivo sarebbe una diminuzione dei livelli occupazionali e dei salari, con una conseguente riduzione della quota dei salari sul reddito nazionale e globale. Gli *ottimisti*, al contrario, enfatizzano gli effetti della transizione sulla produttività. Le imprese che riconvertono in chiave green i propri processi possono aumentare la produttività e possono quindi ridurre i prezzi o migliorare la qualità a prezzi invariati, accrescendo così la domanda per i propri prodotti e ampliando la propria quota di mercato. Se la domanda di beni e servizi è elastica, allora anche occupazione, produttività e salari tenderanno a crescere. Per la letteratura già esistente relativa alle stime e proiezioni nei settori produttivi e su alternativi orizzonti temporali, per diversi paesi, si vedano i dati riportati nella Tabella 1.

Scenari alternativi. Non vi è garanzia che uno scenario complessivamente favorevole nel rapporto tra tecnologia e livelli occupazionali si applichi automaticamente anche alle nuove tecnologie verdi e alle innovazioni attualmente in corso. In questa fase di profonda trasformazione, si osserva infatti lo sviluppo simultaneo di diverse traiettorie tecnologiche. Inoltre, tali traiettorie interagiscono tra loro, producendo effetti la cui natura, intensità e durata non sono ancora pienamente comprese. Le conseguenze sul mercato del lavoro e sulle nuove competenze sono quindi destinate a essere eterogenee tra settori e gruppi di lavoratori, rendendo essenziale la progettazione di misure di supporto e di meccanismi di "transizione giusta" (OECD, 2023, 2024; Eurofound, 2024, 2025; Vona, 2021). Tali discrepanze emergono in molti studi empirici e in numerose analisi statistiche sull'impatto dell'elettrificazione e della decarbonizzazione sul mercato del lavoro. Secondo le stime diffuse da Elettricità Futura nell'ambito del Piano 2030 del settore elettrico, lo sviluppo della filiera elettrica e delle rinnovabili in Italia potrebbe attivare circa 540.000 nuovi posti di lavoro entro il 2030 e generare oltre 360 miliardi di euro di benefici economici (Elettricità Futura, 2023). Inoltre, il rapporto del WWF Italia sulla decarbonizzazione del sistema elettrico al 2035 evidenzia che gli effetti sul mercato del lavoro italiano mostrano un potenziale complessivamente positivo (Falocco, 2024). Le stime indicano la possibilità di generare circa 330 mila nuovi posti di lavoro netti, a condizione che i proventi delle politiche climatiche siano efficacemente reinvestiti in innovazione green, energie rinnovabili e misure di supporto alla transizione. Il quadro complessivo rimane tuttavia incerto: gli esiti occupazionali dipendono in larga misura dalla qualità e dall'efficacia delle politiche di accompagnamento. In assenza di interventi coerenti e tempestivi, una transizione lenta o mal gestita potrebbe non solo ridurre i benefici attesi, ma persino produrre effetti negativi sull'occupazione. In Italia, le preoccupazioni distributive sono particolarmente rilevanti lungo almeno tre dimensioni: (i) l'esposizione settoriale, ad esempio industria automobilistica e settori ad alta intensità energetica rispetto a costruzioni e servizi; (ii) la struttura delle competenze, con occupazioni ad alta, media e bassa qualificazione esposte a diversi contenuti delle mansioni e a differenti fabbisogni formativi; e (iii) la composizione di genere, data la diversa distribuzione dell'occupazione tra uomini e donne nei settori e nelle professioni e la distribuzione diseguale dei vincoli di cura e delle interruzioni di carriera.

Incertezza ed esiti. Pertanto, l'impatto dell'elettrificazione e della decarbonizzazione sui salari non sarà uniforme e dipenderà dai settori coinvolti, dal livello delle competenze e dall'efficacia delle politiche di accompagnamento. L'elettrificazione tende ad aumentare la domanda di lavoratori altamente qualificati, come ingegneri, tecnici specializzati ed esperti digitali, generando pressioni al rialzo sui salari medio-alti. Al contrario, nelle occupazioni meno qualificate o più standardizzate, l'effetto può essere limitato, con il rischio di ampliare le disuguaglianze salariali. La decarbonizzazione può produrre effetti positivi se stimola investimenti, innovazione e produttività nei settori verdi, sostenendo potenzialmente la crescita dei salari nel medio periodo. Tuttavia, nei settori ad alta intensità di carbonio, la riduzione della

domanda di lavoro può esercitare pressioni al ribasso sui salari, soprattutto in assenza di efficaci politiche di riqualificazione e sostegno. Nel complesso, gli esiti salariali dipendono dall'elasticità della domanda di beni e servizi verdi, dagli investimenti in formazione e dalla capacità delle istituzioni del lavoro di tradurre i guadagni di produttività in salari più elevati. È quindi probabile un effetto polarizzato piuttosto che uniforme (Vona et al., 2015, 2018; Marin and Vona, 2019; Brunetti et al., 2025). Queste dinamiche salariali costituiscono il quadro interpretativo dell'analisi; il presente lavoro si concentra invece sugli effetti occupazionali e sulla loro composizione settoriale, per genere e livello di istruzione, con particolare attenzione all'economia italiana.

Green Deal europeo. Nel contesto macroeconomico e regolamentare, i paesi europei stanno sviluppando nuove politiche ambientali, accompagnate da politiche industriali e strumenti specifici per affrontare il tema della transizione energetica nel quadro del *Green Deal* europeo (European Commission, 2021; European Parliament and Council of the European Union, 2023a,c, 2024). Tra gli strumenti della transizione ecologica, sia il sistema europeo di scambio delle quote di emissione (ETS) sia il Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) occupano un ruolo centrale. Questi due strumenti costituiscono due pilastri fondamentali del quadro attuale di politica climatica dell'Unione Europea, finalizzati a ridurre le emissioni di gas a effetto serra e a orientare il sistema economico verso la decarbonizzazione e l'elettrificazione su larga scala.

Introdotta nel 2005, l'EU **ETS** è un sistema *cap-and-trade* che stabilisce un tetto complessivo alle emissioni per i settori coperti, tra cui la produzione di energia elettrica, le industrie ad alta intensità energetica e l'aeronautica. Le quote di emissione, ciascuna corrispondente a una tonnellata di CO₂, sono allocate gratuitamente o messe all'asta, e le imprese possono scambiarle sul mercato. Le imprese che riducono le emissioni al di sotto del livello assegnato possono vendere le quote in eccesso, mentre quelle che superano il limite devono acquistare permessi aggiuntivi. Questo meccanismo è progettato per conseguire riduzioni delle emissioni al minor costo aggregato, consentendo alle imprese di scegliere le strategie di abbattimento più convenienti (Saltari and Travaglini, 2011, 2016). Tuttavia, l'efficacia ambientale dell'ETS è intrinsecamente legata a un significativo trade-off economico. Internalizzando il costo del carbonio, il sistema tende spesso ad aumentare i costi di produzione, con potenziali implicazioni per la competitività delle imprese, le decisioni di investimento, l'efficienza produttiva e il livello dell'occupazione. L'evidenza empirica disponibile (Bayer and Aklın, 2020; Martin et al., 2016; Dechezleprêtre et al., 2023; Colmer et al., 2025; Borghesi et al., 2020; Flori et al., 2024) mostra che l'ETS incide sulla performance ambientale ed economica delle imprese, sulle strategie di innovazione e sull'allocazione del capitale, rivelando un equilibrio complesso tra pressioni di costo di breve periodo e guadagni di medio-lungo periodo derivanti dall'aggiornamento tecnologico e dai miglioramenti di efficienza.

Il **CBAM**, introdotto con una fase transitoria dal 2023 al 2025 ed entrato nel regime definitivo il 1° gennaio 2026, estende il prezzo del carbonio alle importazioni imponendo un onere sulle emissioni incorporate in alcuni beni ad alta intensità di carbonio, tra cui acciaio, alluminio, cemento, fertilizzanti ed elettricità. Il suo obiettivo principale è mitigare il rischio di carbon leakage, ossia la rilocalizzazione della produzione verso giurisdizioni con regolamentazioni ambientali meno stringenti, e preservare condizioni di concorrenza eque tra produttori europei e non europei. Il CBAM rispecchia la logica dell'ETS, allineando il costo del carbonio dei beni importati a quello sostenuto dai produttori dell'UE. Esso introduce tuttavia ulteriori effetti economici e distributivi, che possono incidere sui prezzi degli input, sui modelli di commercio e sull'organizzazione delle catene globali del valore. La letteratura sul CBAM (Espa et al., 2022; Walczak et al., 2025) sottolinea che il suo impatto complessivo dipende in modo cruciale dal disegno dello strumento, dalla copertura settoriale e dall'interazione con l'ETS, nonché dalla risposta dei partner commerciali. Considerati congiuntamente, ETS e CBAM condividono una logica comune: l'internalizzazione delle esternalità carboniche attraverso strumenti di

mercato, al fine di riorientare produzione, investimenti e consumi verso tecnologie a basse emissioni di carbonio ed elettrificate. Tuttavia, la loro attuazione comporta costi economici non trascurabili per le imprese, con conseguenze sui margini di profitto, sulla capacità di investimento, sulla localizzazione della produzione e sulle strutture occupazionali. Di conseguenza, la valutazione di questi strumenti non può essere limitata alla sola efficacia ambientale, ma deve tenere conto anche delle più ampie implicazioni economiche e sociali nel contesto della transizione verde.

Un ruolo rilevante nel conseguimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni è svolto dagli **incentivi** alla domanda. Per esemplificare, nel giugno 2026 le immatricolazioni di veicoli elettrici a batteria hanno raggiunto in Italia 14.894 unità, pari al 10 per cento del mercato mensile. Nel primo semestre dell'anno le BEV (Battery Electric Vehicle) immatricolate sono state complessivamente 79.592, con una crescita dell'8,4 per cento rispetto allo stesso periodo del 2025. L'espansione ha interessato soprattutto i segmenti A e B, che rappresentano il 62 per cento delle nuove immatricolazioni elettriche, segnalando una progressiva diffusione delle BEV anche tra le famiglie e nei segmenti di prezzo più contenuti (Bienati, 2026). Questa dinamica è stata sostenuta dagli incentivi finanziati dal PNRR, rivolti all'acquisto di veicoli elettrici da parte delle famiglie residenti nelle Aree urbane funzionali (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2025). La misura ha quindi combinato selettività tecnologica, sociale e territoriale, riducendo il divario di costo rispetto ai veicoli tradizionali. La conclusione del programma il 30 giugno 2026, senza una misura sostitutiva dedicata esclusivamente alle auto elettriche, rischia tuttavia di rallentare il processo di elettrificazione (Bienati, 2026). L'Italia continua infatti a registrare una quota di BEV nettamente inferiore alla media europea: nei primi cinque mesi del 2026 la quota italiana si attestava all'8 per cento, contro il 21 per cento europeo; nel segmento delle flotte aziendali la quota elettrica si ferma intorno al 5 per cento (Bienati, 2026). L'esperienza degli incentivi PNRR mostra pertanto che misure stabili, mirate e adeguatamente finanziate possono incidere significativamente sulla domanda, mentre la dispersione delle risorse tra tecnologie eterogenee rischia di ridurre l'efficacia della politica industriale e ambientale.

Transizione verde e impatto sociale. In questo contesto, la CGIL (CGIL, 2024) ha di recente sottolineato i rischi che la transizione ecologica non sia socialmente neutrale. L'aumento dei costi energetici e di conformità associati alle politiche climatiche può comprimere i margini delle imprese e generare pressioni al ribasso su occupazione e salari, in particolare nei settori ad alta intensità energetica e nelle regioni maggiormente esposte all'aggiustamento strutturale. Senza una strategia industriale condivisa di accompagnamento, il peso della decarbonizzazione rischia di essere trasferito sui lavoratori attraverso perdite occupazionali, deterioramento delle condizioni di lavoro o rinnovati incentivi alla rilocalizzazione produttiva. Da questa prospettiva, ETS e CBAM possono influenzare indirettamente gli esiti del lavoro rimodellando le strutture di costo e le dinamiche competitive. Queste preoccupazioni emergono anche nell'analisi di Eurofound sul pacchetto di politiche "Fit for 55" (Eurofound, 2023; European Commission, 2021; European Parliament and Council of the European Union, 2023b), secondo cui le politiche climatiche possono generare guadagni occupazionali netti nel medio periodo, ma i loro effetti sono fortemente diseguali tra settori, gruppi di competenze e territori. La distruzione di posti di lavoro nelle industrie tradizionali potrebbe non essere automaticamente compensata dalla creazione di occupazione nei settori verdi ed elettrificati, soprattutto in assenza di efficaci politiche di riqualificazione, sostegno al reddito e interventi sul mercato del lavoro. La transizione comporta quindi costi di aggiustamento significativi che, se non affrontati, possono accentuare le disuguaglianze sociali e indebolire il sostegno politico alla decarbonizzazione. Strumenti come l'ETS e il CBAM devono essere considerati non solo strumenti ambientali, ma componenti di una più ampia economia politica della transizione verde, nella quale gli obiettivi climatici si intrecciano con la competitività industriale, la tutela del lavoro e la coesione sociale. Come evidenziato da CGIL ed Eurofound, solo un approccio integrato, che combini prezzo del carbonio, politica industriale e istituzioni del mercato del lavoro, può

garantire che decarbonizzazione ed elettrificazione non avvengano a spese dei lavoratori, ma contribuiscano invece alla creazione di occupazione di qualità, salari adeguati e sistemi produttivi più resilienti nel lungo periodo. Comprendere tale eterogeneità richiede un quadro analitico capace di collegare i cambiamenti tecnologici alla domanda di fattori produttivi. Nei modelli canonici macroeconomici, l'adozione di nuove tecnologie può sostituire o integrare diversi tipi di lavoro, modificando così la domanda relativa e i salari. Nella transizione verde, il “pacchetto tecnologico” rilevante include tecnologie per le energie rinnovabili, beni capitali elettrificati e interventi di efficienza energetica, che possono accrescere la domanda di determinati profili tecnici, come ingegneria, installazione, manutenzione e controllo digitale, comprimendo al tempo stesso l'occupazione nelle attività dipendenti dai combustibili fossili. La transizione si intreccia inoltre con più ampie ondate di innovazione, in particolare digitalizzazione e intelligenza artificiale, che possono ridefinire le mansioni all'interno delle occupazioni, incidere sulla polarizzazione del lavoro e influenzare la distribuzione delle competenze (Autor et al., 2003; Acemoglu and Autor, 2011; Autor, 2015; Acemoglu and Restrepo, 2019). Per un'analisi rilevante dal punto di vista delle politiche pubbliche, la questione centrale non è quindi soltanto l'effetto netto sull'occupazione, ma anche *chi* guadagna e *chi* perde, *dove* lungo la catena del valore si concentrano le pressioni di aggiustamento e *quali* istituzioni e pratiche di dialogo sociale possono gestire tali pressioni (Galgóczi, 2020; Demetriades and Cabrita, 2025; International Energy Agency, 2025a).

Indipendenza energetica e crisi geopolitica. Non ultimo è il tema della dipendenza energetica dai combustibili fossili, reso più evidente dal conflitto russo-ucraino e dalle ricorrenti tensioni geopolitiche nelle principali aree di approvvigionamento e transito dell'energia. Tali dinamiche evidenziano in modo sempre più netto come la sicurezza energetica rappresenti una dimensione strutturale della stabilità economica e politica, in particolare per l'Italia e per i paesi dell'Unione europea, caratterizzati da una marcata dipendenza dalle importazioni di energia primaria. In questo contesto, il concetto di *indipendenza energetica* non può essere inteso in senso assoluto, ma piuttosto come riduzione della vulnerabilità strategica attraverso la diversificazione delle fonti, l'espansione delle rinnovabili e, soprattutto, l'elettrificazione dei consumi finali. La transizione verso un sistema energetico a minore intensità fossile assume quindi un valore che trascende la dimensione ambientale, configurandosi come una leva geopolitica cruciale: ridurre la dipendenza da fornitori esterni significa attenuare l'esposizione a shock esogeni, tensioni internazionali e volatilità dei mercati delle materie prime. Gli episodi recenti mostrano con chiarezza come le crisi dell'approvvigionamento di combustibili fossili si trasmettano rapidamente all'economia reale, generando aumenti dei prezzi dell'energia che si riflettono sui costi di produzione, comprimono i margini delle imprese e incidono sul potere d'acquisto delle famiglie. Ne derivano effetti a catena su salari reali, inflazione e dinamiche del mercato del lavoro, con impatti differenziati tra settori e territori. In particolare, i comparti a maggiore intensità energetica risultano più esposti, mentre l'incertezza sui costi futuri può frenare investimenti e occupazione (Travaglini, 2012). In questa prospettiva, la transizione verde, e in particolare il binomio decarbonizzazione–elettrificazione, non rappresenta soltanto una risposta agli obiettivi climatici, ma una strategia di stabilizzazione macroeconomica e di autonomia strategica (European Commission, 2022; Draghi, 2024; European Commission, 2025b). L'espansione delle fonti rinnovabili domestiche, la decarbonizzazione e l'elettrificazione dei consumi consentono infatti di ridurre l'esposizione ai mercati internazionali dei combustibili fossili, contribuendo a una maggiore prevedibilità dei costi energetici e creando al contempo nuove opportunità occupazionali lungo le filiere emergenti. Ne deriva che la transizione energetica non è più soltanto una scelta di sostenibilità, ma una necessità sistemica: essa integra obiettivi ambientali, economici e geopolitici, configurandosi come condizione essenziale per rafforzare la resilienza delle economie europee e garantire traiettorie di sviluppo più stabili e autonome nel medio-lungo periodo.

Ciò detto, il presente lavoro è sviluppato nell'ambito di un progetto più ampio che mira a contribuire all'attuazione di una *transizione ecologica giusta* attraverso lo studio e la promozione di pratiche

innovative di dialogo sociale a livello nazionale e internazionale, con specifica attenzione alla decarbonizzazione e all'elettrificazione. La ricerca adotta un approccio interdisciplinare e combina: (i) analisi desk dell'evidenza proveniente dal mondo accademico e dalle istituzioni; (ii) scenari quantitativi e simulazioni di shock per valutare gli impatti potenziali su occupazione, investimenti e produttività fino al 2050; (iii) un'indagine qualitativa, basata su questionari, interviste e studi di caso in settori produttivi specifici tra quelli più energivori, per identificare i cambiamenti nei profili professionali, le competenze emergenti e le pratiche efficaci di relazioni industriali; e (iv) raccomandazioni di policy per rafforzare le relazioni industriali e sostenere lavori di qualità durante la transizione. Il complesso di queste attività è perciò il risultato dell'interazione tra conoscenza teorica, verifica empirica e indagine sociologica. Questa articolazione integra evidenza quantitativa e qualitativa, rafforzando la capacità interpretativa dell'analisi e la sua rilevanza per le politiche.

3. Letteratura e quadro interpretativo

3.1 La transizione verde come trasformazione produttiva e sociale

La letteratura recente converge su un punto. La transizione ecologica non è un semplice spostamento da una fonte energetica a un'altra, ma una trasformazione strutturale dell'economia. Essa coinvolge consumi finali, input intermedi, livelli occupazionali, mansioni, tecnologie e beni capitali. L'elettrificazione dei trasporti, del riscaldamento e di alcuni processi industriali modifica la domanda di elettricità e riduce la domanda di combustibili fossili; la crescita delle rinnovabili cambia la composizione della generazione elettrica; la sostituzione di impianti, veicoli, macchinari e infrastrutture modifica la domanda di capitale e di beni intermedi. In questa prospettiva, la transizione genera simultaneamente settori in espansione e settori in contrazione, ricomposizioni nel mercato del lavoro, nuovi fabbisogni di competenze ed effetti moltiplicativi lungo le filiere (Garrett-Peltier, 2017; Markandya et al., 2016; Fragkos and Paroussos, 2018; Stavropoulos and Burger, 2020; Pettena and Raberto, 2025).

La rilevanza di questa ricerca è connessa a questa natura redistributiva. Alcuni studi internazionali stimano effetti netti positivi dell'espansione delle rinnovabili e della trasformazione del settore elettrico, ma mostrano anche che i benefici sono concentrati in alcune tecnologie, fasi della transizione, comparti e categorie occupazionali (International Labour Organization, 2018; International Renewable Energy Agency and International Labour Organization, 2026; OECD, 2024; Ram et al., 2020; Černý et al., 2021). Nel caso italiano, studi precedenti hanno inoltre collegato tra loro sviluppo delle energie rinnovabili, efficienza energetica, valore aggiunto e ricadute occupazionali (Rugiero and Travaglini, 2010; Travaglini and Rugiero, 2011). Il punto non è solo quantificare il saldo parziale occupazionale lungo specifiche catene del valore, bensì capire in quali settori, anche indirettamente collegati a quelli target, si creano nuovi fabbisogni, quali competenze diventano più importanti e quali lavoratori rischiano di essere marginalizzati non solo nei processi produttivi, ma anche nella dimensione sociale della transizione. Per queste ragioni, nel presente lavoro si è adottato un modello input-output multiregionale lineare, fondato sulle interdipendenze produttive tra i diversi settori dell'economia.

Tabella 1 – Stime degli impatti occupazionali della transizione ecologica

Studio	Area e orizzonte	Impatto occupazionale	Tipo di evidenza
Eurofound (2023)	UE, 2030	Circa 204.000 occupati netti aggiuntivi con il pacchetto <i>Fit for 55</i> .	Scenario macroeconomico europeo.
Cedefop (2025)	Italia, 2023–2035	Crescita media dell'occupazione di circa 0,3% annuo.	Previsione generale di medio periodo, non isolata alla transizione verde.
Basso et al. (2023)	Italia, 2011–2021	Nessun effetto aggregato rilevante; perdite concentrate nei settori ad alte emissioni.	Evidenza storica su emissioni, struttura produttiva e occupazione.
Brunetti et al. (2025)	Italia	Non stima un saldo netto occupazionale.	Competenze verdi e transizioni professionali.
Bedocchi e Colafrancesco (2025)	Italia, alimentare e tessile, 2021–2050	Non stima un saldo netto; effetti contenuti nei due settori, ma maggiore domanda nella filiera delle pompe di calore e nelle attività di progettazione, installazione e manutenzione.	Scenari energetici, sei casi aziendali e interviste; effetti occupazionali prevalentemente qualitativi.
Cresti et al. (2025)	Italia, automotive, 2030	Perdite cumulate tra circa 65.000 e oltre 90.000 lavoratori nello scenario di inerzia.	Studio settoriale sulla filiera automotive.
WWF Italia (2024)	Italia, elettricità, 2035	Circa 1,3 milioni di ULA cumulate lungo il ciclo di vita degli impianti, ossia 1,3 milioni di anni-lavoro distribuiti nel tempo.	Lavoro cumulato per costruzione, esercizio e manutenzione degli impianti.
Unioncamere–Excelsior (2025)	Italia, 2025–2029	Circa 4 milioni di lavoratori con competenze green richiesti.	Fabbisogni professionali previsti dalle imprese.
Symbola–Unioncamere (2025)	Italia, 2024	Circa 3,298 milioni di green jobs, pari al 13,8% degli occupati.	Stock osservato di occupazioni verdi.
ILO (2018)	Mondo, 2030	Circa 18 milioni di posti netti aggiuntivi.	Scenario globale di sostenibilità energetica.
IEA (2025b)	Mondo, energia, 2030–2035	Aumento dell'occupazione nelle filiere dell'energia pulita.	Energia, reti, efficienza ed elettrificazione.
Fragkos e Paroussos (2018)	UE, 2050	Circa 200.000 posti diretti aggiuntivi nei settori energetici; riallocazione pari a circa 1,3% della forza lavoro.	Scenario europeo di decarbonizzazione.
Markandya et al. (2016)	UE, 1995–2009	Circa 530.000 posti netti associati al cambiamento del mix energetico.	Evidenza retrospettiva sul settore energetico.
Ram et al. (2020)	Mondo, elettricità, 2050	Occupazione diretta nel settore elettrico da circa 21 a quasi 35 milioni.	Scenario globale sul sistema elettrico rinnovabile.

Nota. Le stime non sono direttamente confrontabili: comprendono saldi netti, fabbisogni, stock, effetti settoriali e ULA cumulate. Un'ULA corrisponde al lavoro svolto da una persona a tempo pieno per un anno.

3.2 Elettificazione, flessibilità e politiche europee

La transizione europea attribuisce un ruolo crescente all'elettificazione. La Commissione europea evidenzia che la stagnazione della quota elettrica nei consumi finali rallenta la decarbonizzazione e riduce la capacità di utilizzare pienamente la generazione rinnovabile disponibile. Le barriere riguardano il rapporto tra prezzi dell'elettricità e combustibili fossili, i costi iniziali delle tecnologie elettriche, la disponibilità di reti e accumuli, la flessibilità della domanda e la disponibilità di competenze lungo la catena del valore (European Commission, 2026, 2025a,b). Questo quadro di partenza è importante per il presente rapporto perché, come vedremo, l'elettificazione non può essere trattata come un generico miglioramento tecnologico. Nel secondo scenario, questo mutamento è rappresentato attraverso cambiamenti dei coefficienti tecnici produttivi, cioè sostituzione tra input energetici e ricomposizione del mix elettrico.

La letteratura più recente sottolinea inoltre che elettificazione e flessibilità nell'uso degli input energetici devono procedere insieme. Veicoli elettrici, pompe di calore, elettrolizzatori e nuovi carichi industriali possono decarbonizzare usi finali oggi ancora caratterizzati da un elevato contenuto fossile, ma aumentano la domanda elettrica e modificano il profilo temporale del carico energetico. Senza il potenziamento delle reti di distribuzione, dei sistemi di accumulo, delle politiche di prezzo, della regolazione e degli strumenti di gestione della domanda, l'elettificazione può aumentare i costi di sistema invece di ridurli, e rallentare l'integrazione delle rinnovabili invece di accelerarla (Mellot et al., 2025; Terna, 2025). Per una riflessione, come la presente, sul mercato del lavoro e sulla sua ricomposizione, ciò implica che i fabbisogni occupazionali non si limitano ai settori manifatturieri impegnati nella produzione di tecnologie verdi. Essi si estendono, piuttosto, a un insieme più ampio e articolato di attività lungo l'intera catena del valore: dall'installazione e manutenzione degli impianti, allo sviluppo e gestione delle reti, dai servizi energetici alla digitalizzazione, fino ai meccanismi di gestione e orientamento della domanda finale. In questa prospettiva, la transizione ecologica si configura non solo come un cambiamento settoriale, ma come un processo trasversale che ridefinisce competenze, professionalità e modelli organizzativi dell'intero sistema economico.

3.3 Scenari input-output e catene del valore

I modelli input-output sono strumenti di analisi economica che descrivono le interdipendenze tra settori, mostrando chi acquista cosa, da chi e in quale fase della filiera. Nella nostra prospettiva, sono particolarmente adatti a valutare gli effetti indiretti della transizione, perché consentono di seguire la propagazione di un cambiamento dimensionale o tecnologico attraverso gli acquisti intermedi (Miller and Blair, 2009).

Le tavole MRIO (Multi-Regional Input-Output) sono un'estensione dei modelli tradizionali input-output che include più paesi o regioni contemporaneamente, permettendo di analizzare le interdipendenze economiche e ambientali su scala globale. Nelle tavole MRIO, questa propagazione non si ferma ai confini nazionali: una variazione della domanda finale rivolta ai settori italiani può attivare occupazione in Italia, in altri paesi europei e nel resto del mondo. Questo aspetto è essenziale in un'economia integrata nelle catene globali del valore (Wood et al., 2015; Stadler et al., 2018).

EXIOBASE, impiegato nel presente rapporto, costituisce una delle principali applicazioni empiriche dell'approccio MRIO. Si tratta di un database internazionale, sviluppato da consorzi di ricerca europei, che integra informazioni economiche con dati ambientali e sociali. Accanto ai flussi monetari tra settori e paesi, il database contiene infatti indicatori relativi, tra gli altri, alle emissioni di gas serra, al consumo di energia, acqua e suolo, all'impiego di risorse materiali e alle attività estrattive. Tale struttura consente di valutare non solo gli effetti economici delle trasformazioni produttive, ma anche la loro impronta ambientale lungo l'intera catena di fornitura.

L'approccio di questo rapporto utilizza la logica degli scenari “what if” applicati alle tavole EXIOBASE. Come osservato da Wiebe et al. (2018), gli scenari presentati a partire da queste tavole non pretendono di prevedere deterministicamente la dinamica dell'economia futura. Applicano invece cambiamenti esogeni (shock) e coerenti a domanda finale e coefficienti tecnici, registrando gli effetti diretti e indiretti che ne derivano nei diversi scenari. Questo approccio ha un vantaggio di trasparenza: è esplicito nella proiezione di quale canale viene attivato (domanda o tecnologia) e quale ipotesi produce il risultato osservato. Ha però anche limiti specifici: non può catturare la dinamica futura dei prezzi, salari, vincoli di capacità, eventuali reazioni comportamentali, o cambiamenti endogeni delle quote commerciali (si pensi all'impatto di medio periodo dei dazi). Ciononostante, proprio per la sua chiarezza analitica e la capacità di isolare i canali contabili e i meccanismi di propagazione assunti nello scenario, esso rappresenta uno strumento particolarmente utile per orientare il dibattito e supportare decisioni di policy in contesti complessi come la transizione ecologica.

3.4 Occupazione, competenze e genere

Le analisi europee sugli effetti occupazionali del Green Deal indicano che l'impatto netto può essere positivo, ma fortemente differenziato tra settori e occupazioni. Cedefop sottolinea che la transizione verde genera domanda di nuove competenze, riqualificazione per lavoratori in settori in declino, *upskilling* per occupazioni che cambiano contenuto tecnico e nuovi profili professionali legati a tecnologie e processi verdi (Cedefop, 2021; Consoli et al., 2016; Vona et al., 2015, 2018; Brunetti et al., 2025; Unioncamere and Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, 2025). Ciò significa che il nodo principale non è solo creare nuova occupazione, ma assicurare che i lavoratori possano accedere alle competenze richieste.

Gli studi input-output sulla transizione rinnovabile mostrano l'importanza di distinguere effetti diretti e indiretti, occupazione domestica e spillover esteri, livelli di competenza e genere (Černý et al., 2021; Consoli et al., 2016; Bowen et al., 2018). In particolare, la separazione tra occupazione legata a investimenti e occupazione legata a gestione e manutenzione evidenzia che la transizione può avere fasi diverse: una fase di costruzione e installazione più intensa in alcuni settori industriali, e una fase più stabile associata alla gestione del nuovo sistema energetico. Inoltre, molti settori coinvolti nelle tecnologie rinnovabili e nell'ingegneria verde restano a prevalenza maschile. Senza politiche mirate, la transizione rischia quindi di riprodurre o rafforzare squilibri di genere.

Implicazione per l'analisi. Il rapporto adotta tre criteri coerenti con la letteratura: distinguere impatto diretto e indiretto; distinguere effetti nazionali e internazionali; interpretare i risultati non solo per settore, ma anche per genere e istruzione. La *transizione giusta* richiede infatti di sapere dove si sposta la domanda di lavoro, non solo se il saldo totale aumenta o diminuisce.

4. Dati e metodologia input-output

4.1 Base dati e unità di analisi

Come è stato anticipato, l'analisi utilizza tavole input-output multiregionali derivate da EXIOBASE, una base dati che integra flussi monetari tra paesi e settori con estensioni ambientali e sociali (Tukker et al., 2013; Stadler et al., 2018). Le tavole consentono di osservare, per ciascuna coppia paese-settore, gli scambi intermedi, la domanda finale, l'output lordo, le emissioni e l'occupazione. Il principale vantaggio di questa struttura è che i legami produttivi non sono circoscritti entro i confini nazionali. Una variazione della domanda finale rivolta a un settore può quindi attivare produzione, emissioni e occupazione nello stesso paese, in altri paesi europei o nel resto del mondo.

Per la parte statistico-descrittiva del rapporto si utilizzano i dati più recenti disponibili nella struttura EXIOBASE. Per gli esercizi di scenario, invece, l'anno base è il 2019. Questa scelta consente di evitare il 2020 come benchmark, dato il carattere eccezionale dello shock pandemico, e permette di costruire gli scenari rispetto a una struttura produttiva pre-crisi. I risultati occupazionali sono espressi in migliaia di persone. Nel rapporto, l'espressione "occupazione attivata" indica il lavoro associato alla produzione necessaria a soddisfare un determinato livello di domanda finale. Non si riferisce quindi a nuova occupazione osservata o a un fabbisogno amministrativo di lavoratori, ma a una misura contabile derivata dalla struttura input-output.

Nel codice, per ciascun settore-paese produttore, la domanda finale è ricondotta a un vettore ottenuto sommando le componenti di consumo e investimento provenienti da tutti i paesi di destinazione, con esclusione delle variazioni delle scorte, degli oggetti di valore e della componente denominata EXP. Il vettore misura quindi la domanda finale complessivamente rivolta alla produzione di ciascun settore-paese. Gli scenari modificano tale vettore e, nel secondo esercizio, anche la struttura tecnologica incorporata nei coefficienti tecnici.

Struttura semplificata della matrice input-output multiregionale.

La base contabile può essere rappresentata come una matrice a blocchi. Il nucleo centrale è la matrice degli scambi intermedi tra settori e paesi, $\mathbf{Z}$, che registra i beni e servizi utilizzati come input produttivi. A questa si affianca la domanda finale, indicata con $\mathbf{y}$, che raccoglie gli impieghi finali rivolti ai diversi settori-paese. Il vettore $\mathbf{x}$ misura invece l'output lordo. La struttura viene poi estesa con informazioni relative al valore aggiunto, all'occupazione e alle variabili ambientali. La Figura 1 rappresenta in forma semplificata la struttura contabile utilizzata per costruire gli scenari.

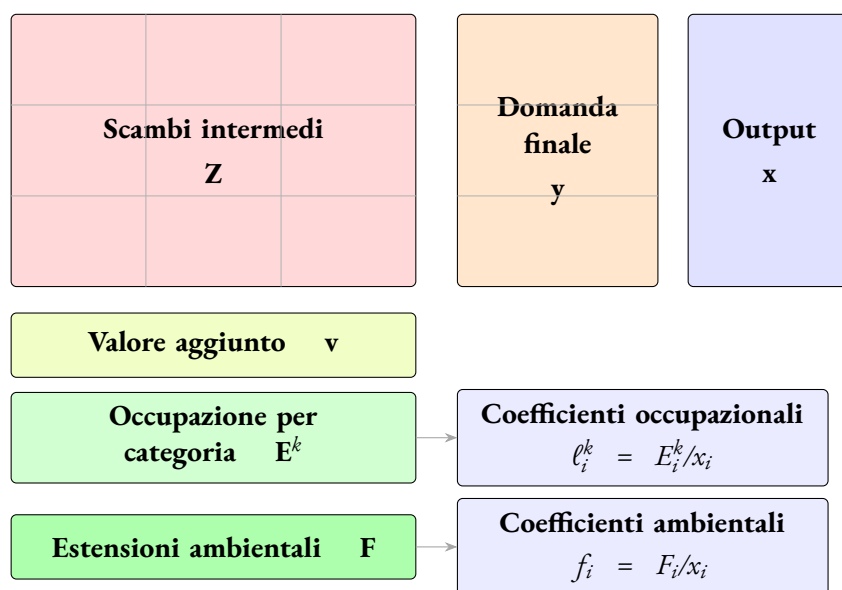


Figura 1 – Struttura contabile della matrice input-output multiregionale estesa

Fonte. Elaborazione degli autori. Nota. La figura rappresenta in forma schematica la struttura contabile utilizzata nell'analisi. La matrice $\mathbf{Z}$ raccoglie gli scambi intermedi tra settori e paesi; il vettore $\mathbf{y}$ rappresenta la domanda finale; il vettore $\mathbf{x}$ indica l'output lordo. Le righe di estensione associano alla produzione il valore aggiunto $\mathbf{v}$, l'occupazione per categoria k e le variabili ambientali $\mathbf{F}$. La matrice $\mathbf{Z}$ e il vettore $\mathbf{x}$ sono utilizzati per costruire la matrice dei coefficienti tecnici $\mathbf{A} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{x}}^{-1}$ e l'inversa di Leontief $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$. L'occupazione per unità di output definisce i coefficienti $\ell_i^k = E_i^k / x_i$, raccolti nel vettore $\boldsymbol{\ell}^k$ e utilizzati per calcolare l'occupazione attivata dalla domanda finale. La figura ha finalità illustrative e non riproduce il dettaglio completo della base dati utilizzata nell'analisi.

4.2 Dalla tavola MRIO all'occupazione attivata

Il punto di partenza è la matrice delle transazioni intermedie $\mathbf{Z}$, il vettore dell'output lordo $\mathbf{x}$ e il vettore della domanda finale $\mathbf{y}$. La matrice dei coefficienti tecnici è definita come:

$$\mathbf{A} = \widehat{\mathbf{Z}}\mathbf{x}^{-1}, \quad (1)$$

dove $\widehat{\mathbf{x}}$ è la matrice diagonale costruita dal vettore dell'output. L'elemento a_{ij} misura quante unità dell'input prodotto dal settore i sono necessarie per produrre una unità di output del settore j . La matrice inversa di Leontief è:

$$\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}. \quad (2)$$

Essa sintetizza il fabbisogno complessivo di produzione, diretto e indiretto, necessario a soddisfare un dato vettore di domanda finale. In particolare, il vettore dell'output attivato dalla domanda finale è:

$$\mathbf{q} = \mathbf{L}\mathbf{y}. \quad (3)$$

Per passare dall'output all'occupazione, si utilizzano coefficienti occupazionali settoriali. Per ogni categoria occupazionale k , il coefficiente è definito come:

$$\ell_i^k = \frac{E_i^k}{x_i}, \quad (4)$$

dove E_i^k indica l'occupazione della categoria k nel settore paese i e x_i è il corrispondente output lordo. Il coefficiente ℓ_i^k misura quindi quanta occupazione della categoria k è associata a una unità di output del settore i . I coefficienti ℓ_i^k sono raccolti nel vettore $\boldsymbol{\ell}^k$.

L'occupazione attivata dalla domanda finale può essere rappresentata dalla matrice:

$$\mathbf{N}^k = \widehat{\boldsymbol{\ell}^k} \mathbf{L} \widehat{\mathbf{y}}, \quad (5)$$

dove $\widehat{\boldsymbol{\ell}^k}$ e $\widehat{\mathbf{y}}$ indicano, rispettivamente, le matrici diagonali costruite dal vettore dei coefficienti occupazionali della categoria k e dal vettore della domanda finale. L'elemento N_{ij}^k misura l'occupazione della categoria k nel settore produttore i attivata dalla domanda finale rivolta al settore j . Questa forma matriciale è utile perché conserva due informazioni distinte: il settore in cui nasce la domanda finale e il settore in cui viene attivata l'occupazione lungo la catena del valore.

Sommando per colonna si ottiene l'occupazione complessivamente attivata dalla domanda finale di ciascun settore. Sommando per riga si ottiene invece l'occupazione localizzata in ciascun settore produttivo e attivata dall'insieme della domanda finale considerata.

4.3 Scomposizione geografica e componenti dell'occupazione

Per distinguere dove viene attivata l'occupazione, le righe e le colonne della matrice $\mathbf{N}^k$ sono raggruppate in tre blocchi geografici: Italia, UE esclusa l'Italia e resto del mondo. Indichiamo questi insiemi con

$\mathcal{I}_{IT}$, $\mathcal{I}_{EU}$ e $\mathcal{I}_{RoW}$. Concentrandoci sulle colonne relative ai settori localizzati in Italia, per ogni settore italiano $j \in \mathcal{I}_{IT}$ definiamo:

$$D_j^k = N_{jj}^k, \quad (6)$$

$$ID_j^k = \sum_{\substack{i \in \mathcal{I}_{IT} \\ i \neq j}} N_{ij}^k, \quad (7)$$

$$IEU_j^k = \sum_{i \in \mathcal{I}_{EU}} N_{ij}^k, \quad (8)$$

$$IRoW_j^k = \sum_{i \in \mathcal{I}_{RoW}} N_{ij}^k, \quad (9)$$

$$IF_j^k = IEU_j^k + IRoW_j^k, \quad (10)$$

$$T_j^k = D_j^k + ID_j^k + IF_j^k. \quad (11)$$

La componente D_j^k misura l'occupazione attivata nel medesimo settore italiano cui è rivolta la domanda finale ed è qui indicata, per convenzione, come occupazione “diretta nazionale”; poiché è calcolata attraverso l'inversa di Leontief, essa include anche le retroazioni di filiera che ricadono sul medesimo settore. La componente ID_j^k misura l'occupazione indiretta nazionale, cioè l'occupazione attivata negli altri settori italiani della filiera. Le componenti IEU_j^k e $IRoW_j^k$ misurano l'occupazione indiretta attivata rispettivamente negli altri paesi europei e nel resto del mondo. La somma di queste due componenti definisce l'indiretto estero, IF_j^k . Infine, T_j^k rappresenta l'occupazione totale attivata dalla domanda finale rivolta al settore italiano j .

Come leggere le componenti. Una variazione della componente diretta non coincide necessariamente con la variazione dell'occupazione totale attivata. Parte dell'effetto può infatti essere assorbita dai fornitori nazionali oppure spostarsi verso fornitori esteri. Per questo motivo, la scomposizione tra diretto nazionale, indiretto nazionale e indiretto estero consente di distinguere tra effetti localizzati nel settore esposto alla domanda finale ed effetti trasmessi lungo le filiere.

Collegamento con gli esercizi di scenario. Nel primo esercizio la tecnologia produttiva rimane fissata al 2019: la matrice $\mathbf{A}_{2019}$, l'inversa di Leontief $\mathbf{L}_{2019}$ e i coefficienti occupazionali ℓ_{2019} sono mantenuti costanti, mentre cambia il vettore della domanda finale. Nel secondo esercizio, lo scenario completo modifica sia la composizione della domanda finale sia la tecnologia incorporata nei coefficienti tecnici. In questo caso cambiano quindi anche la matrice dei coefficienti tecnici $\mathbf{A}_s$ e l'inversa di Leontief $\mathbf{L}_s$, utilizzate per calcolare l'occupazione attivata; una variante a domanda finale 2019 costante isola invece il solo canale tecnologico.

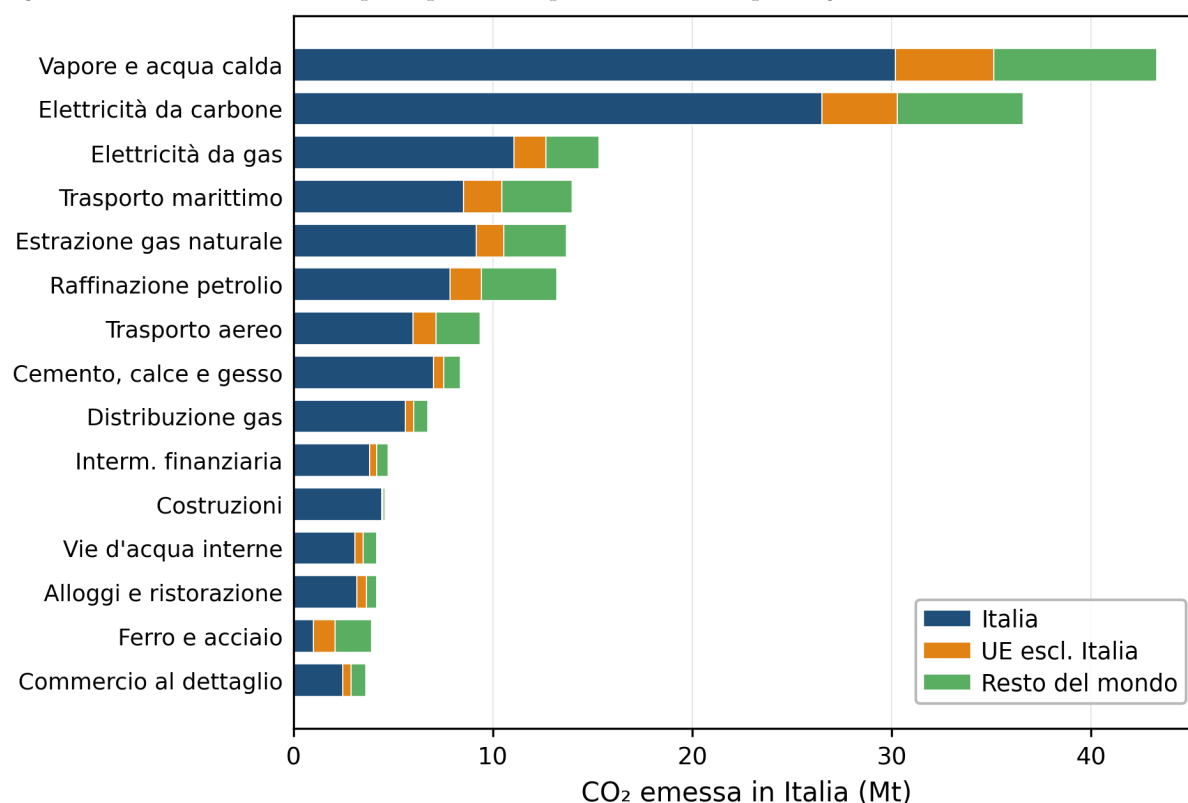
5. Fatti stilizzati: emissioni, valore aggiunto e occupazione in Italia

Prima degli esercizi di scenario è utile descrivere la struttura di partenza dell'economia italiana così come emerge dalla banca dati EXIOBASE. La domanda iniziale, con cui partire nell'analisi quantitativa, è se i settori rilevanti per la decarbonizzazione coincidano con quelli rilevanti per il valore aggiunto e per l'occupazione. Come emerge dalle figure successive, la risposta è negativa. Emissioni, peso economico e peso occupazionale sono concentrati, ma *non* negli stessi settori. Questo è il punto di partenza per una

lettura di transizione giusta: il rischio sociale non coincide meccanicamente con l'intensità emissiva, e la rilevanza ambientale non coincide necessariamente con la dimensione occupazionale.

5.1 Le emissioni sono concentrate in pochi settori

Figura 2 – Emissioni di CO₂ dei principali settori produttivi italiani per origine della domanda

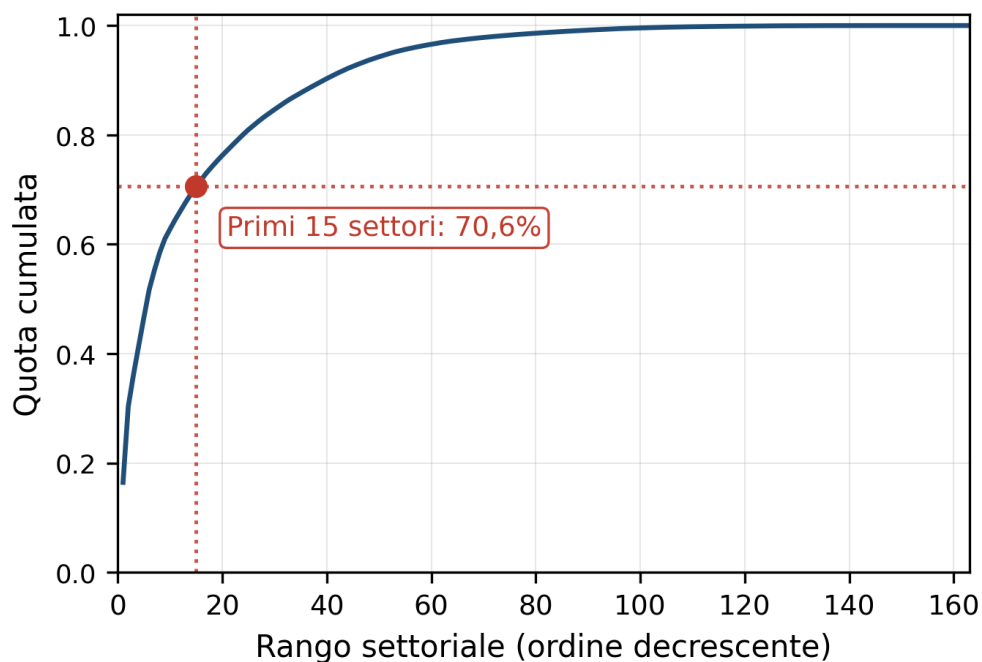


Nota. La figura riporta i primi 15 settori produttivi italiani per emissioni complessive di CO₂ fossile e di processo generate in Italia nel 2022. Le barre scompongono le emissioni in base all'origine della domanda finale che le attiva: Italia, UE esclusa l'Italia e resto del mondo.

La Figura 2 mostra che le emissioni territoriali italiane di CO₂ sono fortemente concentrate. Ai primi posti compaiono attività energetiche, generazione elettrica da fonti fossili, raffinazione, trasporti e comparti legati ai materiali. Questa struttura è coerente con la natura fisica della decarbonizzazione: le maggiori pressioni emissive si collocano dove combustione, trasformazione energetica e processi industriali sono più intensi.

La distinzione per origine della domanda finale aggiunge un'informazione rilevante. Una parte delle emissioni italiane è collegata alla domanda interna, ma una quota può essere attivata anche da domanda europea o extra-europea. Questo significa che le politiche nazionali incidono sui settori produttivi localizzati in Italia, ma la domanda che sostiene tali emissioni può essere distribuita su mercati diversi. In termini di politica industriale, decarbonizzare questi settori non significa solo ridurre le emissioni domestiche: significa preservare competitività in catene del valore in cui la pressione ambientale viene anche da clienti, regolatori e standard internazionali.

La Figura 3 evidenzia la concentrazione: una quota elevata delle emissioni è generata da un numero limitato di settori. Questo non significa che la transizione riguardi solo quei settori, ma indica che la riduzione diretta delle emissioni passa inevitabilmente per pochi nodi strategici. Dal punto di vista del policy design, ciò suggerisce che una parte dell'azione può essere molto mirata: elettricità, raffinazione,

Figura 3 – Concentrazione settoriale delle emissioni di CO₂ in Italia

Nota. La figura mostra la quota cumulata delle emissioni di CO₂ fossile e di processo generate dai settori produttivi italiani nel 2022, ordinati in senso decrescente rispetto alle emissioni totali. Le linee tratteggiate evidenziano il contributo dei primi 15 settori, pari al 70,6% delle emissioni complessive considerate.

calore, trasporti e materiali richiedono tecnologie, infrastrutture e investimenti specifici. Tuttavia, proprio perché questi nodi sono a monte delle catene complessive del valore, i loro cambiamenti possono trasmettersi a valle attraverso prezzi, input disponibili, standard produttivi e riorganizzazione delle forniture.

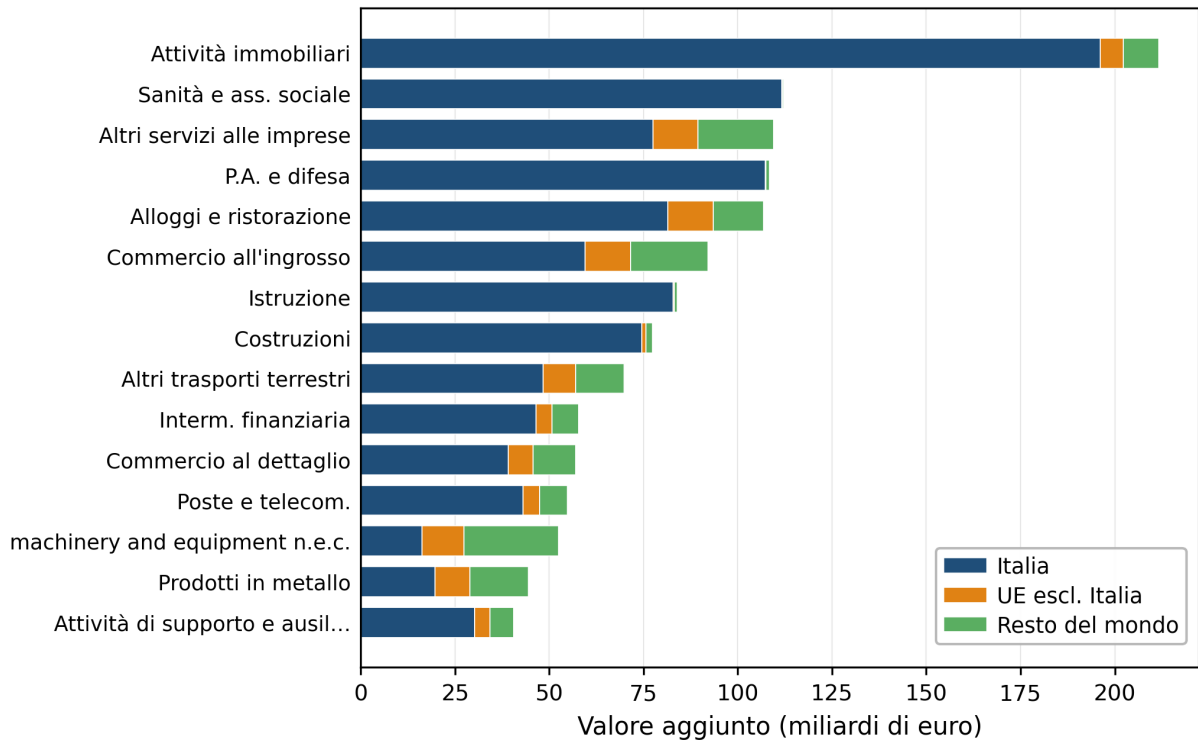
5.2 Il valore aggiunto e l'occupazione seguono una geografia diversa

La Figura 4 mostra però che la graduatoria del valore aggiunto è dominata da attività immobiliari, sanità, pubblica amministrazione, istruzione, commercio e servizi. Il contrasto con le emissioni è netto: i settori ambientalmente centrali non sono necessariamente quelli economicamente più grandi. Questa separazione è importante perché una politica climatica può produrre effetti macroeconomici contenuti pur agendo su settori molto emissivi; allo stesso tempo può generare effetti indiretti rilevanti se modifica input fondamentali per settori ad alto valore aggiunto.

La lettura congiunta di emissioni e valore aggiunto consente anche di distinguere due tipi di vulnerabilità. Nei settori ad alta emissione e alto valore economico, la sfida è preservare capacità produttiva e competitività mentre si riducono le emissioni. Nei settori ad alta emissione ma basso valore aggiunto, la priorità può essere la riconversione tecnologica e la gestione degli asset. Nei settori a basso impatto diretto ma elevato valore aggiunto, l'attenzione deve invece andare agli effetti indiretti: costi energetici, investimenti pubblici e privati, domanda dei consumatori e dipendenze di filiera.

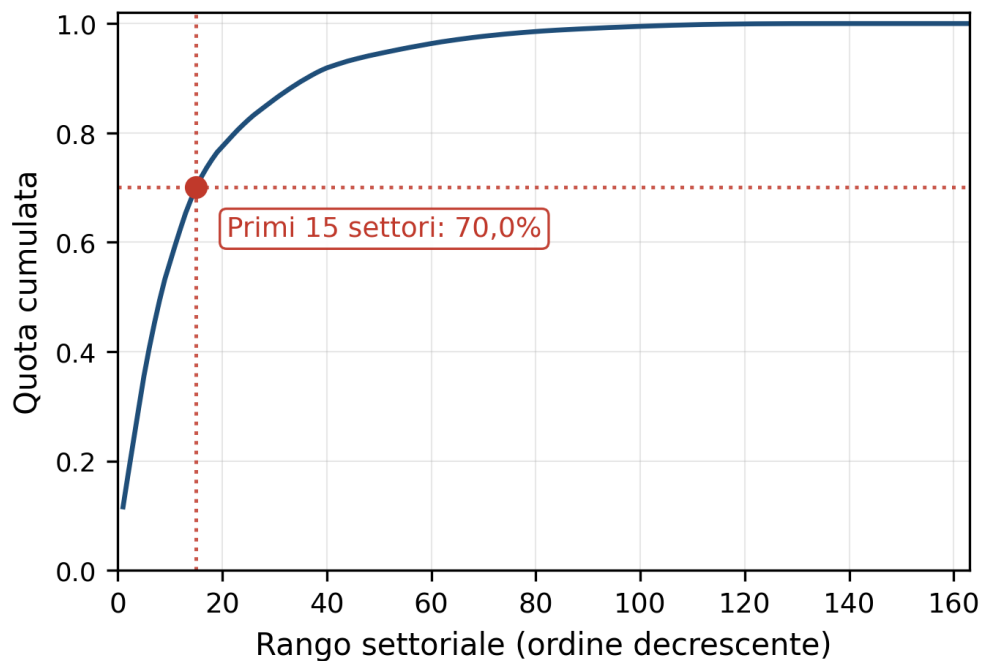
La Figura 5 mostra che anche il valore aggiunto è concentrato, ma in una diversa composizione settoriale. La transizione presenta quindi un problema di allineamento: le politiche ambientali incidono su settori molto emissivi, mentre gran parte del valore economico si colloca altrove e può essere coinvolta solo indirettamente. Un rapporto sulla transizione del lavoro deve quindi evitare due semplificazioni opposte: da un lato l'idea che basti trasformare pochi settori fossili; dall'altro l'idea che ogni settore sia

Figura 4 – Valore aggiunto dei principali settori produttivi italiani per origine della domanda



Nota. La figura riporta i primi 15 settori produttivi italiani per valore aggiunto generato in Italia nel 2022. Le barre scompongono il valore aggiunto in base all'origine della domanda finale che lo attiva: Italia, UE esclusa l'Italia e resto del mondo. I valori sono espressi in miliardi di euro.

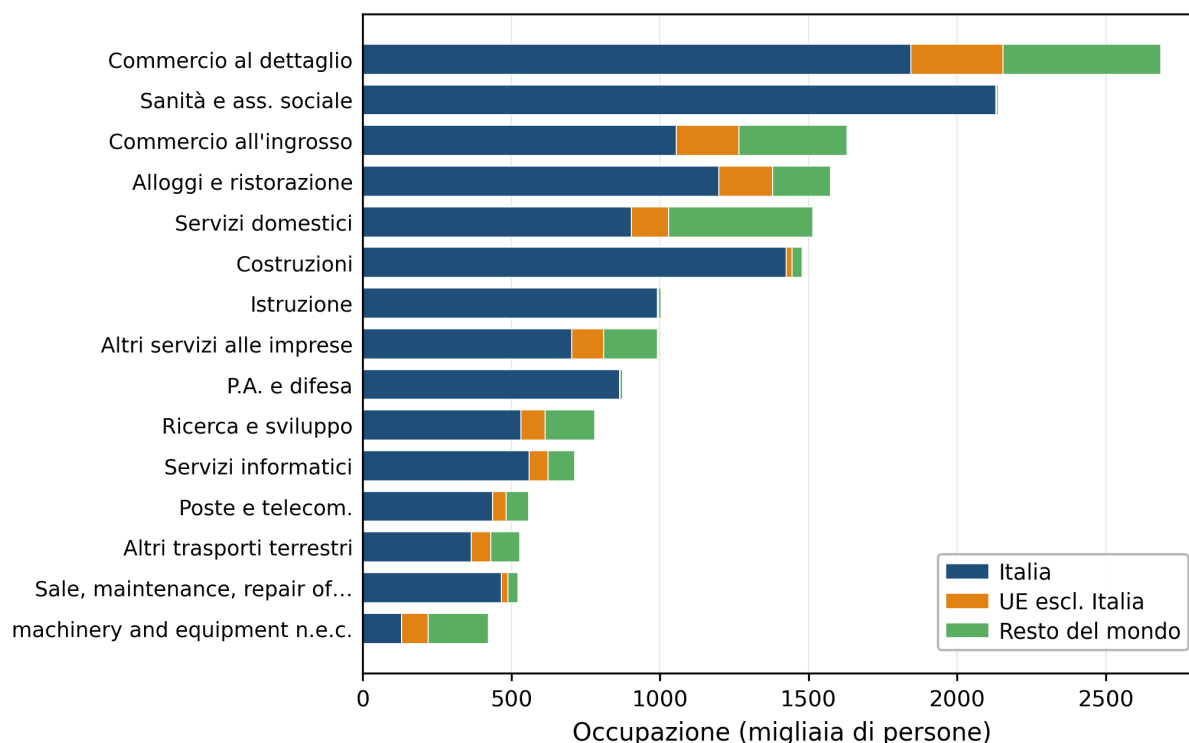
Figura 5 – Concentrazione settoriale del valore aggiunto in Italia



Nota. La figura mostra la quota cumulata del valore aggiunto generato dai settori produttivi italiani nel 2022. Le linee tratteggiate evidenziano il contributo dei primi 15 settori, pari al 70,0% del valore aggiunto complessivo considerato.

esposto nello stesso modo. Le evidenze mostrano invece una gerarchia di esposizioni molto differenziata.

Figura 6 – Occupazione dei principali settori produttivi italiani per origine della domanda



Nota. La figura riporta i primi 15 settori produttivi italiani per occupazione attivata in Italia nel 2022. Le barre scompongono l'occupazione in base all'origine della domanda finale che la attiva: Italia, UE esclusa l'Italia e resto del mondo. I valori sono espressi in migliaia di persone.

La Figura 6 conferma che la struttura occupazionale è dominata da servizi *labour-intensive*: commercio, sanità, ristorazione e alberghi, costruzioni, istruzione e servizi alla persona. Molti grandi datori di lavoro hanno emissioni dirette limitate, mentre alcuni settori molto emissivi occupano relativamente pochi lavoratori. Questa è una delle ragioni per cui il saldo aggregato dell'occupazione può essere relativamente piccolo anche quando la transizione è tecnologicamente profonda: i settori più emissivi non sempre assorbono grandi volumi di lavoro diretto.

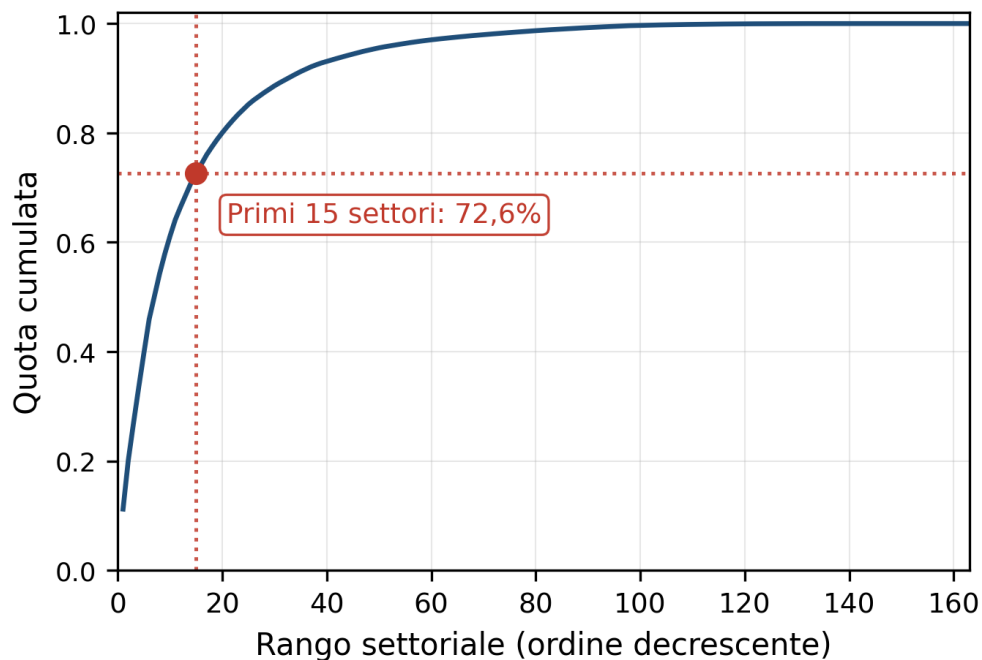
Per una transizione giusta, però, questo non riduce il problema sociale. I settori ad alta occupazione possono essere colpiti indirettamente da cambiamenti nella domanda, nei costi energetici, negli investimenti pubblici o nella composizione della spesa delle famiglie. Inoltre, i settori a bassa occupazione ma alta emissione possono essere concentrati territorialmente o professionalmente, generando effetti locali molto intensi anche se il peso nazionale appare contenuto.

La Figura 7 rafforza il punto: anche l'occupazione è concentrata, ma non nei medesimi settori delle emissioni. Il problema della transizione giusta nasce precisamente da questa non coincidenza tra rilevanza ambientale e rilevanza sociale. Una politica climatica efficiente dal punto di vista emissivo può non essere automaticamente equa dal punto di vista occupazionale; viceversa, una politica del lavoro efficace deve conoscere quali settori e quali lavoratori sono esposti direttamente e indirettamente.

5.3 Mappa congiunta: ambiente, economia e lavoro

La Figura 8 distingue settori ad alta rilevanza ambientale e basso peso economico da settori economicamente centrali ma poco emissivi. La transizione genera quindi tensioni diverse: in alcuni casi l'urgenza

Figura 7 – Concentrazione settoriale dell'occupazione attivata in Italia



Nota. La figura mostra la quota cumulata dell'occupazione attivata dai settori produttivi italiani nel 2022. Le linee tratteggiate evidenziano il contributo dei primi 15 settori, pari al 72,6% dell'occupazione complessiva considerata.

è tecnologica e ambientale; in altri la questione è come evitare che shock indiretti colpiscano grandi bacini occupazionali. La dimensione delle bolle ricorda che il valore aggiunto non esaurisce il problema: un settore può avere un peso economico limitato, ma sostenere una quota occupazionale o territoriale significativa.

La mappa suggerisce anche una gerarchia di strumenti. Nei settori in alto a sinistra, dove le emissioni sono elevate ma il valore aggiunto è contenuto, servono investimenti selettivi, riconversione e gestione degli asset. Nei settori in alto a destra, dove emissioni e valore economico sono entrambi rilevanti, la decarbonizzazione deve essere compatibile con competitività e continuità produttiva. Nei settori in basso a destra, poco emissivi ma economicamente grandi, il focus è sugli effetti indiretti e sulla qualità del lavoro.

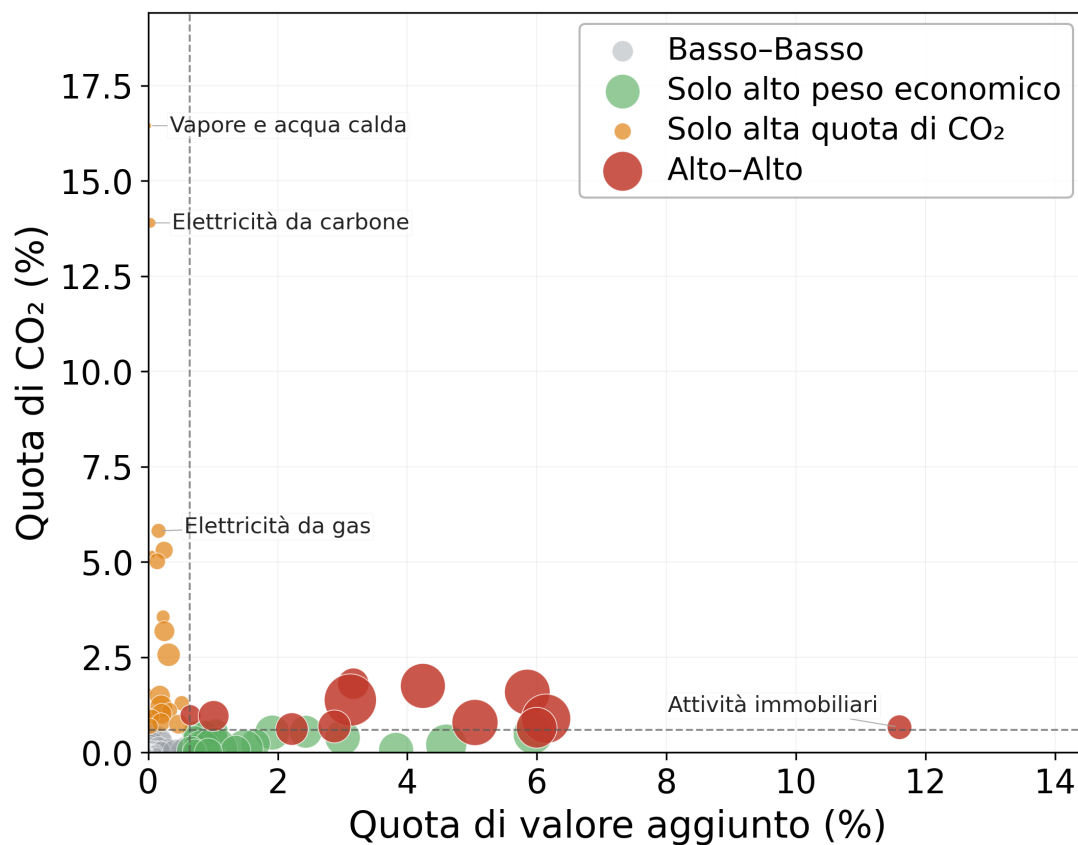
La Figura 9 è centrale per la lettura occupazionale. Molti settori ad alta emissione sono collocati nella regione alta emissione/bassa occupazione, mentre grandi datori di lavoro si trovano nella regione bassa emissione/alta occupazione. Una politica basata solo sulle emissioni dirette rischierebbe quindi di sottovalutare le ricadute occupazionali indirette.

La figura aiuta anche a chiarire il concetto di “settore vulnerabile”. La vulnerabilità può derivare da alta emissione, da alta intensità energetica, da elevata occupazione, da bassa qualificazione, da concentrazione territoriale o da dipendenza da una specifica domanda finale. Un settore può essere vulnerabile per una sola di queste dimensioni o per la loro combinazione. Per questo il rapporto prosegue con indicatori di intensità carbonica, uso di energia e profili di competenza.

5.4 Intensità carbonica, uso di energia e profili del lavoro

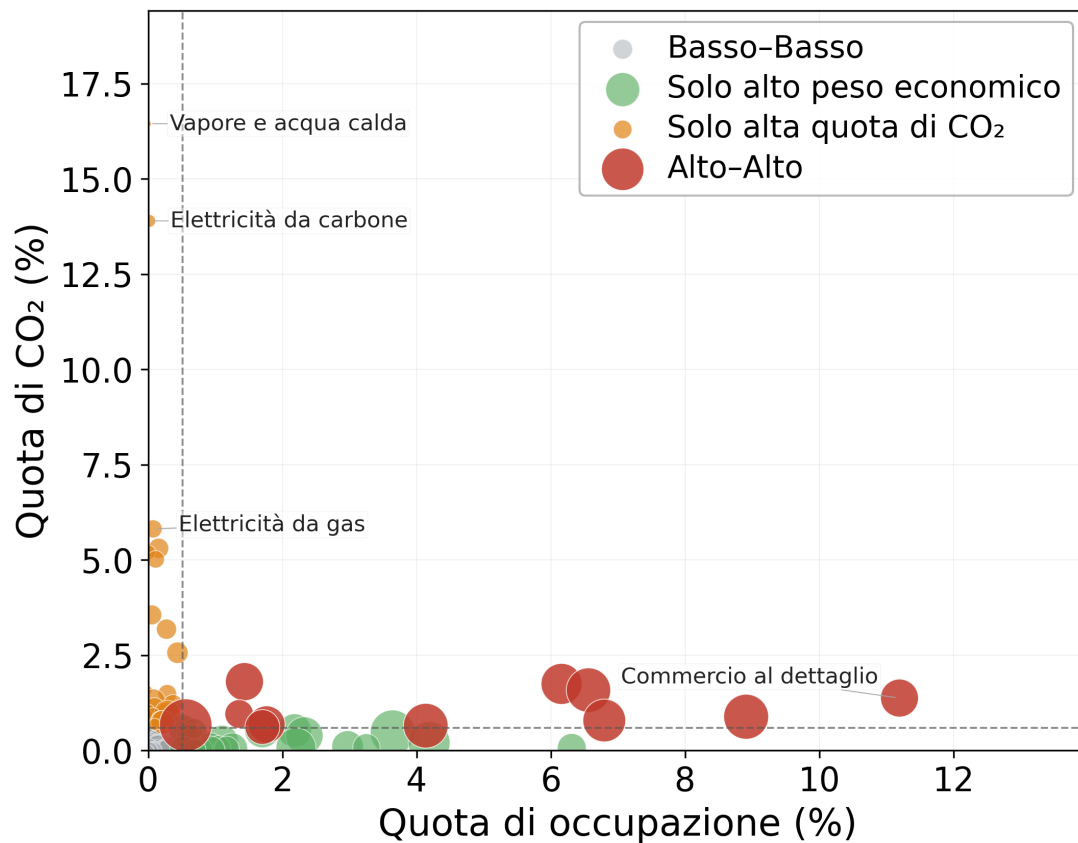
La Figura 10 identifica i settori in cui le emissioni sono elevate rispetto al valore economico generato. Questi comparti sono esposti a pressioni di abbattimento particolarmente forti, perché una quota elevata di emissioni è associata a una base di valore aggiunto relativamente ridotta. In presenza di prezzi

Figura 8 – Emissioni di CO₂, valore aggiunto e occupazione per settore produttivo



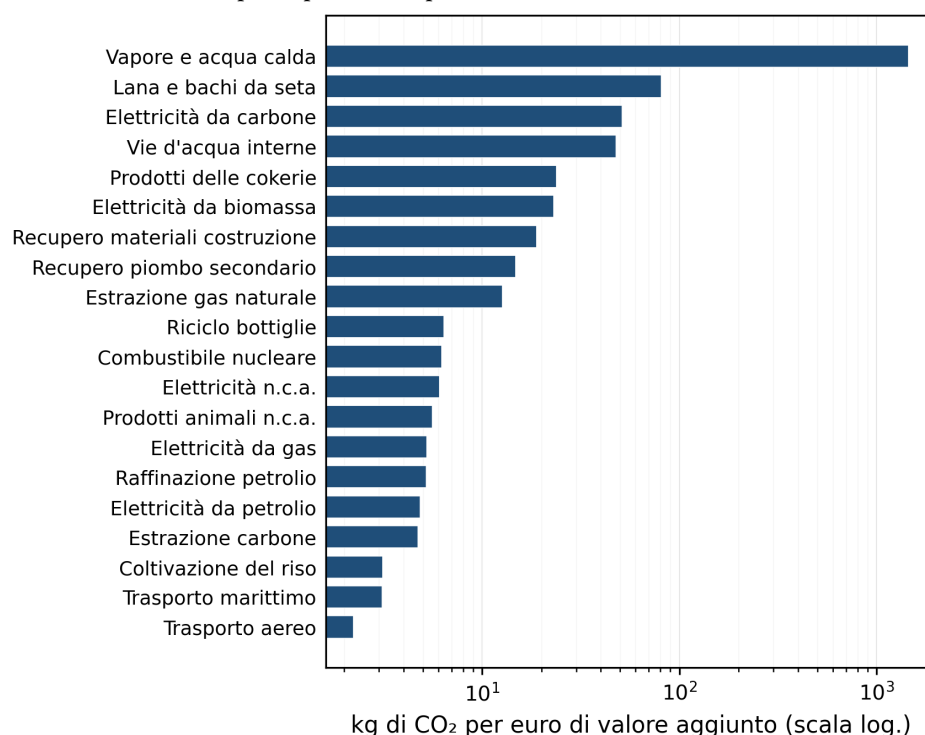
Nota. La figura confronta, per ciascun settore produttivo italiano nel 2022, la quota sulle emissioni complessive di CO₂ fossile e di processo e la quota sul valore aggiunto totale. La dimensione delle bolle è proporzionale all'occupazione attivata dal settore. Le linee tratteggiate separano i settori a maggiore o minore peso relativo in termini ambientali ed economici; i colori distinguono le combinazioni tra elevata intensità emissiva, elevato peso economico o entrambe le dimensioni.

Figura 9 – Emissioni di CO₂, occupazione e valore aggiunto per settore produttivo



Nota. La figura confronta, per ciascun settore produttivo italiano nel 2022, la quota sulle emissioni complessive di CO₂ fossile e di processo e la quota sull'occupazione attivata totale. La dimensione delle bolle è proporzionale al valore aggiunto generato dal settore. Le linee tratteggiate separano i settori a maggiore o minore peso relativo in termini ambientali e occupazionali; i colori distinguono le combinazioni tra elevata intensità emissiva, elevato peso occupazionale o entrambe le dimensioni.

Figura 10 – Intensità emissiva dei principali settori produttivi italiani



Nota. La figura riporta i primi 20 settori produttivi italiani per intensità di CO₂ fossile e di processo nel 2022. L'intensità emissiva è misurata come chilogrammi di CO₂ per euro di valore aggiunto. L'asse orizzontale è in scala logaritmica.

del carbonio, standard ambientali o investimenti obbligati, questi settori possono trovarsi di fronte a un rapporto più difficile tra costi di decarbonizzazione e capacità economica di assorbirli.

L'indicatore va però letto insieme alla scala settoriale. Una elevata intensità non implica automaticamente un grande impatto macroeconomico; segnala piuttosto un punto di vulnerabilità tecnologica e competitiva. In termini di politiche pubbliche, può indicare dove servono strumenti di investimento, accesso al credito, sostegno all'innovazione o coordinamento di filiera.

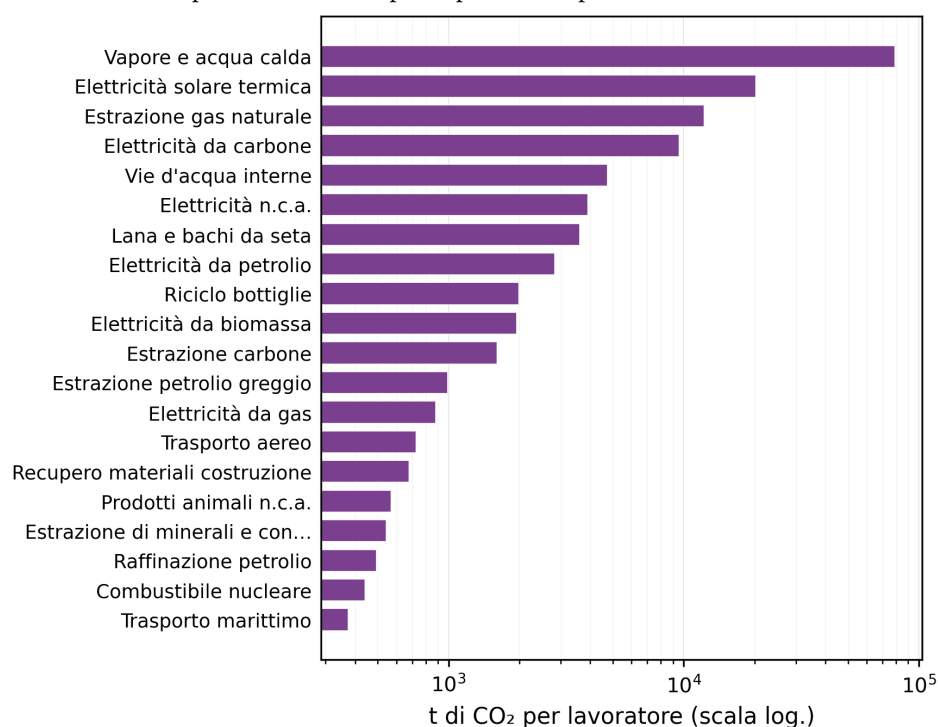
La Figura 11 mostra i settori in cui pochi lavoratori sono associati a emissioni dirette molto elevate. Questo indicatore aiuta a distinguere tra intensità ambientale e vulnerabilità sociale. Un settore può essere cruciale per la decarbonizzazione anche se non rappresenta un grande bacino occupazionale diretto; allo stesso tempo, una riduzione dell'output in quel settore può avere effetti indiretti su fornitori, servizi locali e territori specializzati.

La lettura per lavoratore è particolarmente utile per evitare interpretazioni fuorvianti. Se un settore ha alte emissioni per addetto, l'intervento climatico può ottenere grandi riduzioni emissive con un impatto diretto relativamente limitato sull'occupazione nazionale. Ma questo non elimina la necessità di accompagnamento: i lavoratori coinvolti possono avere competenze specifiche, localizzazione territoriale concentrata e percorsi di ricollocazione non automatici.

La Figura 12 collega le emissioni alla struttura energetica. Raffinazione, fornitura di vapore e generazione elettrica fossile restano nodi centrali. La decarbonizzazione dell'economia italiana passa dunque da pochi settori energetici, ma i suoi effetti occupazionali si diffondono attraverso molti settori utilizzatori. Questa distinzione è particolarmente importante per il secondo esercizio, dove l'elettrificazione viene modellata modificando gli input energetici dei settori target.

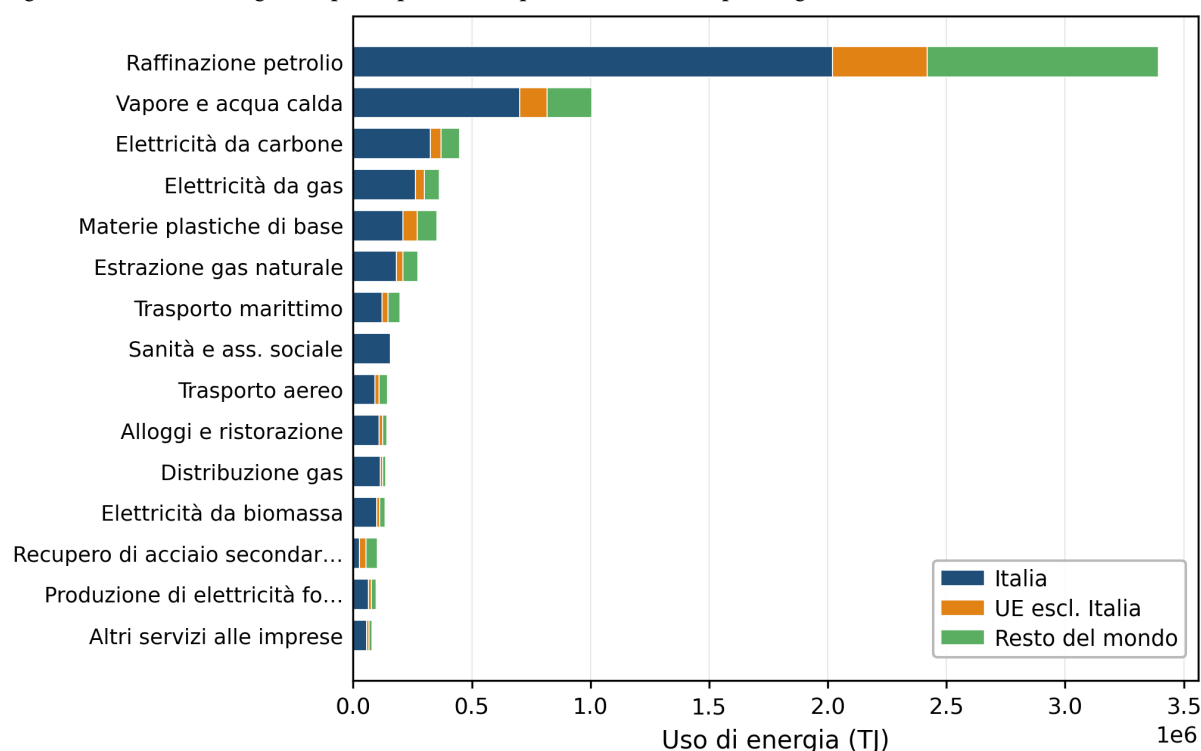
L'uso di energia non coincide perfettamente con le emissioni. Un settore può utilizzare molta energia

Figura 11 – Intensità emissiva per lavoratore nei principali settori produttivi italiani



Nota. La figura riporta i primi 20 settori produttivi italiani per intensità di CO₂ fossile e di processo per lavoratore nel 2022. L'intensità emissiva è misurata come tonnellate di CO₂ per persona occupata. L'asse orizzontale è in scala logaritmica.

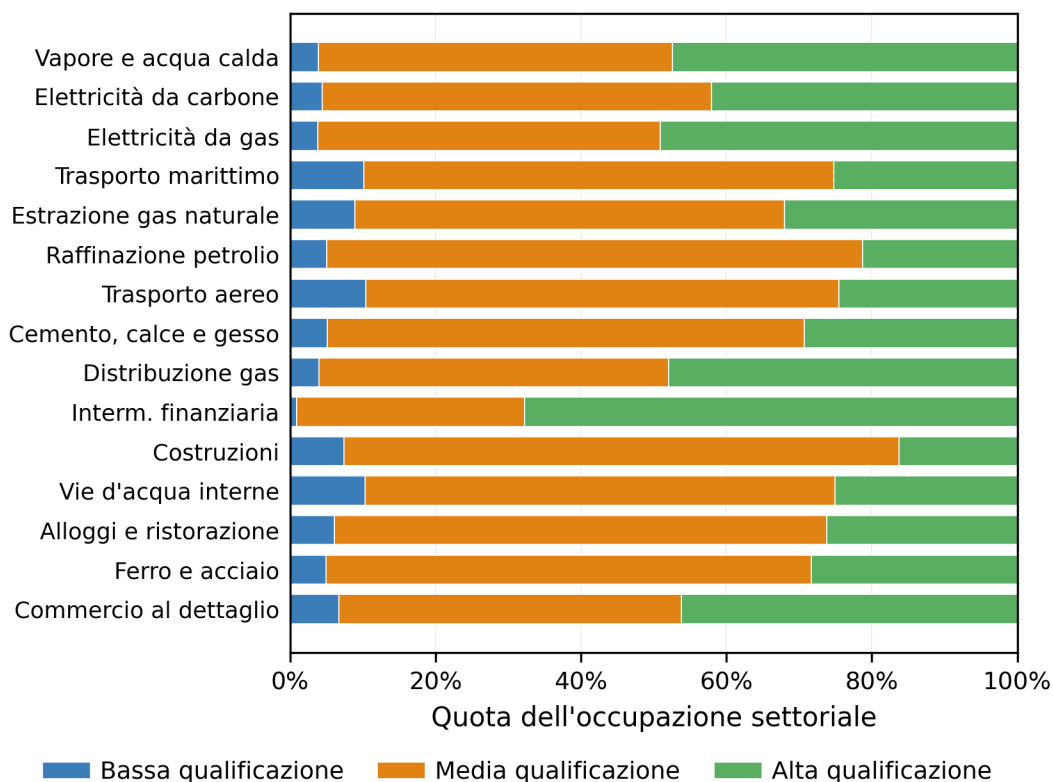
Figura 12 – Uso di energia dei principali settori produttivi italiani per origine della domanda



Nota. La figura riporta i primi 15 settori produttivi italiani per uso totale di energia nel 2022. Le barre scompongono l'uso di energia in base all'origine della domanda finale che lo attiva: Italia, UE esclusa l'Italia e resto del mondo. I valori sono espressi in terajoule, Tj.

ma avere emissioni più basse se l'energia è elettrica e il mix è più pulito; viceversa, può generare emissioni elevate se utilizza combustibili fossili o processi industriali emissivi. Questo spiega perché nel rapporto distinguiamo tre elementi: quantità di energia, composizione degli input energetici e mix di generazione elettrica.

Figura 13 – Composizione per livello di competenze nei principali settori italiani per emissioni di CO₂



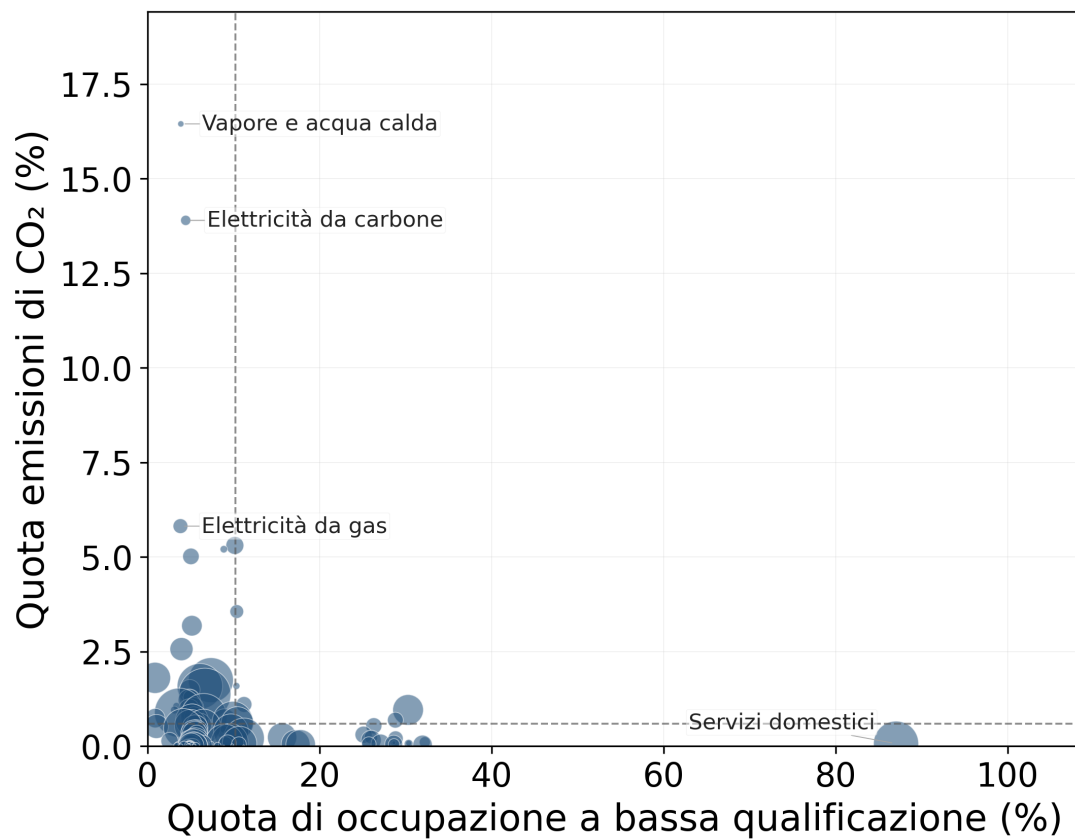
Nota. La figura riporta la composizione dell'occupazione attivata in Italia per livello di competenze nei 15 settori produttivi con le maggiori emissioni complessive di CO₂ fossile e di processo nel 2022. Per ciascun settore, le barre mostrano la quota di occupazione a bassa, media e alta qualificazione sul totale dell'occupazione settoriale. Le quote sono espresse in termini relativi e sommano a uno in ogni settore.

La Figura 13 mostra che i settori ad alta emissione non hanno un unico profilo di competenze. Alcuni sono dominati da lavoratori a media qualificazione, altri hanno una componente tecnica e ad alta qualificazione più visibile. Di conseguenza, i fabbisogni di riqualificazione saranno eterogenei: non basta parlare genericamente di “lavoratori dei settori fossili”. Occorre distinguere tra profili operativi, tecnici, ingegneristici, manutentivi e gestionali.

Questa evidenza è coerente con la letteratura sulle competenze verdi. La transizione può richiedere reskilling per lavoratori in occupazioni in declino, upskilling per occupazioni che restano ma cambiano contenuto tecnico, e formazione di nuovi profili per attività emergenti (Cedefop, 2021; Consoli et al., 2016; Vona et al., 2015, 2018; Brunetti et al., 2025; Unioncamere and Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, 2025). La figura segnala quindi la necessità di politiche formative settoriali, non generiche e differenziate.

La Figura 14 combina rilevanza ambientale e esposizione occupazionale a bassa qualificazione. Il messaggio è chiaro: i settori più importanti per le emissioni non coincidono sempre con quelli a maggiore vulnerabilità occupazionale. La transizione giusta richiede quindi una mappa congiunta di emissioni, occupazione, competenze e filiere.

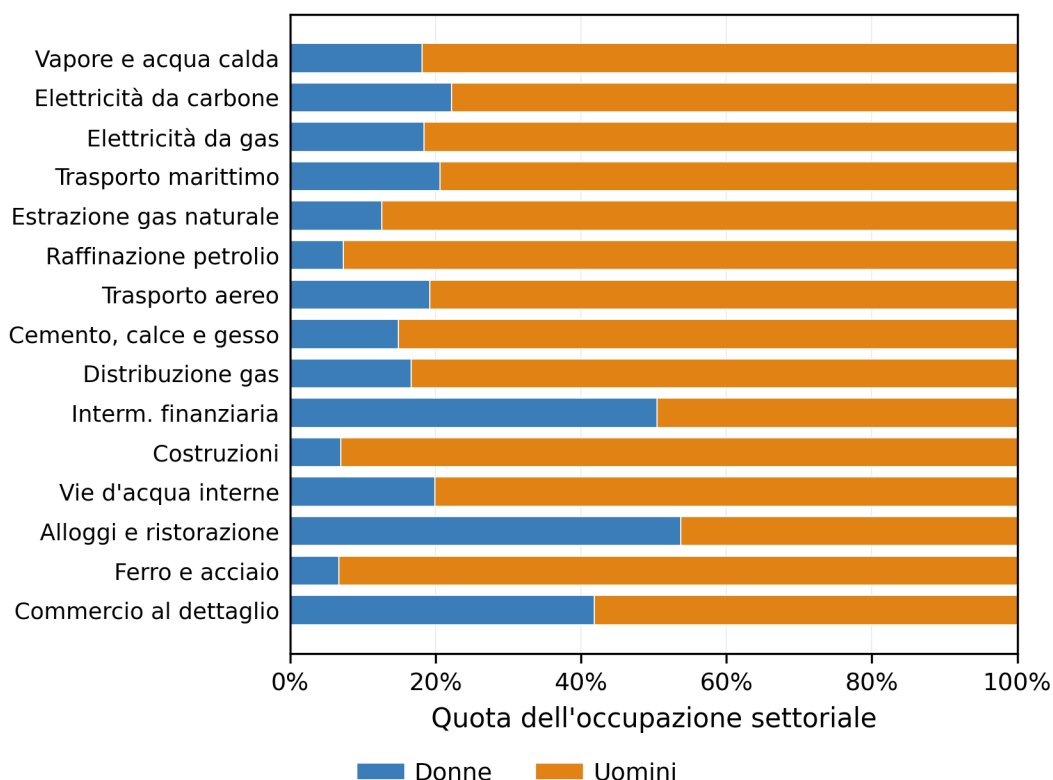
Figura 14 – Rilevanza emissiva e occupazione a bassa qualificazione nei settori produttivi italiani



Nota. La figura confronta, per ciascun settore produttivo italiano nel 2022, la quota sulle emissioni complessive di CO₂ fossile e di processo e la quota di occupazione a bassa qualificazione sul totale dell'occupazione settoriale. La dimensione delle bolle è proporzionale alla quota occupazionale del settore. Le linee tratteggiate individuano soglie di riferimento per distinguere i settori con maggiore rilevanza emissiva e maggiore esposizione occupazionale a bassa qualificazione.

Questa mappa è utile per individuare priorità di intervento. I settori con alta emissione e alta quota di occupazione a bassa qualificazione richiedono protezione e riqualificazione più intense, perché combinano pressione ambientale e fragilità occupazionale. I settori con alta emissione ma quota di occupazione a bassa qualificazione più contenuta richiedono soprattutto upgrading tecnologico e formazione tecnica. I settori con bassa emissione ma alta quota di occupazione a bassa qualificazione possono essere meno centrali per la decarbonizzazione diretta, ma restano rilevanti per la coesione sociale e per gli effetti indiretti della riallocazione della domanda.

Figura 15 – Composizione per genere nei principali settori italiani per emissioni di CO₂



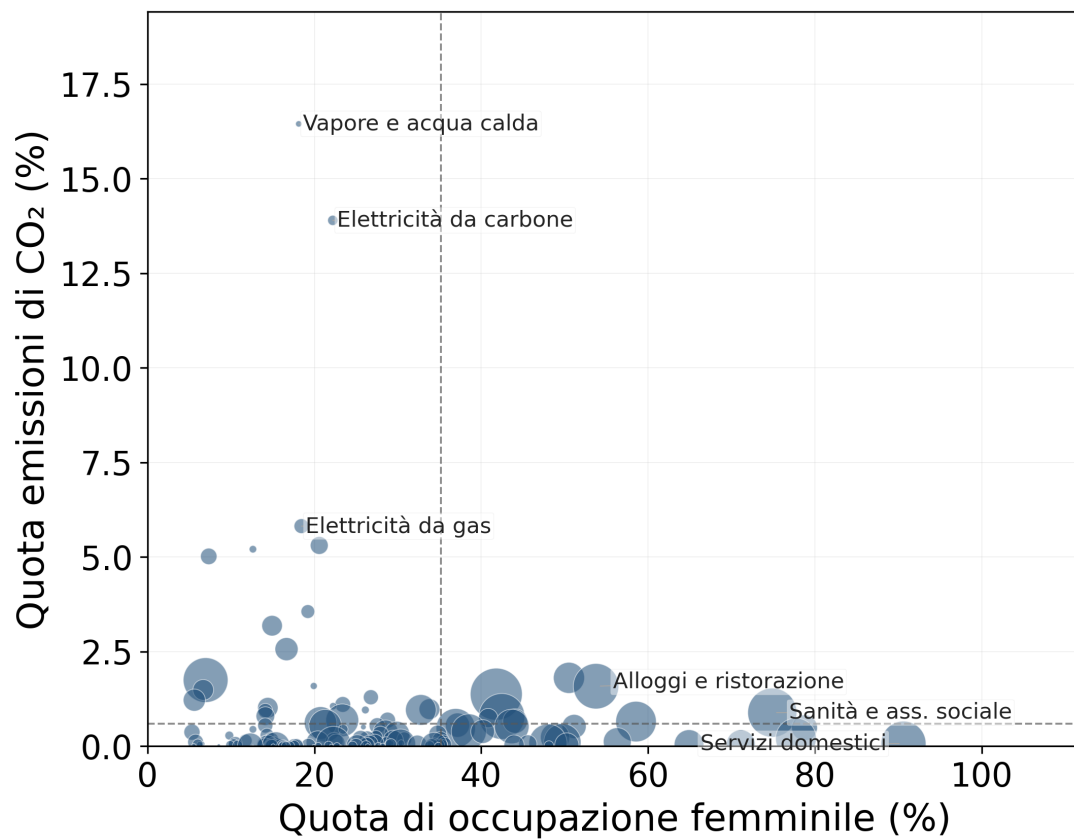
Nota. La figura riporta la composizione dell'occupazione attivata in Italia per genere nei 15 settori produttivi con le maggiori emissioni complessive di CO₂ fossile e di processo nel 2022. Per ciascun settore, le barre mostrano la quota di occupazione femminile e maschile sul totale dell'occupazione settoriale. Le quote sono espresse in termini relativi e sommano a uno in ogni settore.

La Figura 15 aggiunge una dimensione distributiva alla mappa dei settori emissivi. Nei principali comparti per emissioni, l'occupazione è spesso prevalentemente maschile, soprattutto nelle attività energetiche, nella raffinazione, nei trasporti e nei materiali. Questo riflette una segmentazione settoriale del mercato del lavoro: molti nodi direttamente coinvolti dalla decarbonizzazione sono comparti industriali, energetici e logistici in cui la presenza maschile resta dominante.

La figura mostra però anche che questa regolarità non è uniforme. Alcuni settori presenti tra i principali emettitori, come intermediazione finanziaria, alloggi e ristorazione e commercio al dettaglio, presentano quote femminili più elevate. Ne deriva che la transizione non ha un profilo di genere univoco. Le misure che agiscono sui settori più emissivi possono avere effetti diretti più concentrati sull'occupazione maschile, ma gli effetti indiretti della riallocazione della domanda possono coinvolgere in modo rilevante anche settori a maggiore presenza femminile.

La Figura 16 conferma che rilevanza emissiva e composizione di genere seguono geografie diverse. I settori con maggiore quota di emissioni, come vapore e acqua calda, elettricità da carbone ed elettricità

Figura 16 – Rilevanza emissiva e occupazione femminile nei settori produttivi italiani



Nota. La figura confronta, per ciascun settore produttivo italiano nel 2022, la quota sulle emissioni complessive di CO₂ fossile e di processo e la quota di occupazione femminile sul totale dell'occupazione settoriale. La dimensione delle bolle è proporzionale alla quota occupazionale del settore. Le linee tratteggiate individuano soglie di riferimento per distinguere i settori con maggiore rilevanza emissiva e maggiore presenza femminile.

da gas, tendono a collocarsi nella parte alta della figura ma con quote relativamente basse di occupazione femminile. Al contrario, settori con elevata presenza femminile, come sanità e assistenza sociale, servizi domestici e alloggi e ristorazione, hanno in genere una quota emissiva diretta più contenuta.

Questa evidenza è importante per la lettura di transizione giusta. Se si guarda solo alle emissioni dirette, l'esposizione appare concentrata in comparti a prevalenza maschile. Se invece si considera l'intero processo di riallocazione settoriale, la dimensione di genere diventa più ampia: cambiamenti nella domanda, nei prezzi energetici, negli investimenti pubblici e nella composizione dei consumi possono interessare anche settori a maggiore occupazione femminile. Per questo, oltre alla qualificazione professionale, anche la composizione di genere deve essere considerata nella valutazione degli effetti distributivi della transizione ecologica.

5.5 Alcune implicazioni

I fatti stilizzati discussi nei paragrafi precedenti suggeriscono una serie di conclusioni. Primo, in Italia le emissioni di CO₂ sono concentrate in *pochi* settori energetici, di raffinazione, trasporto e materiali. Secondo, valore aggiunto e occupazione sono concentrati in comparti *diversi* da quelli delle emissioni, soprattutto servizi e commercio. Terzo, la mancata sovrapposizione tra rilevanza ambientale e rilevanza occupazionale rende *insufficiente una lettura solo emissiva della transizione*. Quarto, intensità carbonica e intensità per lavoratore aiutano a identificare i settori in cui la pressione tecnologica è più forte, ma non misurano da sole la *vulnerabilità sociale*. Infine, competenze e quota di occupazione a bassa qualificazione variano molto tra settori emissivi: le *politiche di formazione e ricollocazione* devono quindi essere settorialmente specifiche.

La principale implicazione operativa è che la transizione non può essere valutata attraverso un unico indicatore sintetico. È invece necessario adottare un vero e proprio cruscotto di monitoraggio, capace di integrare dimensioni diverse: emissioni, valore aggiunto, occupazione, fabbisogni energetici, competenze, distribuzione di genere e articolazione delle filiere produttive. In questa prospettiva si collocano gli scenari basati su modelli input-output presentati nelle sezioni successive: essi non si limitano a osservare gli effetti complessivi a livello nazionale, ma ne scompongono l'evoluzione lungo le principali componenti - filiere, settori, genere e livelli di istruzione - restituendo così una lettura più granulare e informativa dei processi in atto.

6. Logica contabile degli esercizi di scenario

Gli esercizi presentati nelle sezioni successive sono costruiti come simulazioni di contabilità input-output multiregionale. Si tratta di scenari controfattuali che modificano in modo esplicito alcune componenti della struttura economica per misurare gli effetti sull'occupazione attivata in Italia. Nel modello input-output, la domanda finale $\mathbf{y}$ rappresenta gli impieghi finali di beni e servizi. L'output $\mathbf{x}$ è invece la produzione *lorda* necessaria a soddisfare tale domanda, includendo anche gli scambi *intermedi* lungo le filiere. Valore aggiunto e occupazione sono poi ottenuti applicando all'output i corrispondenti coefficienti settoriali. L'output è quindi determinato dalla relazione $\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} = \mathbf{L}\mathbf{y}$ e non viene mantenuto fisso negli esercizi: esso è il risultato endogeno della domanda finale e della tecnologia assunta nello scenario.

Nel primo esercizio manteniamo invariata la tecnologia del 2019 e modifichiamo solo la composizione settoriale della domanda finale, lasciandone invariato il livello aggregato. In questo modo si isola un effetto di ricomposizione: a parità di domanda complessiva, si misura come cambia l'occupazione quando la domanda si sposta verso settori caratterizzati da una maggiore riduzione relativa dell'intensità

carbonica rispetto al 2019.

La scelta di non introdurre un profilo autonomo di crescita della domanda finale aggregata è intenzionale. Un esercizio a domanda crescente richiederebbe ipotesi aggiuntive sulla traiettoria macroeconomica complessiva, sulla distribuzione settoriale della crescita, sulla dinamica di consumi, investimenti, esportazioni e spesa pubblica, e sul ruolo delle politiche industriali e fiscali. L'obiettivo degli esercizi non è stimare quanti occupati avrà l'economia italiana in futuro, ma misurare la *pressione* riallocativa generata dalla transizione a parità di scala aggregata della domanda, separando per quanto possibile gli effetti di composizione e gli effetti tecnologici.

Il secondo esercizio modifica invece la struttura tecnologica, incorporando elettrificazione, tramite la sostituzione degli input fossili e i guadagni di efficienza energetica. La nuova matrice dei coefficienti tecnici genera una nuova matrice inversa di Leontief, attraverso la quale si calcolano output e occupazione attivati. Una scomposizione aggiuntiva mantiene fissa la domanda finale al 2019 per isolare la componente esclusivamente tecnologica dell'elettrificazione. Questa impostazione metodologica è coerente con l'uso dei modelli input-output per esercizi di contabilità comparativa.

Controlli contabili degli scenari. Per garantire la coerenza interna delle simulazioni, ogni scenario è sottoposto a una serie di controlli contabili. In primo luogo, si verifica che i profili esogeni delle emissioni utilizzati nella calibrazione incorporino i target operativi stabiliti per i paesi UE negli orizzonti considerati. In secondo luogo, la domanda finale viene rinormalizzata paese per paese, così che il livello aggregato della domanda resti invariato rispetto al 2019 e vari solo la sua composizione settoriale. In terzo luogo, si controlla che la riallocazione del mix elettrico modifichi solo la composizione tra generazione fossile e generazione green, senza alterare il totale dell'elettricità richiesta. Infine, per gli scenari tecnologici, si verifica che le modifiche alla matrice dei coefficienti tecnici riguardino esclusivamente le colonne dei settori target e, all'interno di queste, le sole righe energetiche interessate da elettrificazione, mix elettrico ed efficienza. I risultati restano naturalmente condizionati dalla calibrazione dei parametri di scenario, in particolare dalla sensibilità della domanda alla riduzione dell'intensità carbonica, dalla quota tecnicamente elettrificabile, dalla velocità di phase-out della generazione fossile e dai fattori settoriali di efficienza energetica.

7. Scenario 1: decarbonizzazione, domanda finale e occupazione attivata

7.1 Logica dell'esercizio

Il primo esercizio costruisce un benchmark per valutare l'effetto occupazionale di una riallocazione della domanda finale coerente con una traiettoria di decarbonizzazione. In questo esercizio la struttura tecnologica dell'economia, cioè la matrice dei coefficienti tecnici $\mathbf{A}_{2019}$, resta invariata rispetto al 2019. Restano invariati anche l'inversa di Leontief $\mathbf{L}_{2019}$ e i coefficienti occupazionali per unità di output ℓ_{2019} . Cambia invece la composizione settoriale della domanda finale, che viene riallocata verso i settori la cui intensità carbonica diminuisce maggiormente. In questo modo, l'esercizio isola uno specifico canale di trasmissione: l'effetto della riallocazione della domanda finale, mantenendo costanti sia la struttura produttiva sia la produttività del lavoro.

Sul lato ambientale, l'intensità di emissione del settore i nell'anno base è misurata da:

$$f_{i,2019} = \frac{e_{i,2019}}{x_{i,2019}}, \quad (12)$$

dove $e_{i,2019}$ indica le emissioni dirette di CO₂ del settore i e $x_{i,2019}$ il corrispondente output lordo.

La traiettoria di decarbonizzazione è costruita a partire dagli obiettivi climatici europei, espressi nella regolamentazione ufficiale rispetto al 1990 (European Parliament and Council of the European Union, 2021, 2026). Ai fini della simulazione input-output vengono tuttavia adottati parametri operativi di scenario espressi rispetto al 1995: -45% nel 2030, -80% nel 2040 e -90% nel 2050. Questi valori non costituiscono una trasposizione meccanica dei target normativi, ma ipotesi operative utilizzate per calibrare i profili esogeni delle emissioni e delle intensità carboniche. In questa sezione il primo esercizio si concentra sulla variazione dell'occupazione attivata tra il 2019 e il 2030, poiché tale orizzonte è il più rilevante per la programmazione di breve e medio periodo delle politiche industriali e occupazionali. Anche i coefficienti dei paesi extra-UE, che entrano nelle catene internazionali del valore, sono mantenuti costanti ai livelli del 2019.

La domanda finale viene aggiornata periodo per periodo secondo la seguente relazione:

$$y_{i,t}^{raw} = y_{i,2019} \left(\frac{f_{i,t}}{f_{i,2019}} \right)^{-\eta_i}, \quad (13)$$

dove $y_{i,t}^{raw}$ indica la domanda finale non ancora rinormalizzata e η_i misura la sensibilità della domanda alla riduzione dell'intensità carbonica. Se un settore registra una maggiore riduzione relativa della propria intensità carbonica rispetto al 2019 e $\eta_i > 0$, la sua domanda finale tende ad aumentare rispetto al livello iniziale. Il parametro η_i governa quindi l'intensità della riallocazione settoriale. La domanda rivolta alla generazione elettrica fossile è inoltre ridotta del 30% nel 2030, del 90% nel 2040 e del 100% nel 2050, con riallocazione verso il blocco non fossile. Sono infine imposti specifici profili di riduzione per gas e calore, prima della rinormalizzazione finale per paese produttore.

Il vettore della domanda finale così ottenuto viene poi rinormalizzato paese per paese. Per ogni settore i appartenente al paese c , la domanda finale simulata è:

$$y_{i,t} = y_{i,t}^{raw} \frac{\sum_{j \in c} y_{j,2019}}{\sum_{j \in c} y_{j,t}^{raw}}. \quad (14)$$

La rinormalizzazione mantiene invariato, per ciascun paese produttore, il livello complessivo della domanda finale rivolta alla sua produzione; varia quindi esclusivamente la composizione settoriale di tale domanda.

L'occupazione attivata dalla domanda finale simulata è misurata dalla matrice:

$$\mathbf{N}_t = \widehat{\ell_{2019}} \mathbf{L}_{2019} \widehat{\mathbf{y}}_t. \quad (15)$$

Questa notazione è coerente con la rappresentazione generale introdotta nella Sezione 4: $\widehat{\ell_{2019}}$ è la matrice diagonale dei coefficienti occupazionali, $\mathbf{L}_{2019}$ è l'inversa di Leontief calcolata sulla tecnologia del 2019 e $\widehat{\mathbf{y}}_t$ è la matrice diagonale della domanda finale simulata. Poiché ℓ_{2019} e $\mathbf{L}_{2019}$ restano fissi, ogni variazione osservata in $\mathbf{N}_t$ dipende esclusivamente dalla riallocazione settoriale della domanda finale.

Interpretazione del primo esercizio. Questo esercizio risponde alla domanda: che cosa accade all'occupazione attivata se la domanda finale si sposta verso settori relativamente più *green* (caratterizzati da una maggiore riduzione relativa dell'intensità carbonica), ma la struttura produttiva resta quella del 2019? È quindi un esercizio di domanda, non un esercizio di cambiamento tecnologico.

Ipotesi del primo esercizio

- Anno base: 2019.

- Struttura tecnologica invariata rispetto al 2019.
- Matrice dei coefficienti tecnici $\mathbf{A}_{2019}$ fissa al 2019.
- Inversa di Leontief $\mathbf{L}_{2019}$ fissa al 2019.
- Coefficienti occupazionali per unità di output ℓ_{2019} fissi al 2019.
- Produttività del lavoro invariata.
- Livello complessivo della domanda finale rivolta alla produzione di ciascun paese invariato.
- Varia solo la **composizione settoriale** della domanda finale.
- La domanda finale si rialloca verso i settori che registrano una maggiore riduzione relativa dell'intensità carbonica rispetto al 2019.
- La sensibilità della domanda alla riduzione dell'intensità carbonica è governata dal parametro η_i .
- Gli obiettivi europei di riduzione delle emissioni guidano la variazione dell'intensità carbonica.
- I coefficienti dei paesi extra-UE restano costanti ai livelli del 2019.
- Non sono modellati prezzi, salari, vincoli di capacità o reazioni comportamentali.
- Il risultato misura un effetto di domanda, non un effetto di cambiamento tecnologico.

7.2 Risultati aggregati

La Tabella 2 riporta la variazione dell'occupazione attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani tra 2019 e 2030. I valori sono espressi in migliaia di occupati.

Tabella 2 – Occupazione attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani per componente, 2019 e 2030

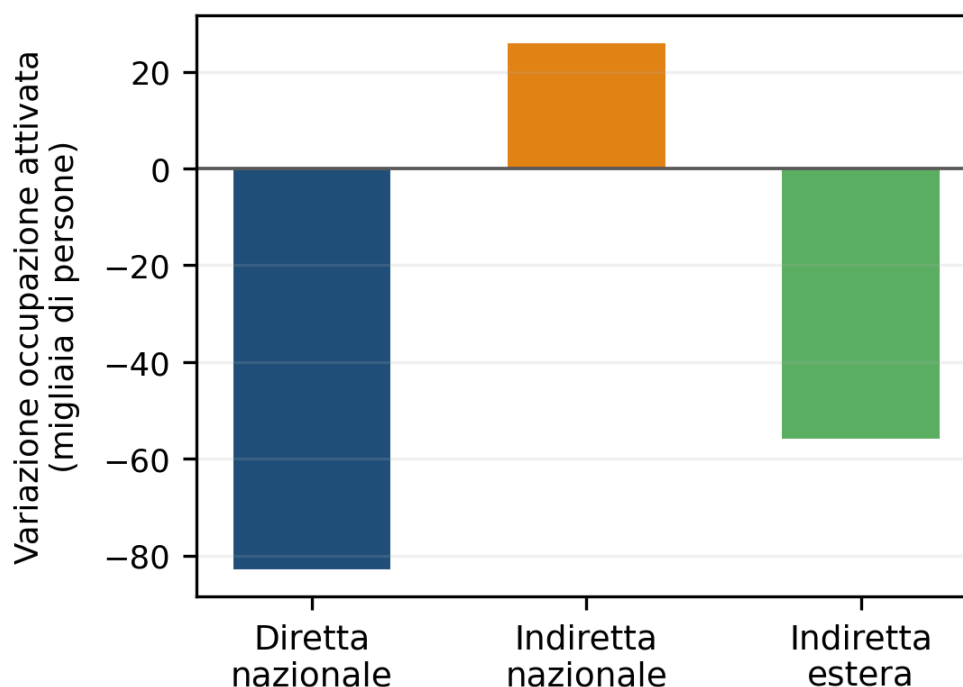
Componente	2019	2030	Δ	$\Delta\%$
Diretta nazionale	14.179,12	14.096,12	-83,00	-0,59
Indiretta nazionale	6.110,08	6.136,21	26,13	0,43
Totale nazionale (diretta + indiretta)	20.289,20	20.232,33	-56,87	-0,28
Indiretta estera	7.425,85	7.369,88	-55,96	-0,75
Totale complessivo	27.715,05	27.602,21	-112,83	-0,41

Nota. Valori in migliaia di persone. Il totale nazionale somma l'occupazione diretta nazionale e indiretta nazionale. Il totale complessivo include anche l'occupazione indiretta estera attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani.

Considerando l'occupazione localizzata in Italia, cioè la somma tra componente diretta nazionale e componente indiretta nazionale, la riduzione netta è pari a 56,87 mila unità, corrispondente a -0,28% rispetto al benchmark del 2019. Il totale complessivo, che include anche l'occupazione indiretta estera attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani, registra invece una riduzione di 112,83 mila unità, pari a -0,41%. L'effetto è contenuto in percentuale ma non trascurabile in valore assoluto. La componente diretta nazionale diminuisce di 83,00 mila unità e l'indiretto estero di 55,96 mila, mentre l'indiretto nazionale aumenta di 26,13 mila. La transizione simulata non produce quindi una contrazione uniforme: riduce l'attivazione diretta e parte dell'attivazione estera, ma sposta una quota di domanda verso fornitori domestici.

La Figura 17 visualizza la stessa scomposizione. La lettura economica è che il canale di domanda produce un aggiustamento più redistributivo che macroeconomico. Il saldo totale è negativo, ma la variazione della componente indiretta nazionale segnala una possibile ricomposizione interna delle catene di fornitura. Questo non significa automaticamente reshoring, perché il modello non cambia endogenamente le quote commerciali; indica però che, nella nuova composizione della domanda, i settori italiani fornitori sono relativamente più attivi lungo la catena del valore.

Figura 17 – Variazione dell'occupazione attivata per componente



Nota. La figura mostra la variazione assoluta dell'occupazione attivata nel 2030 rispetto al benchmark 2019. La scomposizione distingue tra occupazione diretta nazionale, occupazione indiretta nazionale e occupazione indiretta estera. I valori sono espressi in migliaia di persone.

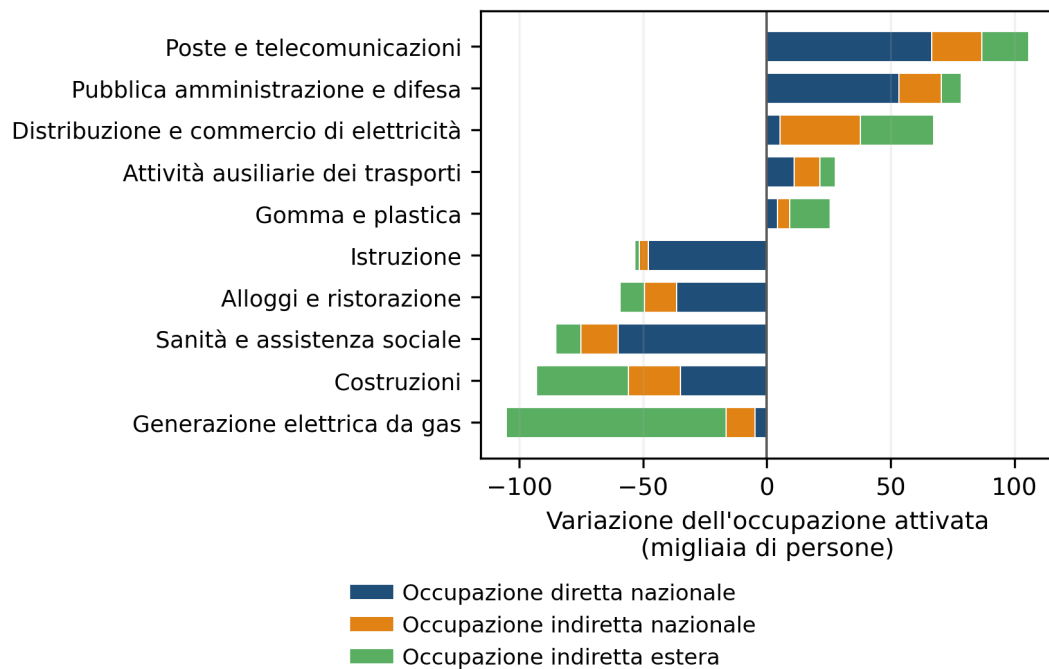
7.3 Settori: chi guadagna e chi perde

La Figura 18 mostra i principali settori in cui l'occupazione aumenta o diminuisce. Le perdite più grandi si concentrano nella generazione elettrica da gas, nelle costruzioni, nella sanità e assistenza sociale, nel comparto alloggi e ristorazione e nell'istruzione. I principali aumenti si registrano in poste e telecomunicazioni, pubblica amministrazione e difesa, distribuzione e commercio di elettricità, attività ausiliarie dei trasporti e gomma e plastica.

Il messaggio è duplice. Da un lato, la contrazione della generazione elettrica da fonti fossili, in particolare da gas, è coerente con lo scenario ambientale. Dall'altro, perdite rilevanti compaiono anche in settori labour-intensive non necessariamente cardinali per le emissioni dirette, come sanità, istruzione, alloggi e ristorazione. Ciò conferma che gli effetti occupazionali della transizione verde non si esauriscono nei comparti fossili. La riallocazione della domanda finale modifica il peso relativo di molte attività e produce effetti indiretti anche in settori che non sono destinatari diretti delle politiche ambientali.

Questa evidenza è rilevante per il dialogo sociale. Se la transizione viene letta solo come uscita dalle fonti fossili, le misure di accompagnamento si concentrerebbero su un numero limitato di comparti produttivi. Le proiezioni del presente scenario di decarbonizzazione mostrano invece che le pressioni possono emergere anche in servizi e attività labour-intensive, dove il problema non è la tecnologia emissiva diretta, ma la posizione del settore nella catena del valore e della nuova struttura della domanda. Ne deriva che le politiche di accompagnamento dovrebbero adottare un approccio più ampio e trasversale, capace di anticipare e gestire gli effetti redistributivi lungo l'intero sistema produttivo.

Figura 18 – Principali aumenti e riduzioni settoriali dell'occupazione attivata



Nota. La figura mostra i cinque maggiori aumenti e le cinque maggiori riduzioni settoriali dell'occupazione attivata nel 2030 rispetto al benchmark 2019. Le variazioni sono scomposte in componente diretta nazionale, indiretta nazionale e indiretta estera. I valori sono espressi in migliaia di persone.

7.4 Focus settoriali: automotive, acciaio, vetro e ceramica

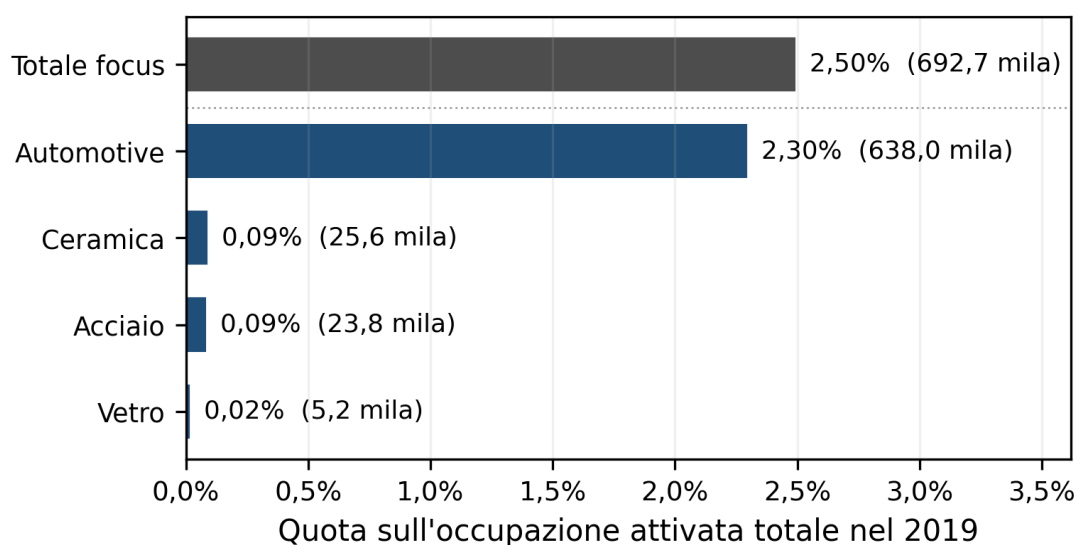
La scelta di dedicare un approfondimento ai settori automotive, acciaio, vetro e ceramica risponde a una logica precisa nell'ambito di un'analisi input-output orientata al dialogo sindacale. Si tratta, innanzitutto, di comparti rilevanti per la transizione industriale: l'acciaio, il vetro e la ceramica sono settori energivori e fortemente esposti alle politiche di decarbonizzazione, mentre l'automotive è direttamente coinvolto nella trasformazione tecnologica associata all'elettrificazione della mobilità.

Allo stesso tempo, questi settori occupano posizioni strategiche nelle filiere: l'automotive come snodo di una catena del valore lunga e articolata, l'acciaio come input di base per numerose industrie manifatturiere, e il vetro e la ceramica come componenti chiave per l'edilizia e per diversi beni intermedi. In un quadro input-output, ciò consente di cogliere non solo gli effetti diretti, ma anche quelli indiretti nazionali ed esteri lungo le interdipendenze settoriali.

Infine, la selezione riflette l'esigenza del mondo del lavoro di comprendere dove e come si concentrano le pressioni della transizione – in termini di occupazione, competenze e qualità del lavoro – distinguendo tra comparti in cui il cambiamento è guidato da innovazioni tecnologiche di processo e comparti in cui prevale una trasformazione della domanda e della posizione nella filiera. Questi focus non sono quindi scelti perché rappresentativi dell'intera struttura occupazionale, ma perché individuano nodi industriali nei quali la transizione può produrre effetti particolarmente rilevanti per la contrattazione, la formazione e le politiche di accompagnamento.

La Figura 19 mostra che i nuclei produttivi centrali dei settori focus rappresentano una quota contenuta ma non trascurabile dell'occupazione attivata complessiva. Per occupazione attivata si intende l'insieme degli occupati, diretti e indiretti, necessari a soddisfare la domanda finale considerata nel modello input-output, tenendo conto delle interdipendenze tra settori produttivi. Questa misura va distinta dal dato settoriale diretto: per esempio, il settore C29, corrispondente alla fabbricazione di autoveicoli,

Figura 19 – Peso dei settori focus sull'occupazione attivata nel 2019



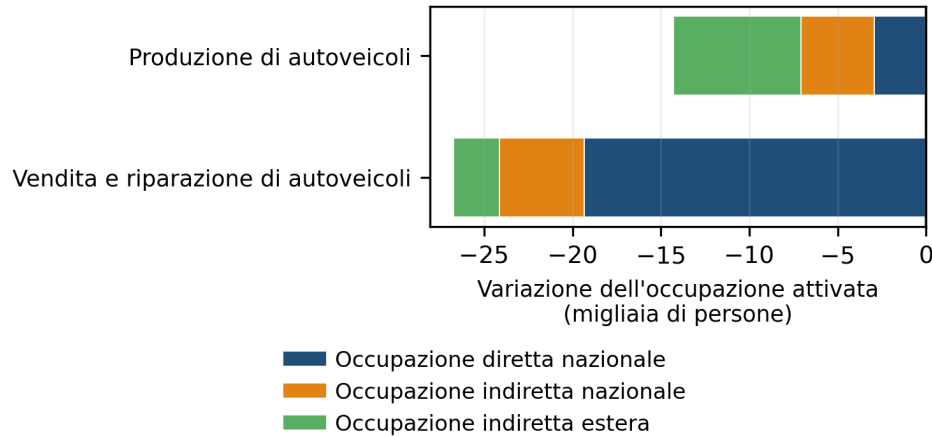
Nota. La figura mostra la quota dei nuclei produttivi centrali dei settori focus sull'occupazione attivata complessiva nel benchmark 2019. I settori considerati sono produzione di autoveicoli, acciaio, vetro e ceramica. Le quote sono espresse in percentuale del totale dell'occupazione attivata; tra parentesi sono riportati i livelli in migliaia di persone.

rimorchi e semirimorchi, conta circa 168 mila addetti diretti nelle statistiche ISTAT, mentre nel modello input-output il solo nucleo produttivo C29 attiva circa 638 mila occupati lungo la filiera. Il passaggio dal dato diretto alla misura di occupazione attivata riflette quindi l'ampliamento del perimetro analitico, dalla sola produzione settoriale alle interdipendenze produttive necessarie a soddisfare la domanda finale.

Nel 2019 il peso aggregato dei settori focus è pari a circa il 2,5% del totale, con una netta prevalenza dell'automotive. Acciaio, vetro e ceramica hanno un peso occupazionale diretto e indiretto più limitato, ma assumono rilevanza strategica per l'intensità energetica dei processi produttivi, per il ruolo nelle filiere e per l'esposizione alle politiche di decarbonizzazione. La figura va quindi letta come una fotografia del perimetro produttivo centrale dei focus; nei paragrafi successivi il perimetro viene ampliato dove necessario, includendo per esempio vendita e riparazione nell'automotive e cemento, calce e gesso nel blocco dei materiali minerali.

Automotive. Per l'automotive consideriamo la produzione di autoveicoli (C29) e vendita, manutenzione e riparazione (G45). L'occupazione attivata complessiva nel comparto al 2030 diminuisce da 1.499,07 a 1.458,07 mila unità, con una variazione di $-41,00$ mila unità, pari a $-2,74\%$. La componente diretta si riduce di 22,28 mila unità.

Figura 20 – Variazione dell'occupazione attivata nel blocco automotive



Nota. La figura mostra la variazione dell'occupazione attivata nel blocco automotive nel 2030 rispetto al benchmark 2019. Le variazioni sono scomposte in componente diretta nazionale, indiretta nazionale e indiretta estera. I valori sono espressi in migliaia di persone.

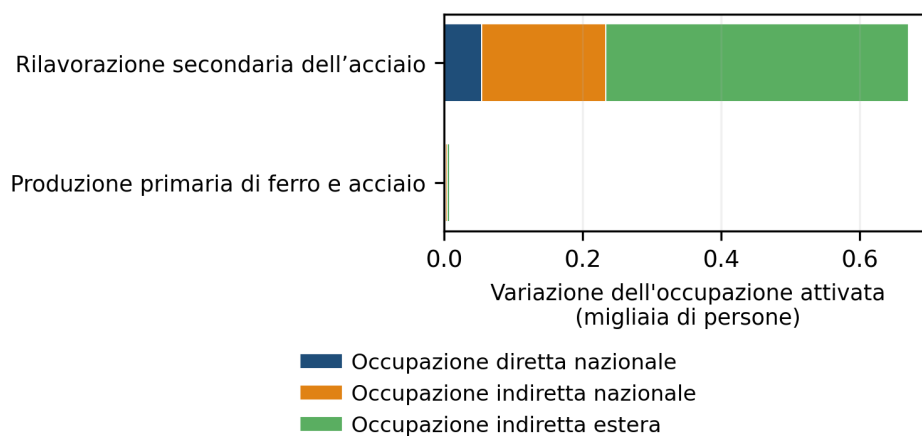
La Figura 20 mostra che la contrazione stimata tra il 2019 e il 2030 riguarda sia la manifattura automobilistica sia il segmento vendita e riparazione, con una perdita assoluta maggiore in quest'ultimo. Il risultato non segnala un collasso del comparto, ma una pressione di aggiustamento compatibile con la trasformazione tecnologica e con la ricomposizione della domanda che l'automotive affronta nella transizione. È importante includere il segmento vendita e riparazione perché la transizione nella produzione dei veicoli non riguarda solo la fabbrica: modifica reti commerciali, manutenzione, ricambi, competenze tecniche, infrastrutture di ricarica e servizi connessi, che costituiscono parte dell'indotto direttamente e indirettamente influenzato dalla decarbonizzazione e dall'elettrificazione del comparto.

Acciaio. Nel caso dell'acciaio, il comparto aggregato include produzione primaria di ferro e acciaio (C24_A) e rilavorazione secondaria (C24_B). Il saldo è leggermente positivo: l'occupazione attivata passa da 25,23 a 25,91 mila unità, con un aumento di 0,68 mila unità, pari a 2,69%.

La Figura 21 illustra che l'aumento marginale dell'occupazione è quasi interamente concentrato nella rilavorazione secondaria dell'acciaio, mentre la produzione primaria mostra variazioni pressoché nulle. All'interno della rilavorazione secondaria, l'attivazione occupazionale passa in larga misura dalle componenti indirette, in particolare da quella estera, segnalando il ruolo delle interdipendenze di filiera. Questo aspetto è coerente con una transizione verde in cui circolarità, recupero e input secondari diventano relativamente più importanti rispetto alla sola espansione della produzione primaria. La dimensione occupazionale resta contenuta in valore assoluto, ma il risultato è rilevante dal punto di vista industriale: segnala che dentro un settore *hard-to-abate* possono convivere segmenti stagnanti e segmenti produttivi con potenziale di riconversione.

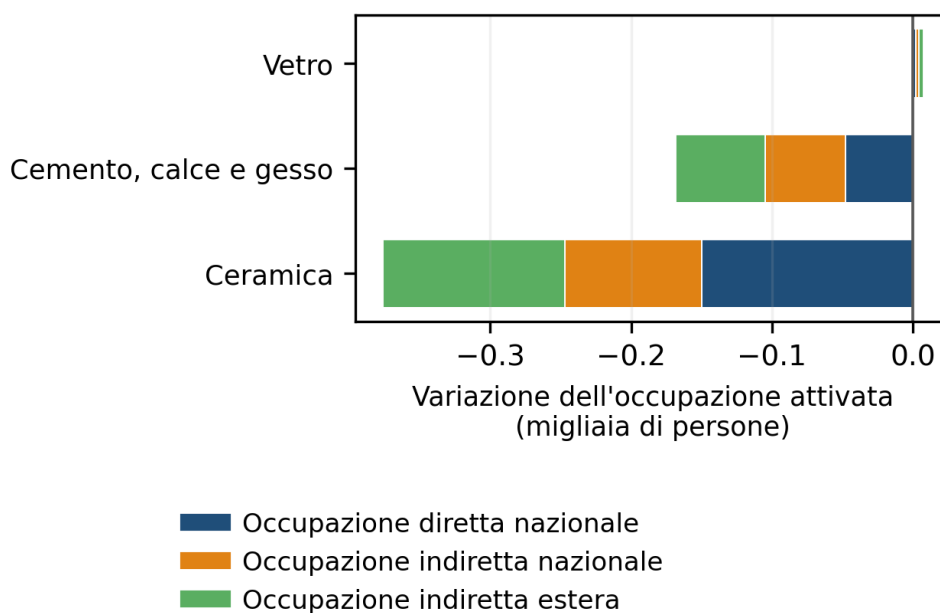
Vetro e ceramica. Nel primo esercizio il focus su vetro e ceramica viene trattato come una famiglia più ampia di materiali minerali, includendo vetro (C23_A), ceramica (C23_D) e cemento, calce e gesso (C23_E). Il saldo aggregato occupazionale è lievemente negativo: l'occupazione attivata passa da 41,49 a 40,96 mila unità, con una variazione di $-0,54$ mila unità, pari a $-1,29\%$.

Figura 21 – Variazione dell'occupazione attivata nei settori dell'acciaio



Nota. La figura mostra la variazione dell'occupazione attivata nei settori dell'acciaio nel 2030 rispetto al benchmark 2019. Le variazioni sono scomposte in componente diretta nazionale, indiretta nazionale e indiretta estera. I valori sono espressi in migliaia di persone.

Figura 22 – Variazione dell'occupazione attivata nei comparti del vetro, della ceramica e dei materiali minerali



Nota. La figura mostra la variazione dell'occupazione attivata nei comparti del vetro, della ceramica e dei materiali minerali nel 2030 rispetto al benchmark 2019. Le variazioni sono scomposte in componente diretta nazionale, indiretta nazionale e indiretta estera. I valori sono espressi in migliaia di persone.

La Figura 22 mostra che la contrazione è concentrata soprattutto nella ceramica, con un contributo negativo anche del comparto cemento, calce e gesso, mentre il vetro resta sostanzialmente stabile e lievemente positivo. La categoria *hard-to-abate* non è quindi omogenea: comparti con caratteristiche energetiche simili possono mostrare effetti occupazionali tra loro diversi. Ciò dipende dal loro peso nella domanda finale, dalla struttura degli input, dalla posizione nella filiera e dalla composizione delle componenti diretta, indiretta nazionale e indiretta estera.

7.5 Interpretazione del primo esercizio

Lo scenario di **decarbonizzazione** rappresenta una ricomposizione della domanda finale e ne misura gli effetti sull'occupazione attivata. Assumendo che i coefficienti tecnologici restino fissi, la riallocazione della domanda finale di beni e servizi verso i settori caratterizzati da una maggiore riduzione relativa dell'intensità carbonica rispetto al 2019 produce un effetto aggregato **moderatamente negativo** sull'occupazione. Tuttavia, emerge dalla simulazione una **redistribuzione settoriale e di filiera**. L'utilità dell'esercizio risiede proprio nella capacità di individuare settori e nodi funzionali in cui si concentrano le pressioni di domanda, offrendo indicazioni operative per governare gli impatti attesi sull'occupazione e fornendo una base informativa per interventi mirati.

Inoltre, tale esercizio consente di costruire alternative trasparenti e replicabili, che permettono di isolare i canali contabili sottostanti e di confrontare alternative di policy, rafforzando così il processo decisionale. Come già indicato, le stime non possono tuttavia catturare le variazioni *endogene* di produttività, salari, investimenti, prezzi relativi, composizione professionale e localizzazione internazionale. Tale limite, lungi dal ridurne la rilevanza, ne chiarisce il perimetro interpretativo e ne rafforza il ruolo come strumento complementare di analisi. Questi aspetti possono essere approfonditi attraverso analisi qualitative e settoriali integrate, basate su questionari, interviste, focus group e confronto con gli attori direttamente coinvolti nei processi di transizione, rispetto alle quali l'esercizio qui presentato rappresenta un passaggio preliminare utile e informativo.

In ogni caso, la lettura di policy che deriva dalle proiezioni finora discusse è che anche uno scenario apparentemente limitato può fornire segnali informativi rilevanti. La riduzione dello 0,28% dell'occupazione nazionale attivata non va interpretata come trascurabile: in termini assoluti corrisponde a una perdita di circa 56,87 mila unità di lavoro localizzate in Italia e, soprattutto, si concentra in specifici settori, rendendo visibili con maggiore precisione le aree di criticità e di potenziale espansione. Se si include anche la componente indiretta estera, la perdita complessiva attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani supera le 100 mila unità.

Questa conclusione rafforza la necessità di dotarsi di strumenti anticipatori, quali il monitoraggio settoriale, i piani di formazione, gli osservatori territoriali, nonché misure di accompagnamento per i comparti in contrazione e di sostegno alle filiere in crescita, evidenziando al contempo come anche esercizi quantitativi, come il presente, possano offrire una base conoscitiva concreta per l'azione pubblica. Ne deriva, in tale quadro, l'esigenza di una governance negoziale strutturata e inclusiva, in cui organizzazioni sindacali, datori di lavoro e rappresentanti delle istituzioni, nazionali ed europee, si confrontino in modo costruttivo per accompagnare l'implementazione delle politiche *green*. Tale confronto è necessario per salvaguardare i livelli occupazionali e promuovere percorsi di formazione continua capaci di sostenere una mobilità del lavoro consapevole, nonché di rafforzare la produttività e le dinamiche salariali.

8. Scenario 2: elettrificazione e cambiamento tecnologico

8.1 Cambiamenti tecnologici e di domanda

Il secondo esercizio estende l'analisi lungo due direttrici principali. In primo luogo, supera l'ipotesi di tecnologia invariata lungo l'intero orizzonte simulato. Ciò implica una modifica della matrice dei coefficienti tecnici in alcuni settori target, al fine di incorporare gli effetti dell'elettrificazione, della riallocazione del mix elettrico e dei guadagni di efficienza energetica. In secondo luogo, l'esercizio amplia la scomposizione dell'occupazione attivata, distinguendo non solo tra componenti di filiera, ma anche per *genere* e livello di *istruzione*. Questo consente di affiancare alla valutazione aggregata una lettura più granulare degli impatti distributivi.

Il cambiamento tecnologico è rappresentato attraverso la matrice dei coefficienti tecnici $\mathbf{A}$. Nel primo esercizio questa matrice resta fissa al 2019; nel secondo esercizio, invece, viene modificata nei settori target per ottenere una matrice scenario-specifica $\mathbf{A}_s$. La corrispondente inversa di Leontief $\mathbf{L}_s$ permette di misurare come la trasformazione tecnologica modifichi i moltiplicatori settoriali e, quindi, l'occupazione attivata lungo le catene del valore. La struttura dell'esercizio consente inoltre di separare il canale tecnologico dal canale di domanda: il primo è isolato mantenendo costante la domanda finale al 2019, mentre il secondo emerge come residuo contabile tra lo scenario completo e la variante a domanda costante.

Come già ricordato, il sistema MRIO descrive le interdipendenze produttive tra settori e paesi. Nell'esercizio di seguito proposto i dati vengono aggregati in tre macro-aree geografiche: Italia, UE esclusa l'Italia e resto del mondo. Formalmente, ogni unità elementare i della matrice originaria è ricondotta a una cella aggregata:

$$G(i) = (r(i), m(i)), \quad (16)$$

dove $r(i) \in \{IT, EU, RoW\}$ indica il blocco geografico e $m(i)$ il macro-settore aggregato. La matrice aggregata delle transazioni intermedie è:

$$Z_{ab}^G = \sum_{i: G(i)=a} \sum_{j: G(j)=b} Z_{ij}, \quad (17)$$

dove a e b indicano due celle aggregate paese-settore. Domanda finale e output sono aggregati in modo coerente. La matrice dei coefficienti tecnici aggregata è quindi:

$$\mathbf{A}^G = \mathbf{Z}^G (\hat{\mathbf{x}}^G)^{-1}. \quad (18)$$

L'aggregazione è asimmetrica. Molti settori sono aggregati in blocchi ampi, mentre i comparti più rilevanti per elettrificazione e processi *hard-to-abate* sono mantenuti separati. Si tratta, in particolare, di acciaio, alluminio, automotive, alimentari, lattiero-caseario, plastica, fertilizzanti, vetro, ceramica, laterizi e cemento. Generazione elettrica, distribuzione elettrica, gas e calore costituiscono invece i blocchi energetici interessati dalle trasformazioni.

Nel complesso, questi settori rappresentano approssimativamente il 20% del PIL italiano e, secondo elaborazioni degli autori su dati Eurostat, poco meno del 48% dei consumi energetici nazionali. Risultano quindi centrali sia per le dinamiche di competitività sia per gli effetti di propagazione della transizione ecologica lungo le catene del valore. Questa scelta consente di preservare un elevato livello di dettaglio nei settori in cui la transizione tecnologica è modellata esplicitamente, riducendo al contempo la complessità nelle aree in cui il focus analitico è meno diretto.

Ipotesi del secondo esercizio

- Anno base: 2019.
- La struttura tecnologica può variare rispetto al 2019.
- La matrice dei coefficienti tecnici $\mathbf{A}_{2019}$ viene modificata nei settori target per ottenere una matrice scenario-specifica $\mathbf{A}_s$.
- I settori non target restano invariati.
- Gli input non energetici restano invariati.
- Una quota degli input fossili e termici viene riallocata verso l'elettricità.
- La quota massima tecnicamente elettrificabile è pari a $\phi = 0,60$.
- L'intensità effettiva dell'elettrificazione dipende dal parametro θ_s .
- Sono considerati due profili di elettrificazione: *Base* e *Advanced*.
- Il mix elettrico viene riallocato verso la generazione green.
- Sono considerati due scenari di mix elettrico: *Baseline* e *Ambizioso*.
- I coefficienti energetici sono corretti per incorporare guadagni di efficienza settoriali.
- L'inversa di Leontief $\mathbf{L}_s = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_s)^{-1}$ viene ricalcolata sulla nuova matrice tecnologica.
- La domanda finale può variare secondo la traiettoria di decarbonizzazione del primo esercizio.
- La componente tecnologica pura è isolata mantenendo fissa la domanda finale al livello del 2019.
- I coefficienti occupazionali per settore, genere e livello di istruzione restano fissi al 2019.
- La composizione occupazionale per genere e istruzione riflette la struttura del 2019.
- Non sono modellati prezzi, salari, vincoli di capacità o reazioni comportamentali.
- Il risultato misura l'effetto combinato di domanda finale, elettrificazione, mix elettrico ed efficienza energetica.

8.2 Scenari tecnologici

Per ciascun settore target, l'impatto diretto dell'elettrificazione è ottenuto modificando la colonna corrispondente della matrice aggregata dei coefficienti tecnici $\mathbf{A}^G$. La procedura si articola in tre passaggi: 1) una quota degli input fossili e termici è riallocata verso l'elettricità, secondo i parametri ϕ e θ_s ; 2) il mix di generazione elettrica è ricomposto a favore della generazione green; 3) i coefficienti energetici sono ridotti attraverso un fattore settoriale di efficienza, indicato con $\lambda_{j,s}$.

Gli scenari tecnologici combinano due profili di elettrificazione, denominati *Base* e *Advanced*, e due scenari di mix elettrico, denominati *Baseline* e *Ambizioso*. Nella letteratura collegata alla Commissione europea e ai documenti di supporto (Agora Industry et al., 2026), la quota massima tecnicamente elettrificabile del pacchetto fossile e termico è pari a:

$$\phi = 0,60. \quad (19)$$

Partendo da questo valore, sviluppiamo due profili di elettrificazione in cui la quota effettivamente spostata verso l'elettricità è data dal prodotto $\phi\theta_s$. Il parametro ϕ misura il potenziale tecnico massimo di elettrificazione, mentre θ_s misura l'intensità con cui tale potenziale viene attivato nello scenario s . Maggiore è il valore di θ_s , maggiore è la quota elettrificata, a parità di potenziale tecnico ϕ .

Nei due profili proposti si assume che il processo di elettrificazione si diffonda progressivamente tra il 2019 e il 2050. Il target tecnico del 60% è raggiunto solo nel profilo *Advanced*; nel profilo *Base*, invece, la quota effettivamente elettrificata raggiunge al massimo il 50% del target tecnico di lungo periodo. La Tabella 3 riassume i parametri utilizzati nelle simulazioni. Le ultime due colonne indicano la quota green g_s del mix elettrico nello scenario s .

Tabella 3 – Parametri di elettrificazione e quota green del mix elettrico

Anno	θ_s		$\phi\theta_s$		g_s	
	Base	Advanced	Base	Advanced	Baseline	Ambizioso
2030	0,020	0,050	0,012	0,030	0,300	0,500
2040	0,150	0,300	0,090	0,180	0,500	1,000
2050	0,500	1,000	0,300	0,600	1,000	1,000

Nota. $\phi = 0,60$ indica la quota massima tecnicamente elettrificabile del pacchetto fossile e termico; θ_s misura l'intensità di elettrificazione nello scenario s ; $\phi\theta_s$ indica la quota effettivamente riallocata dagli input fossili e termici verso l'elettricità; g_s indica la quota green del mix elettrico. Nel 2050 i due scenari di mix elettrico, Baseline e Ambizioso, coincidono per g_s , perché entrambi impongono un mix elettrico interamente green nel blocco modellato.

Passaggio 1. Il primo passaggio sposta una quota degli input fossili e termici dei settori target verso l'elettricità. Sia $\mathcal{F}$ l'insieme delle righe fossili e termiche selezionate:

$$\mathcal{F} = \{C_19, D_dis_gas, D_dis_hot\},$$

e sia e la riga della distribuzione elettrica, D_dis_elec .¹ Per ogni settore target j , la quota iniziale di input fossili e termici è:

$$q_j^F = \sum_{r \in \mathcal{F}} a_{rj}^G, \quad (20)$$

dove a_{rj}^G indica l'elemento (r, j) della matrice aggregata $\mathbf{A}^G$. La quota riallocata verso l'elettricità nello scenario s è:

$$\Delta_{j,s} = \phi\theta_s q_j^F. \quad (21)$$

Gli input fossili e termici sono quindi ridotti proporzionalmente:

$$a_{rj}^{el} = a_{rj}^G - \Delta_{j,s} \frac{a_{rj}^G}{q_j^F}, \quad r \in \mathcal{F}, \quad (22)$$

mentre l'input di distribuzione elettrica aumenta della stessa quantità complessiva:

$$a_{ej}^{el} = a_{ej}^G + \Delta_{j,s}. \quad (23)$$

Passaggio 2. Il secondo passaggio ricompone gli input diretti di generazione elettrica fossile e *green* richiesti dalla colonna del settore target. Se $\mathcal{B}$ indica le righe di generazione elettrica fossile e $\mathcal{R}$, quelle di generazione green, il totale degli input di generazione elettrica richiesti dal settore j dopo il primo passaggio è:

$$q_j^E = \sum_{b \in \mathcal{B}} a_{bj}^{el} + \sum_{r \in \mathcal{R}} a_{rj}^{el}. \quad (24)$$

La nuova composizione del mix elettrico è quindi:

$$\sum_{b \in \mathcal{B}} a_{bj}^{grid} = (1 - g_s) q_j^E, \quad \sum_{r \in \mathcal{R}} a_{rj}^{grid} = g_s q_j^E. \quad (25)$$

¹I codici identificano, rispettivamente, gli input di carbone e prodotti fossili, distribuzione di gas, distribuzione di calore e distribuzione di elettricità nella classificazione settoriale aggregata utilizzata nell'esercizio.

Il totale di generazione elettrica richiesta non cambia in questo passaggio; cambia invece la sua composizione tra generazione fossile e generazione green.

Passaggio 3. Il terzo passaggio incorpora i guadagni di efficienza energetica. Per le righe energetiche:²

$$\mathcal{E} = \{C_{19}, D_{dis_gas}, D_{dis_hot}, D_{dis_elec}, D3511_fossil, D3511_green\},$$

il coefficiente tecnico finale nello scenario s è:

$$a_{rj}^s = \lambda_{j,s} a_{rj}^{grid}, \quad r \in \mathcal{E}, j \in \mathcal{J}. \quad (26)$$

Tutte le colonne dei settori non target restano invariate, così come gli input non energetici. La nuova matrice dei coefficienti tecnici è indicata con $\mathbf{A}_s$ e la corrispondente inversa di Leontief è:

$$\mathbf{L}_s = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_s)^{-1}. \quad (27)$$

I fattori settoriali $\lambda_{j,s}$ utilizzati nel terzo passaggio sono riportati nella Tabella 4.

Tabella 4 – Fattori di efficienza energetica per settore target

Settore	Base			Advanced		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Alluminio	0,99	0,92	0,75	0,98	0,85	0,49
Acciaio	1,00	0,99	0,96	0,98	0,96	0,93
Automotive	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	0,93
Vetro	0,99	0,95	0,84	0,97	0,91	0,69
Cemento	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	0,88
Laterizi	1,00	0,94	0,88	1,00	0,94	0,82
Ceramica	0,99	0,95	0,84	0,97	0,91	0,69
Fertilizzanti	1,00	0,98	0,97	1,00	0,98	0,95
Plastica	0,98	0,85	0,52	0,95	0,71	0,03
Alimentari	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Lattiero-caseario	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Nota. Un valore pari a 0,85 indica una riduzione del 15% dei coefficienti energetici rispetto alla matrice dopo elettrificazione e riallocazione del mix elettrico. Il valore particolarmente basso della plastica nello scenario Advanced 2050 riflette un'ipotesi limite di forte efficientamento energetico nel lungo periodo e va interpretato come parametro di scenario.

8.3 Occupazione per componente, genere e istruzione

A seguito di questa procedura è possibile calcolare l'occupazione attivata per ciascuna categoria considerata, applicando alla nuova struttura produttiva i coefficienti occupazionali del 2019. Per ogni categoria occupazionale k :

$$k \in \{\text{totale, uomini, donne, bassa istruzione, media istruzione, alta istruzione}\},$$

il coefficiente occupazionale è misurato da:

$$\ell_{i,2019}^k = \frac{E_{i,2019}^k}{x_{i,2019}}. \quad (28)$$

²Oltre ai codici già definiti nel primo passaggio, D3511_fossil e D3511_green identificano, rispettivamente, la generazione elettrica fossile e la generazione elettrica green nella classificazione settoriale aggregata utilizzata nell'esercizio.

La matrice dell'occupazione attivata nello scenario s è quindi:

$$\mathbf{N}_s^k = \widehat{\ell_{2019}^k} \mathbf{L}_s \widehat{\mathbf{y}}_s. \quad (29)$$

Aggregando $\mathbf{N}_s^k$ per settore, componente di filiera o categoria occupazionale si ottengono i totali $T_{j,s}^k$. Il confronto rispetto al 2019 è dato dalla differenza:

$$\Delta T_{j,s}^k = T_{j,s}^k - T_{j,2019}^k. \quad (30)$$

Questa procedura consente anche di calcolare una variante a domanda finale costante. In questa variante, l'inversa di Leontief $\mathbf{L}_s$ cambia coerentemente con l'elettrificazione, mentre il vettore della domanda finale resta pari a $\mathbf{y}_{2019}$. La simulazione isola quindi il canale tecnologico, catturato dai cambiamenti dei coefficienti tecnici, dal canale associato alla variazione della domanda finale. La differenza tra scenario completo e variante a domanda costante misura una componente residuale di domanda, interpretabile come contributo contabile della riallocazione della domanda finale.

È importante sottolineare che le variazioni occupazionali osservate nei settori *non direttamente* interessati dal cambiamento dei coefficienti tecnici derivano comunque dalla combinazione di due effetti. Da un lato, riflettono le variazioni nella domanda finale settoriale. Dall'altro, incorporano effetti *indiretti* lungo la filiera, dovuti alle modifiche nella struttura produttiva dei settori target. Pertanto, anche in assenza di un cambiamento nei coefficienti tecnici del singolo settore, l'occupazione può variare per effetto sia della ricomposizione della domanda sia della trasmissione degli shock attraverso le interdipendenze produttive.

Nei settori direttamente interessati dal cambiamento dei coefficienti tecnici, invece, le variazioni occupazionali vanno interpretate come il risultato *congiunto* della variazione della domanda finale e della modifica della struttura produttiva del settore stesso. Quest'ultima modifica il livello di output e quindi, a coefficienti occupazionali fissi, l'occupazione attivata nel settore, producendo inoltre effetti indiretti dovuti alla propagazione lungo la filiera attraverso le relazioni input-output.

8.4 Risultati aggregati

Rispetto al benchmark del 2019, il secondo esercizio produce una riduzione dell'occupazione attivata in tutti gli orizzonti considerati. Se si considera l'occupazione localizzata in Italia, la perdita è pari a circa 70 mila unità nel 2030, aumenta a circa 290 mila unità nel 2040 e supera di poco le 300 mila unità nel 2050. La Tabella 5 riporta anche la componente indiretta estera, utile per leggere la propagazione internazionale lungo le filiere.

La Tabella 5 illustra tre risultati principali. Primo, il saldo nazionale è negativo in tutti gli scenari. Secondo, la perdita nazionale cresce tra il 2030 e il 2040 e tende a stabilizzarsi nel 2050; il totale complessivo, invece, si riduce parzialmente nel 2050 perché la componente indiretta estera torna positiva. Terzo, le componenti si muovono in direzioni diverse. La componente diretta nazionale diviene sempre più negativa, mentre l'indiretto nazionale è positivo e cresce nel tempo. L'indiretto estero è negativo nel 2030 e nel 2040, ma diventa positivo nel 2050. Il saldo finale negativo è quindi il risultato di una ricomposizione tra lavoro diretto e lavoro attivato, nazionale ed estero, lungo le filiere produttive.

Questo profilo è coerente con la letteratura sugli scenari input-output della transizione energetica: gli effetti dipendono dal mix tra attività che si contraggono, attività che richiedono nuovi investimenti, attività di fornitura e segmenti operativi più stabili (Černý et al., 2021; Ram et al., 2020). Nello scenario in discussione, il saldo negativo non va interpretato come previsione di perdita netta di posti di

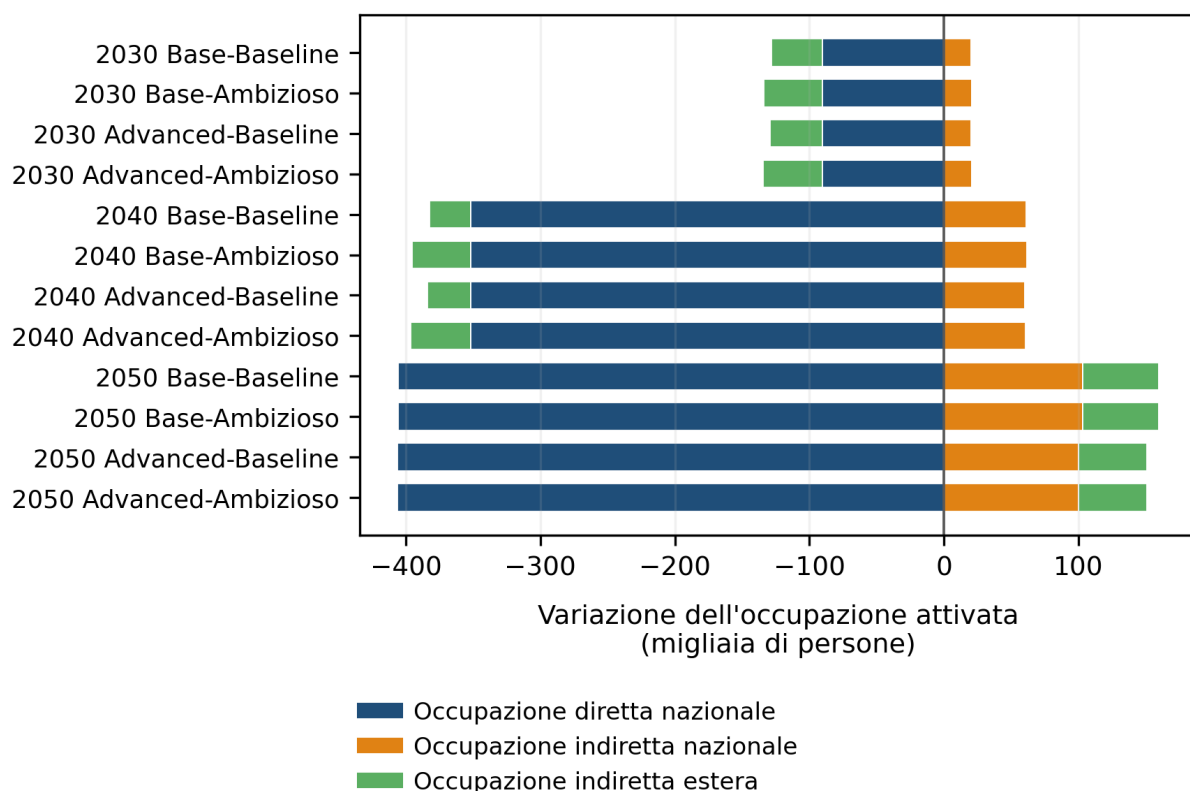
Tabella 5 – Variazione dell'occupazione attivata rispetto al 2019

Anno	Elettrificazione	Mix elettrico	Diretta naz.	Indiretta naz.	Tot. naz.	Indiretta est.	Tot. compless.	Δ% naz.
2030	Base	Baseline	-90,16	20,40	-69,76	-38,31	-108,07	-0,34
2030	Base	Ambizioso	-90,15	20,67	-69,48	-43,62	-113,10	-0,34
2030	Advanced	Baseline	-90,16	20,18	-69,98	-38,88	-108,86	-0,34
2030	Advanced	Ambizioso	-90,15	20,45	-69,70	-44,12	-113,82	-0,34
2040	Base	Baseline	-351,82	61,29	-290,53	-30,14	-320,67	-1,43
2040	Base	Ambizioso	-351,81	61,95	-289,86	-42,97	-332,82	-1,43
2040	Advanced	Baseline	-351,83	60,45	-291,38	-31,94	-323,33	-1,44
2040	Advanced	Ambizioso	-351,82	61,07	-290,75	-44,02	-334,76	-1,43
2050	Base	Baseline	-405,92	103,24	-302,68	56,56	-246,11	-1,49
2050	Base	Ambizioso	-405,92	103,24	-302,68	56,56	-246,11	-1,49
2050	Advanced	Baseline	-405,96	100,37	-305,59	51,10	-254,48	-1,51
2050	Advanced	Ambizioso	-405,96	100,37	-305,59	51,10	-254,48	-1,51

Nota. Valori in migliaia di persone. Il totale nazionale somma l'occupazione diretta nazionale e indiretta nazionale. Il totale complessivo include anche l'occupazione indiretta estera attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani. La variazione percentuale è calcolata rispetto all'occupazione nazionale attivata nel 2019. Nel 2050, per ciascun profilo di elettrificazione, le righe Baseline e Ambizioso coincidono perché entrambi gli scenari di mix elettrico raggiungono una quota green pari al 100% nel blocco modellato, come indicato nella Tabella 3.

lavoro, ma come misura dell'occupazione attivata dalla struttura simulata di tecnologia e domanda. La differenza tra componenti segnala che la transizione può ridurre alcune forme di occupazione diretta e aumentare alcune attività di fornitura. In questo quadro emerge la necessità di relazioni industriali robuste, capaci di governare la transizione e accompagnarne gli effetti sul lavoro.

Figura 23 – Variazione dell'occupazione attivata negli scenari MRIO



Nota. La figura mostra la variazione assoluta dell'occupazione attivata rispetto al benchmark 2019 nei diversi scenari di decarbonizzazione ed elettrificazione. Gli scenari combinano anno di proiezione, intensità di elettrificazione, Base o Advanced, e profilo del mix elettrico, Baseline o Ambizioso. Le variazioni sono scomposte in componente diretta nazionale, indiretta nazionale e indiretta estera. I valori sono espressi in migliaia di persone.

La Figura 23 rende visibile la diversa direzione delle componenti occupazionali appena descritte. La perdita diretta nazionale domina il saldo, mentre l'indiretto nazionale ha un ruolo compensativo. L'indiretto estero cambia segno nell'orizzonte più lungo, segnalando che, nella configurazione simulata al 2050, alcune catene internazionali tornano ad essere attivate positivamente. Questa informazione è importante perché distingue la dimensione nazionale della transizione dalla sua dimensione globale: un paese può ridurre occupazione diretta in alcuni comparti e, simultaneamente, attivare lavoro in fornitori nazionali o esteri. Sostituzione e complementarietà diventano tematiche centrali delle politiche del lavoro e della formazione.

8.5 Canale tecnologico e canale di domanda

Come chiarito sopra, lo scenario completo combina gli effetti dell'elettrificazione con quelli associati alla riallocazione della domanda finale. La Tabella 6 riassume i dati delle proiezioni e separa il canale tecnologico dal residuo contabile associato alla riallocazione della domanda finale. La colonna "Tecnologia, domanda 2019" utilizza come benchmark la domanda finale registrata nel 2019 per tutti gli scenari. La colonna "Domanda finale, residuo contabile" misura la differenza tra scenario completo e scenario a domanda costante.

Tabella 6 – Scomposizione tra canale tecnologico e canale di domanda

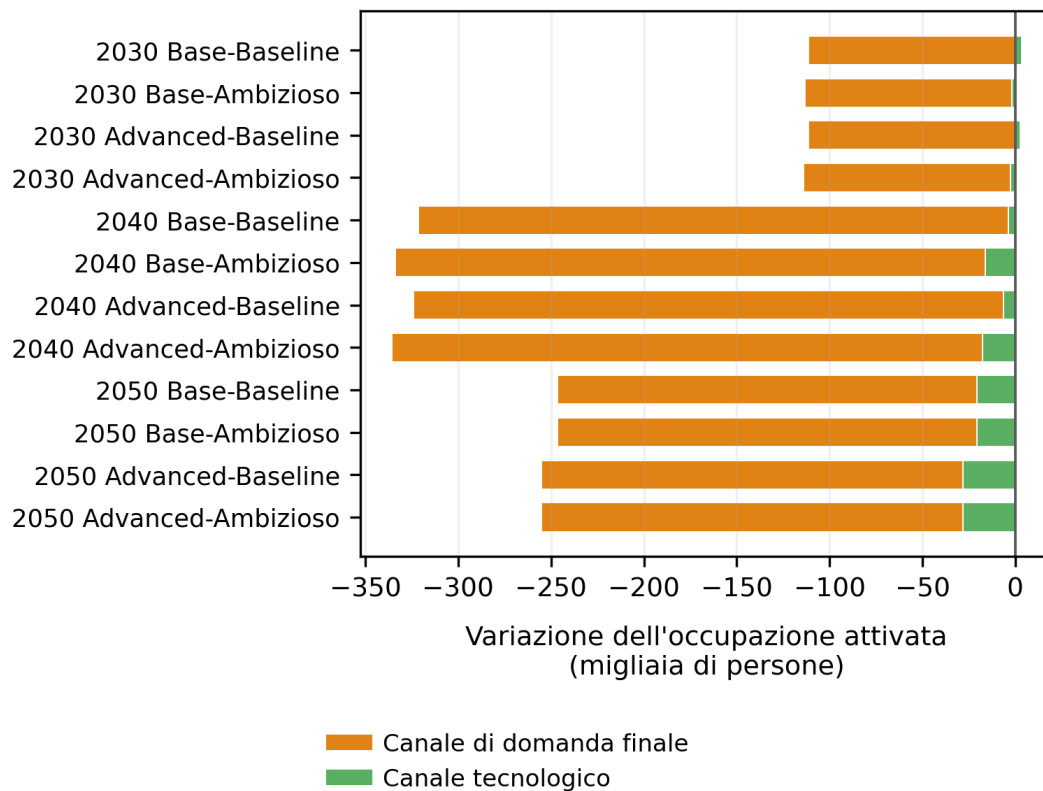
Anno	Elettrificazione	Mix elettrico	Tecnologia, domanda 2019	Domanda finale, residuo contabile	Scenario completo
2030	Base	Baseline	3,28	-111,34	-108,07
2030	Base	Ambizioso	-1,75	-111,35	-113,10
2030	Advanced	Baseline	2,50	-111,35	-108,86
2030	Advanced	Ambizioso	-2,46	-111,36	-113,82
2040	Base	Baseline	-3,76	-316,92	-320,67
2040	Base	Ambizioso	-15,70	-317,12	-332,82
2040	Advanced	Baseline	-6,15	-317,18	-323,33
2040	Advanced	Ambizioso	-17,42	-317,35	-334,76
2050	Base	Baseline	-20,19	-225,93	-246,11
2050	Base	Ambizioso	-20,19	-225,93	-246,11
2050	Advanced	Baseline	-27,90	-226,58	-254,48
2050	Advanced	Ambizioso	-27,90	-226,58	-254,48

Nota. Valori in migliaia di persone. La colonna "Tecnologia, domanda 2019" isola l'effetto della trasformazione tecnologica mantenendo la domanda finale ai livelli del 2019. La colonna "Domanda finale, residuo contabile" misura la differenza tra scenario completo e scenario a domanda costante; va quindi interpretata come contributo contabile della riallocazione della domanda finale. Lo scenario completo è dato dalla somma tra canale tecnologico e residuo di domanda. I valori si riferiscono all'occupazione complessiva attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani, inclusa la componente indiretta estera.

Il risultato più importante da rimarcare è che l'impatto del canale tecnologico dei settori target sull'occupazione è contenuto rispetto all'effetto complessivo. Nel 2030 i valori del canale tecnologico si distribuiscono tra -2,46 e 3,28 mila unità a seconda dello scenario; nel 2040 tra -17,42 e -3,76; nel 2050 tra -27,90 e -20,19. La maggior parte dell'effetto occupazionale complessivo deriva quindi dalla riallocazione della domanda finale, più che dal cambiamento dei coefficienti energetici nei settori target. Va tuttavia sottolineato che, nello scenario, la riallocazione della domanda finale è un'ipotesi esogena coerente con la traiettoria di decarbonizzazione e non un effetto endogeno del cambiamento tecnologico modellato.

La Figura 24 chiarisce questo aspetto. L'elettrificazione nei settori target, intesa come sostituzione di input fossili con elettricità e cambiamento del mix elettrico, modifica la struttura delle filiere ma non genera, da sola, gran parte dello spostamento occupazionale aggregato osservato nella proiezione. L'effetto più ampio emerge quando la tecnologia *green* si combina con una diversa composizione della domanda finale. In termini di policy, ciò implica che l'occupazione non dipende solo dalle caratteristiche

Figura 24 – Canale tecnologico e canale di domanda negli scenari MRIO



Nota. La figura scompone la variazione dell'occupazione attivata rispetto al benchmark 2019 tra canale tecnologico e canale di domanda finale. Il canale tecnologico misura l'effetto delle modifiche nei coefficienti tecnici associate a elettrificazione, mix elettrico ed efficienza energetica mantenendo la domanda al 2019; il canale di domanda finale è un residuo contabile calcolato come differenza tra lo scenario completo e lo scenario a domanda costante. I valori sono espressi in migliaia di persone.

occupazionali delle tecnologie adottate per l'elettrificazione, ma anche da come le politiche e le ipotesi di scenario riallocano consumi privati, investimenti e domanda pubblica tra settori.

Questa distinzione è utile per discutere il ruolo della politica industriale. Se il canale di domanda domina anche nel medio periodo, allora la transizione può essere orientata attraverso investimenti pubblici, incentivi, standard ambientali e strategie settoriali. Se invece ci si limita a guardare solo i coefficienti tecnici, si rischia di sottovalutare il ruolo della domanda finale nel determinare l'occupazione attivata a seguito dell'elettrificazione.

In questa prospettiva, gli interventi di politica industriale non agiscono soltanto come correttivo dei fallimenti di mercato, ma come *leva* di coordinamento intersettoriale capace di indicare traiettorie di sviluppo coerenti con gli obiettivi della transizione. La riallocazione della domanda finale, infatti, non è un esito spontaneo né neutrale: dipende da priorità pubbliche, architetture di incentivo e aspettative degli operatori. Ciò implica che strumenti come la programmazione degli investimenti, il sostegno alle filiere strategiche e le politiche di *procurement* possono amplificare gli effetti occupazionali nelle attività a maggiore contenuto di lavoro o con più elevati moltiplicatori interni.

Al tempo stesso, emerge l'esigenza di affiancare a queste leve una governance capace di anticipare gli effetti distributivi della transizione. Se la domanda si sposta tra settori e filiere, l'impatto sull'occupazione sarà inevitabilmente eterogeneo per territori, qualifiche e tipologie contrattuali. Ne consegue che politiche attive del lavoro, formazione mirata e strumenti di accompagnamento alla mobilità diventano parte integrante della politica industriale, e non un suo complemento ex-post.

Infine, considerare il ruolo del canale della domanda consente di leggere l'elettrificazione non solo come un processo di sostituzione tecnologica, ma come una trasformazione più ampia dei modelli di consumo e produzione. In questo senso, la qualità e la direzione della domanda finale diventano variabili strategiche: orientarle significa determinare non solo quanta occupazione verrà attivata, ma anche quale tipo di lavoro e quali filiere produttive devono essere sostenute nel lungo periodo.

8.6 Riallocazione settoriale

Questa lettura aggregata non deve però nascondere la portata della riallocazione settoriale. Nello scenario Base-Baseline, i principali settori in espansione e contrazione sono riportati nella Tabella 7.

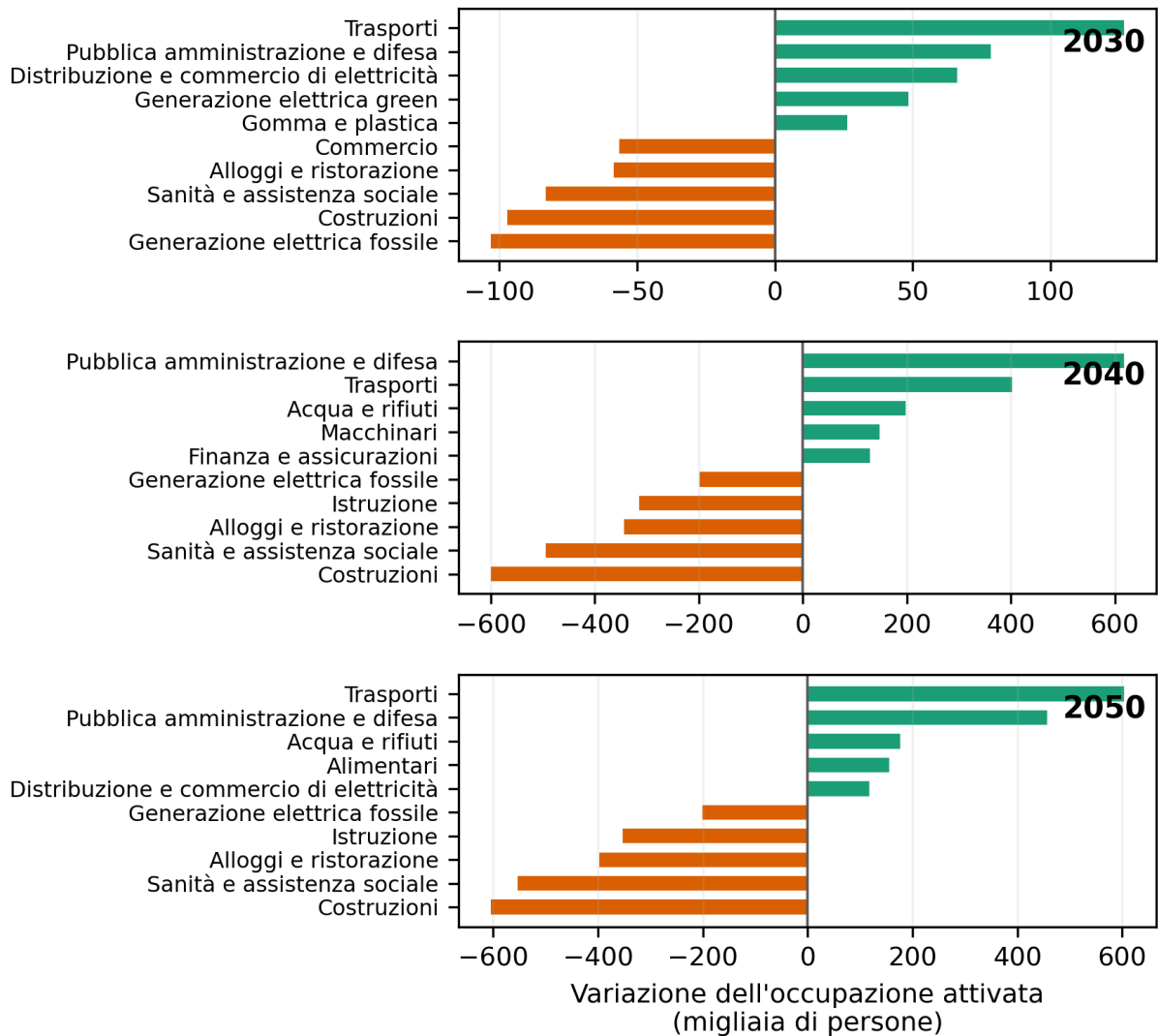
Tabella 7 – Principali settori in aumento e in diminuzione nello scenario Base-Baseline

Anno	Aumenti principali	Riduzioni principali
2030	Trasporti e magazzinaggio (+126,9); PA, difesa e sicurezza sociale (+78,5); distribuzione e commercio di elettricità (+66,4); elettricità green (+48,8); gomma e plastica (+26,5)	Elettricità fossile (−103,3); costruzioni (−97,4); sanità e assistenza sociale (−83,3); alloggio e ristorazione (−58,8); commercio (−56,7)
2040	PA, difesa e sicurezza sociale (+619,0); trasporti e magazzinaggio (+403,5); acqua, rifiuti e servizi ambientali (+199,3); macchinari e apparecchiature (+149,2); attività finanziarie e assicurative (+130,2)	Costruzioni (−601,2); sanità e assistenza sociale (−495,2); alloggio e ristorazione (−345,1); istruzione (−316,4); elettricità fossile (−200,5)
2050	Trasporti e magazzinaggio (+605,0); PA, difesa e sicurezza sociale (+458,5); acqua, rifiuti e servizi ambientali (+178,0); alimentari e bevande (+156,7); distribuzione e commercio di elettricità (+118,6)	Costruzioni (−605,6); sanità e assistenza sociale (−554,6); alloggio e ristorazione (−398,8); istruzione (−354,0); elettricità fossile (−202,6)

Nota. Valori tra parentesi in migliaia di persone. Le variazioni si riferiscono all'occupazione complessiva attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani, inclusa la componente indiretta estera. Lo scenario Base-Baseline combina il profilo di elettrificazione Base e il mix elettrico Baseline.

La Figura 25 conferma che la transizione non può essere letta come semplice sostituzione tra energia fossile e rinnovabile. Gli *aumenti occupazionali* coinvolgono trasporti, pubblica amministrazione, utilities, macchinari, finanza, alimentari e automotive in alcuni orizzonti. Le *riduzioni occupazionali* riguardano non solo elettricità fossile, ma anche costruzioni, sanità, istruzione, alloggio e ristorazione,

Figura 25 – Principali aumenti e riduzioni settoriali dell'occupazione attivata nello scenario Base-Baseline



Nota. La figura mostra, per ciascun orizzonte temporale, i cinque maggiori aumenti e le cinque maggiori riduzioni settoriali dell'occupazione complessiva attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani rispetto al benchmark 2019 nello scenario Base-Baseline. Le variazioni sono espresse in migliaia di persone. Le sigle riportate sull'asse verticale identificano i settori secondo la classificazione EXIOBASE utilizzata nel modello.

commercio e altri servizi. La dimensione di filiera è quindi decisiva: settori non direttamente emissivi possono contrarsi perché la domanda finale e gli input indiretti si ricompongono.

Questa evidenza empirica richiede prudenza interpretativa. Per esempio, la riduzione di settori come sanità o istruzione non va letta come previsione desiderabile. È però il risultato contabile della riallocazione simulata della domanda, delle modifiche tecniche imposte ai settori target e dei coefficienti occupazionali mantenuti fissi al 2019. Proprio per questo è informativa: mostra che una transizione guidata da alcuni criteri ambientali può produrre effetti *collaterali* su settori socialmente cruciali se non è accompagnata da politiche che stabilizzino investimenti pubblici, domanda di servizi e qualità del lavoro.

In questa prospettiva, l'elettrificazione presenta al tempo stesso rischi e prospettive. Tra i primi vi è il pericolo di una riallocazione sbilanciata, in cui l'espansione delle filiere energetiche e manifatturiere non compensa pienamente la contrazione di servizi ad alta intensità di lavoro o ad elevato valore sociale, con possibili effetti regressivi su occupazione e territori. Si aggiunge il rischio di dipendenze tecnologiche e di colli di bottiglia nelle catene di approvvigionamento, che possono limitare la capacità di catturare valore lungo le nuove filiere. D'altra parte, le prospettive sono rilevanti: l'elettrificazione può attivare investimenti infrastrutturali, innovazione e upgrading produttivo, favorendo la creazione di nuove competenze e l'emergere di segmenti a maggiore contenuto tecnologico. La direzione che prevarrà dipenderà in larga misura dalla capacità delle politiche pubbliche di governare queste dinamiche, orientando la composizione della domanda, sostenendo le filiere strategiche e mitigando gli effetti distributivi della transizione.

8.7 Genere e istruzione

La scomposizione per genere e istruzione è ottenuta applicando allo stesso sistema MRIO i coefficienti occupazionali del 2019 specifici per categoria. Lo scenario Base-Baseline combina il profilo di elettrificazione Base e il mix elettrico Baseline; lo scenario Advanced-Ambizioso combina il profilo di elettrificazione Advanced e il mix elettrico Ambizioso. I valori si riferiscono all'occupazione complessiva attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani, inclusa la componente indiretta estera. La Tabella 8 riporta le variazioni per genere e per livello di istruzione nei due scenari.

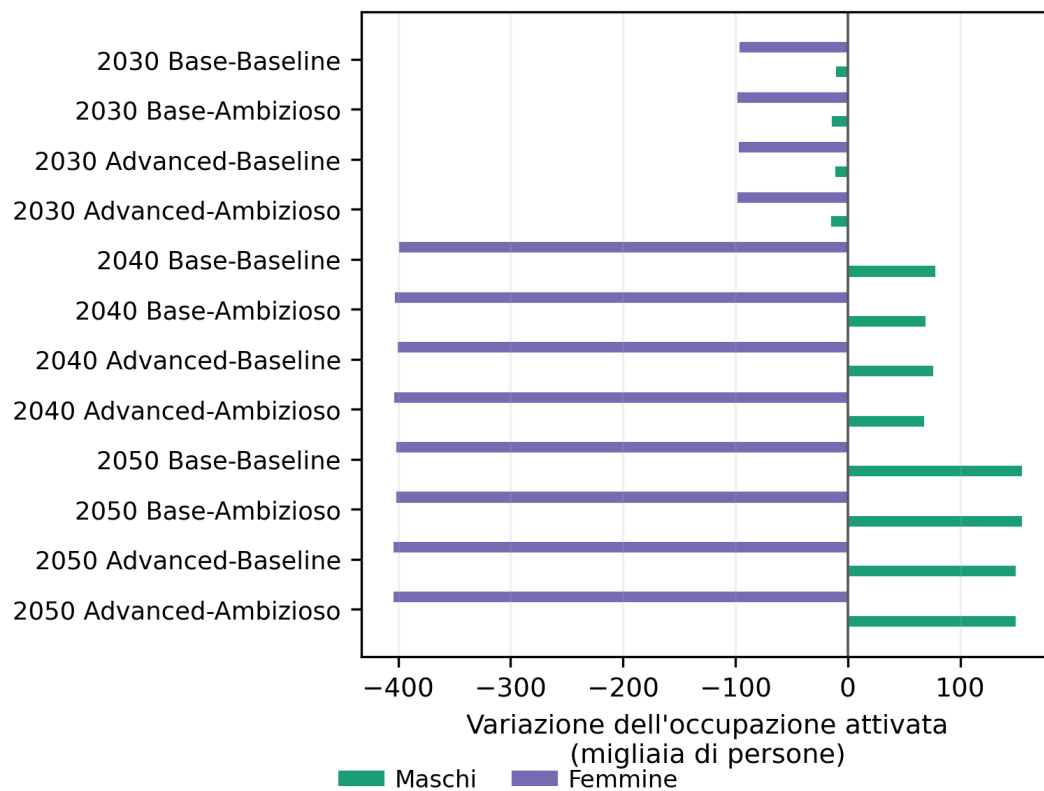
Tabella 8 – Variazione dell'occupazione attivata per genere e livello di istruzione

Anno	Elettrificazione	Mix elettrico	Uomini	Donne	Bassa istr.	Media istr.	Alta istr.
2030	Base	Baseline	-11,11	-96,96	-9,93	-15,32	-82,81
2040	Base	Baseline	78,98	-399,65	-18,67	37,69	-339,69
2050	Base	Baseline	155,68	-401,79	9,96	132,92	-388,99
2030	Advanced	Ambizioso	-15,12	-98,70	-10,57	-18,75	-84,50
2040	Advanced	Ambizioso	69,17	-403,94	-20,22	29,34	-343,89
2050	Advanced	Ambizioso	150,10	-404,58	9,23	128,40	-392,11

Nota. Valori in migliaia di persone. Le variazioni sono calcolate rispetto al benchmark del 2019 e si riferiscono all'occupazione complessiva attivata dalla domanda finale rivolta ai settori italiani, inclusa la componente indiretta estera. Lo scenario Base-Baseline combina il profilo di elettrificazione Base e il mix elettrico Baseline; lo scenario Advanced-Ambizioso combina il profilo di elettrificazione Advanced e il mix elettrico Ambizioso.

Nel caso Base-Baseline, l'occupazione attivata maschile passa da una lieve riduzione nel 2030 a un aumento nel 2040 e nel 2050; quella femminile rimane invece fortemente negativa, soprattutto dal 2040 in poi. Lo scenario Advanced-Ambizioso conferma la stessa prospettiva. Il risultato va interpretato come effetto di ricomposizione: i settori che aumentano di dimensione hanno già nella struttura 2019 una maggiore intensità occupazionale maschile. Quelli che si riducono includono sanità, istruzione e servizi, dove la componente femminile è più rilevante in partenza.

Figura 26 – Variazione dell'occupazione attivata per genere negli scenari MRIO



Nota. La figura mostra la variazione dell'occupazione attivata rispetto al benchmark 2019 nei diversi scenari di decarbonizzazione ed elettrificazione. Le variazioni sono scomposte tra occupazione maschile e femminile. I valori sono espressi in migliaia di persone.

La Figura 26 rende visibile il rischio di una *transizione sbilanciata* per genere. Ciò accade non perché le tecnologie verdi siano necessariamente maschili, ma perché la composizione settoriale attivata dallo scenario favorisce attività tradizionalmente più maschili. Questo punto è coerente con la letteratura sulle rinnovabili e sulle attività ingegneristiche e di costruzione, che segnala il rischio di riprodurre “segregazioni” occupazionali se non si interviene con le politiche attive del lavoro su orientamento, riqualificazione, accesso alla formazione tecnica e qualità dei percorsi professionali (Černý et al., 2021; Cedefop, 2021).

La scomposizione per *istruzione* mostra un pattern altrettanto netto. La componente ad alta istruzione è quella più penalizzata nello scenario, mentre la componente a media istruzione diventa positiva negli orizzonti più lunghi. Anche in questo caso il risultato non implica che la transizione sia intrinsecamente meno qualificata. Riflette la composizione settoriale coerente con lo scenario: la contrazione di sanità, istruzione e altri servizi ad alta intensità di lavoro qualificato pesa sulla componente ad alta qualificazione, mentre l'espansione di trasporti, utilities, macchinari, automotive e comparti industriali sostiene la componente a media qualificazione.

Questa lettura rafforza una considerazione più generale sulla ricomposizione per genere del mercato del lavoro. I settori in contrazione — come sanità, istruzione e alcuni servizi — presentano in molti contesti una più elevata incidenza di occupazione femminile, mentre diversi comparti in espansione legati all'elettrificazione e alla manifattura risultano ancora caratterizzati da una maggiore presenza maschile. Ne deriva il rischio che la transizione, se non accompagnata da politiche mirate, possa accentuare squilibri di genere sia in termini di partecipazione sia di qualità dell'occupazione. Allo stesso tempo, questa dinamica apre uno spazio di intervento: investimenti in formazione tecnica e scientifica inclusiva, politiche attive orientate alla transizione e misure per l'accesso femminile alle filiere industriali e tecnologiche possono trasformare un potenziale fattore di divergenza in un'opportunità di riequilibrio. In altri termini, anche la dimensione di genere diventa una variabile endogena alla qualità della transizione, e non un esito automatico del cambiamento tecnologico.

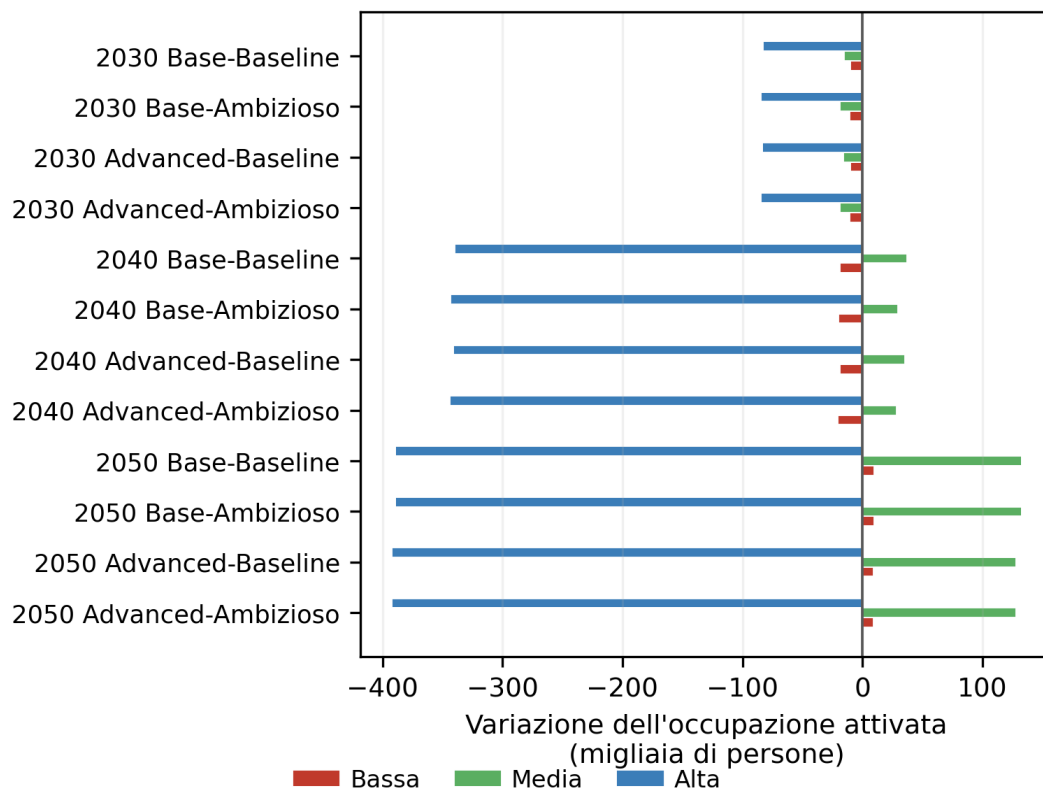
La Figura 27 deve essere letta come segnale strategico per le politiche formative. Se la domanda si sposta verso attività a media qualificazione tecnica e manifatturiera, il sistema di istruzione e formazione professionale diventa centrale. Tuttavia, la perdita della componente ad alta qualificazione associata alla contrazione di alcuni servizi sociali suggerisce anche che la transizione verde non può essere separata dalle politiche pubbliche nei settori della cura, dell'istruzione e dei servizi collettivi. In altri termini, una transizione giusta non richiede solo più competenze tecniche verdi, ma anche una strategia per evitare che i servizi ad alta intensità di lavoro vengano compressi dalla riallocazione della domanda.

8.8 Focus settoriali: automotive, acciaio, vetro e ceramica

Questa sezione approfondisce quattro casi di studio particolarmente rilevanti per la transizione industriale: automotive, acciaio, vetro e ceramica. Acciaio, vetro e ceramica appartengono ai settori energivori e *hard-to-abate*, nei quali la riduzione delle emissioni richiede cambiamenti tecnologici rilevanti nei processi produttivi. L'automotive rappresenta invece un comparto centrale nella transizione verso l'elettrificazione, con effetti potenzialmente ampi non solo sulla produzione finale, ma anche sulla rete dei fornitori, sui servizi collegati e sulla domanda di competenze. L'obiettivo non è isolare una previsione puntuale per ciascun settore, ma mostrare come la stessa ipotesi di transizione possa generare effetti occupazionali diversi per intensità, direzione e composizione lungo le filiere.

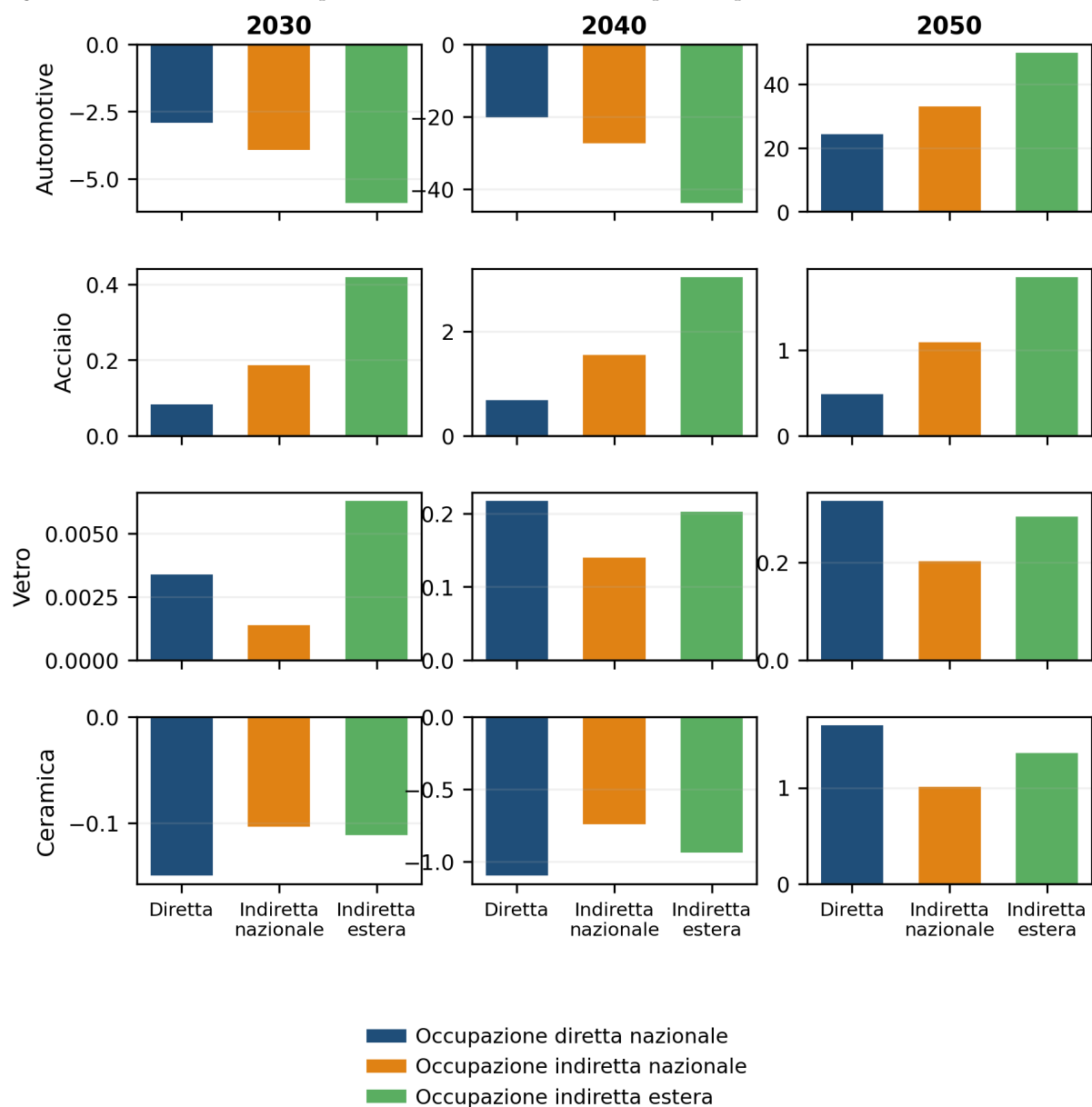
La Figura 28 mostra che i quattro casi di studio hanno profili molto diversi. In risposta allo shock complessivo indotto dal cambiamento tecnologico e dalla variazione della domanda finale intersettoriale, l'automotive è il comparto con la variazione dell'occupazione più ampia e più instabile nel tempo. Nel 2030 gli effetti sono contenuti e leggermente negativi, nel 2040 diventano più marcatamente

Figura 27 – Variazione dell'occupazione attivata per livello di istruzione negli scenari MRIO



Nota. La figura mostra la variazione dell'occupazione attivata rispetto al benchmark 2019 nei diversi scenari di decarbonizzazione ed elettrificazione. Le variazioni sono scomposte per livello di istruzione: bassa, media e alta. I valori sono espressi in migliaia di persone.

Figura 28 – Variazione dell'occupazione attivata nei casi di studio per componente di filiera

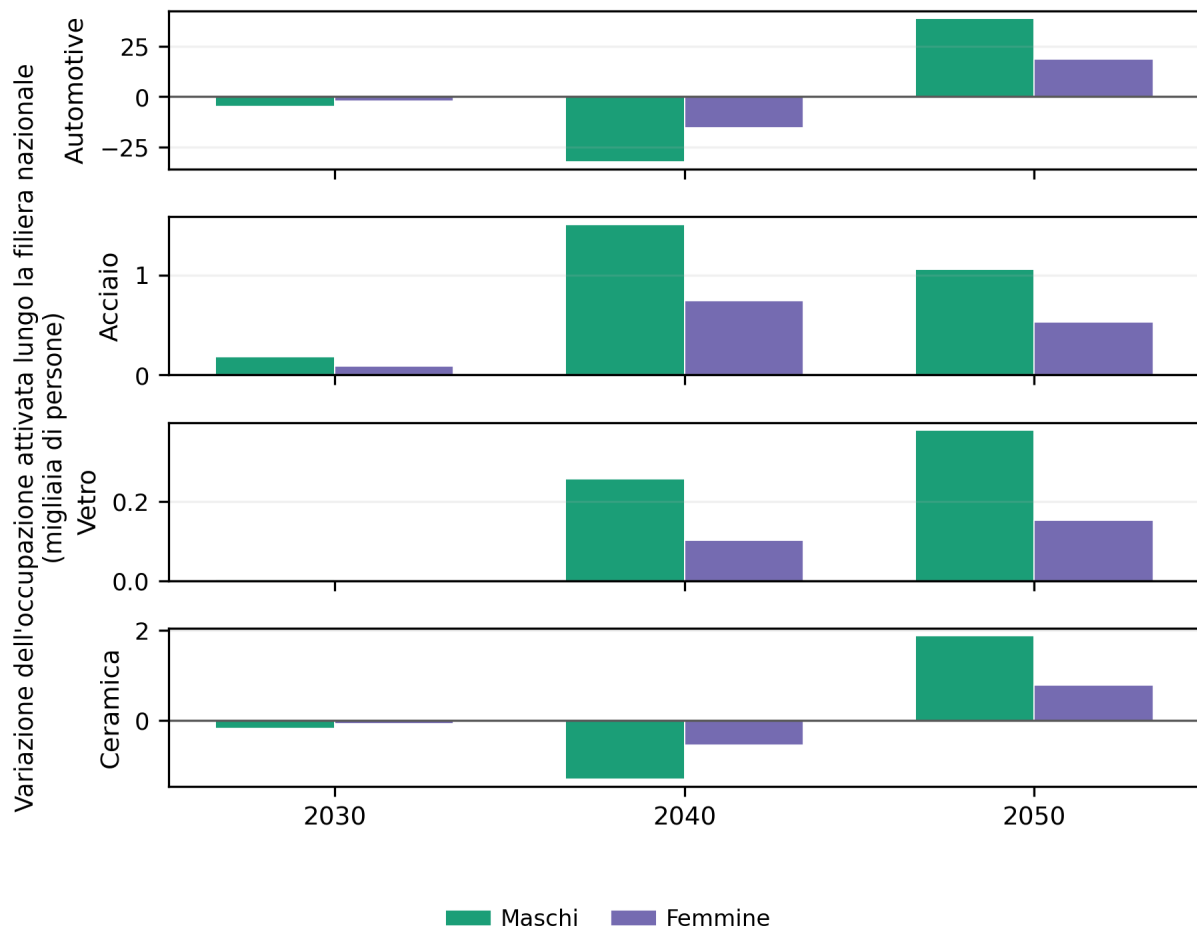


Nota. La figura mostra la variazione dell'occupazione attivata rispetto al benchmark 2019 nei quattro casi di studio: automotive, acciaio, vetro e ceramica. I pannelli distinguono gli orizzonti 2030, 2040 e 2050 nello scenario Base-Baseline. Le barre scompongono la variazione in occupazione diretta nazionale, indiretta nazionale e indiretta estera. I valori sono espressi in migliaia di persone.

negativi, mentre nel 2050 si osserva un'inversione di segno. Questo andamento suggerisce che la transizione dell'automotive non è lineare: nella fase intermedia prevalgono gli effetti di riorganizzazione della filiera, mentre nell'orizzonte più lungo l'elettrificazione può attivare nuova occupazione diretta e indiretta. La componente indiretta estera è particolarmente rilevante, a conferma della forte integrazione internazionale della catena del valore del comparto.

Acciaio, vetro e ceramica presentano variazioni dell'occupazione più contenute in valore assoluto, ma utili per cogliere la trasmissione della transizione nei settori energivori e nei materiali intermedi. L'acciaio mostra effetti positivi lungo l'intero orizzonte, con un'attivazione che coinvolge soprattutto la filiera indiretta. Il vetro presenta effetti molto limitati in termini assoluti, ma progressivamente positivi dal 2040. La ceramica mostra invece una fase iniziale di contrazione, seguita da un recupero nell'orizzonte più lungo. Nel complesso, questi risultati sono coerenti con la natura dei settori *hard-to-abate*: la trasformazione tecnologica non si esaurisce all'interno del settore produttivo, ma coinvolge fornitori di energia, beni intermedi, impianti, servizi tecnici e attività collegate. Anche quando il saldo complessivo è limitato, la filiera rimane quindi il canale principale attraverso cui la transizione si trasmette al sistema produttivo.

Figura 29 – Variazione dell'occupazione attivata lungo la filiera nazionale nei casi di studio per genere



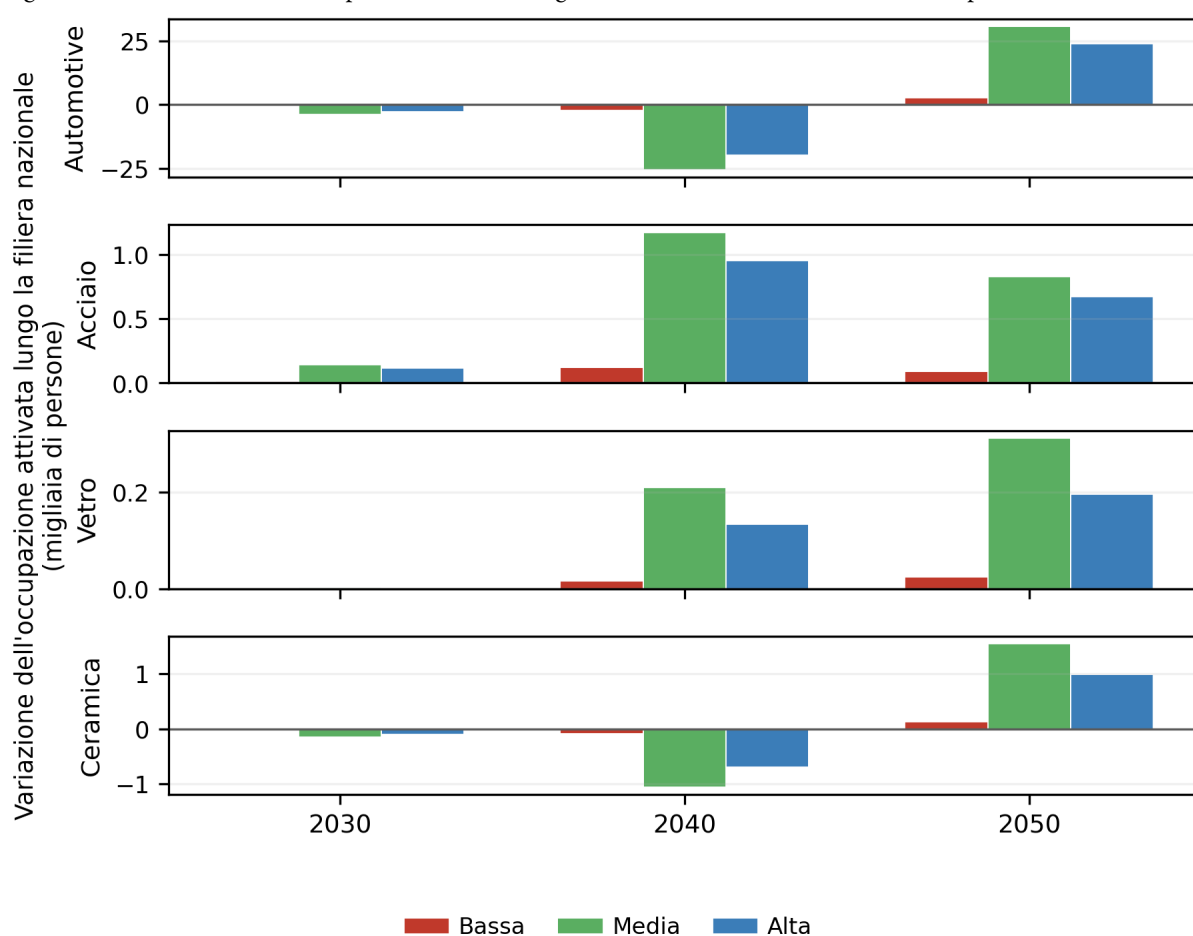
Nota. La figura mostra la variazione dell'occupazione attivata lungo la filiera nazionale rispetto al benchmark 2019 nei quattro casi di studio: automotive, acciaio, vetro e ceramica. I pannelli distinguono gli orizzonti 2030, 2040 e 2050 nello scenario Base-Baseline. Le barre scompongono la variazione tra occupazione maschile e femminile. I valori sono espressi in migliaia di persone.

La Figura 29 evidenzia una seconda dimensione della riallocazione, relativa alla composizione *per genere*. Nei quattro casi di studio, gli effetti occupazionali lungo la filiera nazionale sono concentrati

prevalentemente sulla componente maschile. Questo vale sia nelle fasi di espansione sia in quelle di contrazione, in particolare nell'automotive e nei comparti industriali energivori. Il risultato non va interpretato come una caratteristica intrinseca delle tecnologie verdi, ma come conseguenza della composizione occupazionale iniziale dei settori attivati dallo scenario, ancora fortemente sbilanciata verso l'occupazione maschile.

La lettura distributiva è quindi rilevante. Se la transizione attiva soprattutto comparti industriali, tecnici e manifatturieri con maggiore presenza maschile, il saldo occupazionale può migliorare senza produrre automaticamente un riequilibrio di genere. Ne deriva un rischio specifico: in assenza di politiche di accesso, orientamento, formazione e riqualificazione mirate, la transizione può rafforzare segmentazioni già presenti nel mercato del lavoro. Allo stesso tempo, proprio la crescita potenziale di queste filiere può diventare un'occasione per ampliare la partecipazione femminile nei settori tecnici e industriali, purché tale obiettivo sia incorporato nelle politiche attive e nelle relazioni industriali.

Figura 30 – Variazione dell'occupazione attivata lungo la filiera nazionale nei casi di studio per livello di istruzione



Nota. La figura mostra la variazione dell'occupazione attivata lungo la filiera nazionale rispetto al benchmark 2019 nei quattro casi di studio: automotive, acciaio, vetro e ceramica. I pannelli distinguono gli orizzonti 2030, 2040 e 2050 nello scenario Base-Baseline. Le barre scompongono la variazione per livello di istruzione: bassa, media e alta. I valori sono espressi in migliaia di persone.

La Figura 30 aggiunge un ulteriore elemento relativo alla composizione della forza lavoro *per titolo di studio*. Nell'automotive, la contrazione intermedia e il successivo recupero riguardano soprattutto le componenti a media e alta istruzione, mentre la componente a bassa istruzione resta relativamente marginale. Acciaio, vetro e ceramica mostrano invece un'attivazione occupazionale concentrata soprattutto sui profili a media istruzione, con un contributo positivo anche dell'alta istruzione negli orizzonti in

cui il saldo occupazionale diventa positivo. Questo conferma che la transizione industriale richiede competenze tecniche, ingegneristiche e organizzative, ma anche percorsi di formazione professionale capaci di accompagnare la riconversione dei lavoratori esposti.

Nel complesso, i quattro casi di studio confermano che la questione occupazionale non riguarda solo il numero complessivo di posti di lavoro attivati o disattivati. Conta anche dove questi posti si collocano lungo la filiera, quali gruppi di lavoratori coinvolgono e quali competenze richiedono. L'automotive segnala il rischio di una fase intermedia di aggiustamento con perdite occupazionali rilevanti prima di un possibile recupero successivo. Acciaio, vetro e ceramica mostrano effetti più contenuti, ma coerenti con un processo graduale e differenziato di riconversione tecnologica nei settori energivori. In tutti e quattro i casi, la transizione appare governabile solo se accompagnata da politiche industriali, formative e contrattuali capaci di anticipare gli effetti distributivi della riallocazione.

Confronto con scenari di studi analoghi

Le stime presentate in questo rapporto vanno lette come un esercizio di contabilità strutturale, non come una previsione puntuale dell'occupazione futura. In questa prospettiva, l'ordine di grandezza dei risultati è coerente con la letteratura europea sulla transizione verde, che tende a individuare effetti aggregati netti contenuti rispetto alla scala complessiva del mercato del lavoro, ma accompagnati da riallocazioni settoriali e professionali molto più marcate.

I principali rapporti disponibili convergono su questo punto. Le simulazioni di Eurofound sul pacchetto *Fit for 55* indicano effetti netti sull'occupazione europea complessivamente modesti rispetto alla crescita occupazionale di base, pur con differenze rilevanti tra settori, paesi e gruppi di lavoratori (Eurofound, 2023). Le previsioni Cedefop per l'Italia mostrano una dinamica occupazionale aggregata moderata nel medio periodo, ma con cambiamenti nella composizione settoriale, professionale e per livello di competenze (Cedefop, 2025). Anche l'IEA sottolinea che la transizione energetica non produce solo variazioni nette dell'occupazione, ma soprattutto uno spostamento della domanda di lavoro verso elettricità, reti, rinnovabili, accumulo, efficienza energetica e nuove competenze tecniche (International Energy Agency, 2025b).

Il contributo del presente rapporto si colloca quindi nello stesso ordine di grandezza. Gli effetti aggregati sono limitati rispetto alla scala complessiva del mercato del lavoro, mentre la dimensione più rilevante riguarda la redistribuzione dell'occupazione attivata tra settori, filiere e profili professionali. La differenza rispetto ad alcuni scenari macroeconomici, che trovano saldi netti lievemente positivi, dipende dalla natura dell'esercizio qui proposto. Il rapporto non simula un programma completo di investimenti pubblici e privati, politiche fiscali compensative o feedback macroeconomici; misura invece gli effetti contabili di una ricomposizione della domanda finale e di modifiche dei coefficienti tecnici lungo le catene del valore. Per questa ragione, i risultati devono essere interpretati come una misura della pressione riallocativa associata alla transizione, più che come una previsione del numero futuro di occupati.

8.9 Interpretazione del secondo esercizio

Il secondo esercizio appena analizzato chiarisce due aspetti. Il primo è metodologico: cambiare i coefficienti energetici nei settori target produce effetti occupazionali aggregati relativamente contenuti se la domanda finale non cambia. Il grosso della variazione aggregata nasce, infatti, dalla riallocazione della domanda finale e dal modo in cui si propaga lungo le catene del valore. Il secondo punto è più propriamente politico: la transizione genera effetti redistributivi rilevanti anche quando il saldo

aggregato appare moderato. Le differenze tra componenti di filiera, settori, genere e istruzione sono più importanti del solo totale nazionale.

Questa conclusione è coerente con l'approccio MRIO. Il valore degli scenari non è prevedere il futuro, ma rendere visibili e quantificare le conseguenze di ipotesi esplicite. Se la domanda finale, gli input energetici o il mix elettrico cambiano, il modello mostra quali settori e quali componenti occupazionali vengono attivate o disattivate. Il passo successivo, non sostituibile dal modello, è decidere come governare queste riallocazioni.

9. Conclusioni e implicazioni di policy

Il punto di partenza degli esercizi di scenario è rappresentato dai fatti stilizzati descritti nella Sezione 5. Le principali caratteristiche della struttura produttiva, ambientale e occupazionale italiana possono essere sintetizzate come segue:

- **Le emissioni e l'uso di energia sono concentrati in pochi comparti.** Le maggiori pressioni ambientali si collocano prevalentemente a monte delle catene del valore e riguardano la produzione energetica da fonti fossili, la raffinazione, i trasporti e le industrie dei materiali.
- **Valore aggiunto e occupazione sono concentrati in settori differenti.** Il peso economico e, soprattutto, la capacità occupazionale risultano maggiormente localizzati nei servizi, nel commercio, nella sanità, nell'istruzione, nelle costruzioni, negli alloggi e nella ristorazione. I settori più rilevanti per la decarbonizzazione non coincidono quindi necessariamente con quelli che occupano il maggior numero di lavoratori.
- **La vulnerabilità sociale non coincide meccanicamente con l'intensità emissiva.** Una politica orientata esclusivamente alla riduzione delle emissioni dirette rischierebbe di sottovalutare gli effetti *indiretti* che si propagano lungo le filiere e le conseguenze della riallocazione della domanda su comparti a bassa intensità emissiva ma ad alta intensità di lavoro. Al tempo stesso, settori con un peso occupazionale nazionale relativamente limitato possono presentare una forte vulnerabilità quando produzione, occupazione e competenze sono concentrate in specifici territori o segmenti professionali.
- **La composizione per genere e competenze varia sensibilmente tra i settori.** I principali comparti direttamente emissivi sono spesso caratterizzati da una prevalenza dell'occupazione maschile, mentre una quota elevata dell'occupazione femminile e del lavoro qualificato è localizzata in servizi con emissioni dirette più contenute, come sanità, assistenza sociale e istruzione. Anche la presenza di lavoratori a bassa, media e alta istruzione e i relativi fabbisogni professionali differiscono significativamente tra i comparti coinvolti.

Questi fatti stilizzati mostrano che la vulnerabilità alla transizione non può essere dedotta da un solo indicatore ambientale, ma deve essere valutata congiuntamente in termini di emissioni, intensità energetica, occupazione, competenze, genere, posizione nella filiera e concentrazione territoriale.

Su questa struttura di partenza si innestano gli esercizi di scenario sviluppati nel rapporto. Negli scenari considerati, la decarbonizzazione e l'elettrificazione sono associate non soltanto a una sostituzione tra tecnologie e input energetici, ma anche a una ricomposizione più ampia della domanda finale, delle relazioni intersettoriali e dell'occupazione attivata. I risultati degli scenari confermano ed estendono le evidenze descrittive: *gli effetti occupazionali non si esauriscono nei comparti direttamente emissivi, ma si trasmettono lungo le catene del valore* e dipendono in misura rilevante dalla composizione settoriale della domanda.

Il risultato centrale non è dunque rappresentato esclusivamente dal segno del saldo aggregato, bensì dalla sua distribuzione tra componenti dirette e indirette, settori, filiere, livelli di istruzione e genere. Le simulazioni presentate non costituiscono, ovviamente, una previsione deterministica dei posti di lavoro che saranno creati o distrutti entro il 2050. Esse offrono però una misura, a partire dalla struttura produttiva e occupazionale del 2019, della pressione riallocativa associata alle ipotesi considerate e permettono di individuare i nodi nei quali l'intervento pubblico, la politica industriale, le politiche del lavoro e la contrattazione possono influenzare l'esito finale. Gli scenari sono simulazioni a parità di altre condizioni (prezzi, costi, altre tecnologie). Tuttavia, offrono un punto di partenza fondamentale: i processi di transizione green implicano potenziali variazioni rilevanti lungo le filiere produttive che devono essere intercettate *ex ante* dagli stakeholders e governate nel processo per non vanificare gli obiettivi ambientali e occupazionali. Ogni approccio eccessivamente ottimista, non suffragato da evidenze empiriche, rischia di mettere a repentaglio il raggiungimento degli obiettivi.

9.1 Sintesi dei principali risultati

La Tabella 9 riassume dapprima i saldi occupazionali aggregati dei due esercizi e presenta successivamente la scomposizione degli effetti per canale, settore, genere, istruzione e filiera. L'ordine di grandezza percentuale del saldo aggregato appare contenuto rispetto alla dimensione complessiva del mercato del lavoro, ma diventa rilevante in valore assoluto e, soprattutto, quando viene letto alla luce delle asimmetrie strutturali appena richiamate e delle riallocazioni sottostanti.

Tabella 9 – Sintesi dei principali risultati degli esercizi di scenario

Dimensione	Risultato principale	Lettura economica e di policy
A. Saldi occupazionali aggregati dei due esercizi		
Primo scenario: decarbonizzazione e riallocazione della domanda finale	L'occupazione localizzata in Italia diminuisce di 56,87 mila unità (−0,28%). La componente diretta nazionale si riduce di 83,00 mila unità, mentre quella indiretta nazionale aumenta di 26,13 mila. Includendo l'occupazione indiretta estera, il saldo complessivo è pari a −112,83 mila unità (−0,41%).	A tecnologia invariata e domanda aggregata costante, la transizione determina soprattutto una ricomposizione settoriale e di filiera. L'aumento dell'occupazione indiretta nazionale segnala uno spazio per rafforzare i moltiplicatori interni e la capacità produttiva domestica.
Secondo scenario: elettrificazione, cambiamento tecnologico e domanda finale	Il saldo dell'occupazione localizzata in Italia è pari a circa −70 mila unità nel 2030 (−0,34%), circa −290 mila nel 2040 (tra −1,44% e −1,43%) e tra −305,59 e −302,68 mila nel 2050 (tra −1,51% e −1,49%). Le differenze tra i diversi profili tecnologici risultano contenute.	Il saldo negativo non costituisce una previsione incondizionata, ma l'esito della struttura di domanda e tecnologia simulata, in assenza di un programma autonomo di investimenti aggiuntivi e di reazioni macroeconomiche. Il risultato identifica quindi le pressioni che politiche pubbliche e negoziazione devono governare.
B. Scomposizione e distribuzione degli effetti		
Canale tecnologico e canale di domanda	Nel secondo scenario, mantenendo la domanda finale ai livelli del 2019, il solo canale tecnologico determina variazioni comprese tra −2,46 e 3,28 mila unità nel 2030, tra −17,42 e −3,76 mila nel 2040 e tra −27,90 e −20,19 mila nel 2050. Considerando l'occupazione complessivamente attivata, inclusa la componente indiretta estera, la quota prevalente del saldo deriva pertanto dalla riallocazione della domanda finale.	La politica economica può incidere sul saldo soprattutto orientando investimenti, consumi, domanda pubblica e appalti, non soltanto incentivando la sostituzione tecnica degli input energetici.
Riallocazione settoriale	Nel secondo scenario, tra i principali comparti in espansione figurano trasporti, pubblica amministrazione, acqua e rifiuti, macchinari, distribuzione ed elettricità <i>green</i> . Le contrazioni più ampie interessano elettricità fossile, costruzioni, sanità e assistenza sociale, alloggio e ristorazione e istruzione.	Gli effetti indiretti si estendono ben oltre i settori direttamente emissivi. Gli investimenti <i>green</i> devono essere addizionali e non finanziati comprimendo i servizi collettivi e le attività ad alta intensità di lavoro.
Genere e livello di istruzione	Nello scenario Base–Baseline, nel 2050 la componente maschile aumenta di 155,68 mila unità, mentre quella femminile diminuisce di 401,79 mila. La componente a media istruzione aumenta di 132,92 mila unità, mentre quella ad alta istruzione diminuisce di 388,99 mila.	Il risultato riflette la composizione settoriale del 2019, non una caratteristica intrinseca delle tecnologie verdi. Senza politiche mirate, la transizione può riprodurre la segregazione di genere e penalizzare i servizi ad alta intensità di lavoro qualificato.
Filiere industriali selezionate	Nel primo esercizio l'automotive registra una contrazione moderata, l'acciaio registra un lieve saldo positivo e vetro e ceramica mostrano riduzioni contenute. Nel secondo esercizio emergono traiettorie differenziate nel tempo: l'automotive recupera nel lungo periodo, l'acciaio beneficia della domanda di input e vetro e ceramica migliorano con l'avanzare dell'elettrificazione.	Non esiste una politica unica per tutti i settori <i>hard-to-abate</i> . Servono piani di filiera differenziati, coordinati con investimenti, infrastrutture energetiche, innovazione, formazione e gestione contrattata della riconversione.

Nota. I valori sono espressi in migliaia di persone e rappresentano variazioni dell'occupazione attivata rispetto al benchmark del 2019. I saldi aggregati dei due esercizi si riferiscono all'occupazione localizzata in Italia; per il primo esercizio è riportato anche il saldo complessivo comprensivo della componente indiretta estera. La scomposizione tra canale tecnologico e canale di domanda, nonché le scomposizioni settoriali, per genere e per livello di istruzione, includono anche l'occupazione indiretta estera, salvo diversa indicazione.

La sintesi consente di precisare tre evidenze trasversali. In primo luogo, la transizione ambientale e quella occupazionale sono connesse, ma non sovrapponibili: i settori con maggiore rilevanza emissiva non coincidono necessariamente con quelli a maggiore intensità di lavoro. In secondo luogo, gli effetti indiretti lungo le catene del valore possono essere altrettanto importanti, o più importanti, degli effetti diretti nei comparti oggetto della decarbonizzazione. In terzo luogo, considerando l'occupazione complessivamente attivata, inclusa la componente indiretta estera, il canale della domanda domina quantitativamente il canale tecnologico isolato. Quest'ultimo risultato attribuisce alla politica economica un ruolo sostanziale, poiché la composizione degli investimenti, della spesa pubblica, dei consumi e degli approvvigionamenti determina quali filiere e quali profili professionali vengono attivati.

9.2 Il saldo dipende dallo scenario di policy

I risultati del rapporto si collocano all'interno di una letteratura che non raggiunge conclusioni univoche sul segno del saldo occupazionale della transizione. Alcuni studi rilevano effetti aggregati modesti o perdite concentrate nei settori ad alta intensità emissiva; altri stimano saldi netti positivi, forti fabbisogni di competenze *green* o un'elevata occupazione cumulata nelle nuove infrastrutture energetiche (Basso et al., 2023; Cresti et al., 2025; Eurofound, 2023; Cedefop, 2025; International Labour Organization, 2018; International Energy Agency, 2025b). Queste differenze non dipendono soltanto dalla metodologia, dall'orizzonte temporale o dal perimetro settoriale. Dipendono anche, e in misura sostanziale, dalle politiche che ciascuno scenario incorpora.

Il punto è particolarmente evidente nei lavori riferiti all'Italia. Le stime di Elettricità Futura indicano la possibilità di attivare circa 540.000 posti di lavoro entro il 2030 e di generare oltre 360 miliardi di euro di benefici economici (Elettricità Futura, 2023); si tratta di una valutazione particolarmente ottimistica. Analogamente, il potenziale saldo netto positivo di circa 330.000 posti richiamato dal rapporto WWF è condizionato al reinvestimento dei proventi delle politiche climatiche in innovazione *green*, fonti rinnovabili e misure di accompagnamento. Le circa 1,3 milioni di ULA riportate dallo stesso filone di analisi costituiscono inoltre una misura cumulata lungo il ciclo di vita degli impianti, assunto pari a 25 anni, e non uno stock permanente di occupati (Falocco, 2024). Le analisi collegate a ECCO interpretano a loro volta l'elettrificazione industriale come una potenziale leva di competitività e salvaguardia dell'occupazione, ma sottolineano che tale potenziale richiede prezzi dell'elettricità competitivi, riduzione dei costi iniziali delle tecnologie, accesso al finanziamento, stabilità regolatoria e disponibilità di competenze (Bedocchi and Colafrancesco, 2025; Agora Industry et al., 2026).

Il saldo complessivo occupazionale negativo del presente rapporto non è dunque incompatibile con i diversi saldi di questi studi. Esso è il risultato di una diversa domanda. Gli esercizi mantengono costante il livello aggregato della domanda finale e non simulano un programma autonomo e addizionale di investimenti pubblici e privati, il riciclo delle entrate climatiche, la crescita del reddito, l'evoluzione dei prezzi relativi, le variazioni salariali o gli effetti di produttività e competitività. In coerenza con l'approccio input-output, il modello quantifica ciò che accade quando la *domanda* viene *riallocata* e la *tecnologia* viene *modificata* nelle condizioni specificate in funzione degli obiettivi ambientali fissati dall'Unione Europea. Gli scenari esaminati in altra letteratura quantificano invece, in misura diversa, ciò che può accadere quando alla trasformazione tecnologica si accompagna un impulso di investimento, una variazione dei costi e un insieme coerente di interventi regolamentari, industriali e del lavoro all'interno di specifici comparti produttivi, e non all'economia nel suo complesso come avviene invece nel caso presentato in questo rapporto.

Ne consegue una chiave di lettura precisa: il saldo stimato nel presente rapporto può essere interpretato come una misura del *divario di policy* che separa una transizione prevalentemente riallocativa da una transizione capace di generare nuova domanda, nuova capacità produttiva e occupazione addizionale.

Un saldo positivo non è l'esito automatico della decarbonizzazione e dell'elettrificazione, ma può diventare un obiettivo esplicito della politica economica. Simmetricamente, l'assenza o l'insufficienza degli interventi pubblici e di adeguate politiche di negoziazione occupazionale può trasformare i costi di aggiustamento messi in evidenza dal modello in perdite persistenti, settorialmente e territorialmente concentrate.

9.3 Implicazioni per una transizione giusta e condizioni per trasformare il saldo occupazionale

I risultati rafforzano l'esigenza di governare la transizione come un processo economico e sociale complesso, e non come una mera sostituzione tecnologica. La politica deve intervenire congiuntamente sulla scala e sulla composizione della domanda, sulla localizzazione del valore aggiunto, sulla capacità produttiva, sulla qualità dell'occupazione e sulla gestione delle riallocazioni. Non è sufficiente compensare le perdite dopo che si sono prodotte: occorre anticipare i cambiamenti, coordinare le decisioni di investimento e integrare fin dall'origine gli obiettivi ambientali con quelli industriali, occupazionali e distributivi. In questa prospettiva, sette direttrici appaiono prioritarie.

- 1. Rendere gli investimenti *green* effettivamente addizionali.** Gli investimenti in reti, rinnovabili, accumulo, elettrificazione del calore industriale, trasporto pubblico, riqualificazione energetica degli edifici, economia circolare, ricerca e innovazione devono aumentare la domanda complessiva, non sostituire meccanicamente la spesa per sanità, istruzione, assistenza e altri servizi ad alta intensità di lavoro. La contrazione contabile di questi comparti negli scenari segnala precisamente il rischio di finanziare la transizione attraverso una semplice redistribuzione di una domanda aggregata invariata. L'addizionalità della spesa rappresenta quindi una condizione occupazionale e sociale, oltre che macroeconomica.
- 2. Adottare politiche industriali e piani di filiera differenziati.** I comparti in espansione richiedono nuova capacità produttiva, infrastrutture, investimenti e competenze; quelli in contrazione richiedono piani di riconversione, accompagnamento delle filiere locali e gestione anticipata dei potenziali esuberanti. Non esiste una politica uniforme per tutti i settori *hard-to-abate*. Nell'automotive la trasformazione coinvolge sia la manifattura sia i servizi di vendita, riparazione e manutenzione; nell'acciaio assumono particolare rilievo le produzioni secondarie, il riciclo e la circolarità; vetro e ceramica presentano condizioni tecnologiche, energetiche e territoriali differenti, che richiedono strumenti calibrati sulle rispettive specificità.
- 3. Massimizzare i moltiplicatori nazionali e la capacità produttiva europea.** L'aumento dell'occupazione indiretta nazionale mostra che una parte della compensazione può provenire dalle filiere domestiche. Politiche di innovazione, credito e garanzia, contratti per differenza, appalti pubblici orientati alla resilienza e alla sostenibilità, sostegno alla crescita delle imprese e coordinamento di filiera possono aumentare la quota di tecnologie, componenti e servizi prodotti in Italia e nell'Unione europea. Il sostegno pubblico dovrebbe essere condizionato a investimenti verificabili, riduzione delle emissioni, qualità dell'occupazione, formazione e partecipazione dei lavoratori, evitando trasferimenti non selettivi alle imprese incumbent.
- 4. Anticipare le transizioni professionali.** Le politiche del lavoro devono intervenire prima che le perdite occupazionali si materializzino. La riallocazione settoriale implica fabbisogni di formazione, riqualificazione e ricollocazione che devono essere programmati insieme alle decisioni industriali e tecnologiche. Non è sufficiente aumentare genericamente il livello delle competenze: occorre individuare quali profili saranno domandati nei comparti in espansione, quali mansioni saranno trasformate e quali lavoratori risulteranno maggiormente esposti. Formazione professionale, istruzione tecnica, apprendistato, certificazione delle competenze e apprendimento permanente

devono pertanto diventare componenti strutturali delle politiche attive e delle relazioni industriali.

5. **Correggere i rischi distributivi per genere, qualificazione e territorio.** La penalizzazione contabile dell'occupazione femminile e dell'alta istruzione non è una caratteristica intrinseca delle tecnologie verdi, ma il risultato della struttura settoriale attivata dagli scenari. Essa richiede politiche specifiche: accesso delle donne ai percorsi tecnico-scientifici e industriali, contrasto alla segregazione professionale, orientamento, servizi di cura, tutela e sviluppo dell'occupazione qualificata nei servizi pubblici e programmi territoriali per le aree maggiormente dipendenti dai comparti in contrazione. La qualità della transizione non può essere valutata soltanto attraverso il numero degli occupati, ma deve comprendere salari, stabilità contrattuale, sicurezza, rappresentanza, accesso alla formazione e possibilità di progressione professionale.
6. **Rafforzare il dialogo sociale come strumento di governance.** Le informazioni prodotte dal modello MRIO e EXIOBASE identificano pressioni, vulnerabilità e punti di esposizione, ma non sostituiscono la conoscenza di imprese, lavoratori, territori e istituzioni formative. Contrattazione collettiva, osservatori settoriali e territoriali, piani di formazione condivisi, sostegni temporanei al reddito, strumenti di ricollocazione e accordi di transizione devono trasformare una riallocazione potenzialmente disordinata in un percorso anticipato e governato. Il dialogo sociale deve operare *ex ante*, quando si decidono investimenti, tecnologie e organizzazione del lavoro, e non soltanto *ex post*, quando gli esuberanti si sono già materializzati.
7. **Costruire un quadro regolatorio e finanziario stabile.** L'elettrificazione richiede prezzi relativi coerenti con gli obiettivi climatici, una riduzione degli oneri che penalizzano l'elettricità rispetto ai combustibili fossili, procedure autorizzative prevedibili, accesso delle PMI al credito, garanzie pubbliche e strumenti di condivisione del rischio. I proventi della fiscalità climatica e dei sistemi di scambio delle emissioni dovrebbero essere destinati in misura trasparente a investimenti, innovazione, protezione dei gruppi esposti e riduzione dei costi di transizione. La stabilità delle regole è essenziale per tradurre gli obiettivi ambientali in decisioni di investimento, sviluppo delle filiere e domanda di lavoro.

Queste direttrici indicano che una transizione giusta richiede una governance permanente e verificabile. Agli obiettivi emissivi dovrebbero essere affiancati indicatori occupazionali e sociali misurabili: occupazione diretta e indiretta attivata in Italia, contenuto domestico degli investimenti, qualità contrattuale, dinamica salariale, partecipazione femminile, formazione erogata, mobilità verso i settori in espansione e distribuzione territoriale delle risorse. Il monitoraggio dovrebbe coinvolgere stabilmente istituzioni, parti sociali, imprese, sistema formativo e territori, così da correggere tempestivamente le traiettorie che producono costi sociali eccessivamente concentrati.

9.4 La dimensione europea e internazionale della transizione

La questione internazionale della transizione energetica si inserisce in un contesto più ampio di sicurezza ambientale, competitività industriale e instabilità geopolitica. La persistente dipendenza europea, e in misura particolarmente rilevante italiana, dalle importazioni di combustibili fossili rappresenta un vincolo strutturale che espone l'economia alle condizioni politiche e produttive delle principali aree di approvvigionamento. La riduzione di tale dipendenza può rafforzare l'incentivo ad accelerare l'elettrificazione e la diffusione delle fonti rinnovabili, ma richiede una strategia capace di tenere insieme gli obiettivi climatici di lungo periodo con la sicurezza energetica, la competitività industriale e la coesione economico-sociale nel breve e medio periodo.

La transizione si configura quindi come un terreno di interazione tra forze in parte convergenti e in parte divergenti. Tra i fattori abilitanti rientrano l'innovazione tecnologica, la riduzione dei costi di alcune tecnologie rinnovabili, la crescente domanda di sostenibilità e le politiche industriali europee.

Permangono tuttavia elementi di frizione: gli elevati costi iniziali degli investimenti, le difficoltà dei settori energivori, le asimmetrie tra paesi membri, i costi di aggiustamento nel breve periodo, le strozzature nelle competenze e le implicazioni distributive individuate dall'analisi. Senza strumenti adeguati di coordinamento e redistribuzione, tali frizioni possono tradursi in resistenze sociali, perdita di consenso e rallentamento della stessa transizione ambientale.

Una strategia di questa portata non può essere realizzata esclusivamente su base nazionale. Le filiere dell'elettrificazione, delle tecnologie pulite e delle materie prime critiche sono europee e globali. Inoltre, le forti differenze nello spazio fiscale dei paesi membri rischiano di produrre velocità di transizione divergenti e una competizione disordinata attraverso gli aiuti di Stato. Per evitare che i paesi con maggiore capacità di bilancio attraggano una quota sproporzionata degli investimenti, occorrono programmazione, finanziamento e strumenti industriali comuni a livello europeo.

Il nuovo quadro europeo di governance fiscale, adottato nel 2024, riconosce il ruolo delle riforme e degli investimenti strategici e consente di estendere fino a sette anni il percorso di aggiustamento quando gli Stati assumono impegni coerenti con priorità comuni, inclusa la transizione verde.³ Questo rappresenta un avanzamento, ma non crea automaticamente le risorse aggiuntive necessarie e non equivale a una piena protezione degli investimenti verdi dai vincoli di bilancio. È quindi necessario un accordo europeo che distingua in modo credibile la spesa corrente dagli investimenti pubblici addizionali, verificabili e coerenti con gli obiettivi climatici, evitando che il consolidamento fiscale comprima proprio la domanda necessaria a rendere occupazionalmente sostenibile la transizione.

Il fabbisogno finanziario supera, peraltro, la capacità dei soli bilanci nazionali. Il rapporto Draghi quantifica in circa 750–800 miliardi di euro l'anno gli investimenti aggiuntivi necessari per gli obiettivi strategici europei e sottolinea il bisogno di sostegno pubblico, finanziamento comune e strumenti capaci di mobilitare capitale privato (Draghi, 2024). Per i beni pubblici transnazionali — reti e interconnessioni, ricerca e innovazione, infrastrutture energetiche, sicurezza delle filiere e tecnologie pulite — il ricorso a debito comune europeo, sulla base dell'esperienza di *Next Generation EU*, appare più efficace ed equo del solo indebitamento nazionale. Esso riduce il rischio che la capacità di investire dipenda dal livello iniziale del debito di ciascun paese e permette di finanziare progetti i cui benefici si estendono all'intera Unione.

Anche il coordinamento internazionale è indispensabile. Accordi climatici, standard comuni, disciplina dei sussidi, meccanismi contro la rilocalizzazione delle emissioni, partnership sulle materie prime critiche, cooperazione tecnologica e clausole sociali e del lavoro devono ridurre il rischio che la decarbonizzazione europea determini soltanto lo spostamento all'estero di produzione, emissioni e occupazione. Una transizione capace di generare benefici duraturi richiede quindi una politica commerciale e industriale coerente con quella climatica, nonché accordi con i paesi partner che combinino sicurezza degli approvvigionamenti, diffusione delle tecnologie pulite e standard ambientali e sociali adeguati.

9.5 Limiti, sviluppi e integrazione con l'indagine qualitativa

Il perimetro interpretativo del rapporto resta definito dalle ipotesi del modello. Gli scenari non incorporano prezzi, salari, reazioni comportamentali, dinamiche distributive del reddito, crescita endogena della produttività, vincoli di capacità o un'articolazione territoriale interna all'Italia. Non simulano inoltre il pacchetto di politiche appena delineato. Per questa ragione, il saldo negativo non deve essere utilizzato come previsione incondizionata, così come i saldi positivi di altri studi non devono essere considerati automatici. Entrambi dipendono dalle ipotesi sulla scala e sulla composizione degli investi-

³Si veda il Regolamento (UE) 2024/1263 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 29 aprile 2024, relativo al coordinamento efficace delle politiche economiche e alla sorveglianza multilaterale di bilancio.

menti, sulle modalità di finanziamento, sul funzionamento dei mercati e sulla capacità di attuazione delle politiche.

Gli sviluppi futuri della contabilità MRIO potranno integrare scenari espliciti di investimento pubblico e privato, riciclo dei proventi climatici, dinamiche di prezzo e salario, cambiamenti della produttività, commercio internazionale e distribuzione regionale. Ciò permetterebbe di passare dalla misurazione della pressione riallocativa alla valutazione comparata di pacchetti alternativi di politica industriale, fiscale e del lavoro, quantificando in quale misura ciascun intervento possa modificare il saldo occupazionale e la sua distribuzione.

La componente quantitativa deve infine essere letta insieme alle indagini dirette sul campo. Questionari, interviste, casi studio e confronto con gli stakeholder consentono di osservare vincoli organizzativi, strategie d'impresa, fabbisogni professionali, qualità del lavoro e capacità concreta dei territori di adattarsi. Le informazioni prodotte dal modello identificano i punti nei quali la transizione genera pressioni, ma non possono ricostruire da sole le modalità concrete attraverso cui lavoratori e imprese affrontano la trasformazione.

La transizione giusta non può pertanto essere dedotta esclusivamente dal saldo occupazionale, neppure quando questo è disaggregato per filiera, genere e istruzione. Richiede un'infrastruttura permanente di informazione e governance che integri le evidenze quantitative con la conoscenza di lavoratori, imprese, istituzioni formative e comunità locali. Questi aspetti sono approfonditi nella seconda parte del progetto attraverso la componente qualitativa dell'indagine.

Il saldo occupazionale della transizione è una variabile di policy. Gli scenari del rapporto mostrano i costi e le pressioni riallocative che emergono quando la trasformazione avviene a domanda aggregata invariata e senza un programma addizionale di investimenti. Per ottenere un saldo positivo non è sufficiente attendere gli effetti spontanei dell'innovazione *green*: servono investimenti pubblici e privati aggiuntivi, politiche industriali e del lavoro coordinate, relazioni industriali robuste e una capacità fiscale europea adeguata. Il ricorso a finanziamento comune e, per progetti strategici e transnazionali, a debito europeo può rendere la transizione più rapida, equa e occupazionalmente sostenibile. Il risultato finale dipenderà quindi non soltanto dalla tecnologia adottata, ma dalle istituzioni e dalle scelte collettive che ne governeranno diffusione, finanziamento e distribuzione dei benefici.

Riferimenti bibliografici

- Acemoglu, D. and D. Autor (2011). Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings. In O. Ashenfelter and D. Card (Eds.), *Handbook of Labor Economics*, Volume 4B, Chapter 12, pp. 1043–1171. Amsterdam: Elsevier.
- Acemoglu, D. and P. Restrepo (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives* 33(2), 3–30.
- Agora Industry, Agora Energiewende, Fraunhofer ISI, ECCO Think Tank, and Reform Institut (2026, February). The business case for electrifying industrial heat: Evidence from selected EU member states. Technical Report 396/02-S-2026/EN, Agora Industry and Agora Energiewende, Berlin and Brussels. Version 1.2; published 23 February 2026; last revised 3 March 2026.
- Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? the history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives* 29(3), 3–30.
- Autor, D. H., F. Levy, and R. J. Murnane (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics* 118(4), 1279–1333.
- Bacchiocchi, A., A. Bellocchi, and G. Giombini (2024). Green investment challenges in european firms: Internal vs. external resources. *Sustainability* 16(2), 496.
- Basso, G., F. Colonna, D. Depalo, and G. Mendicino (2023, October). The green transition and the italian labour market. Technical Report 811, Banca d'Italia, Rome.
- Bayer, P. and M. Aklin (2020). The european union emissions trading system reduced CO₂ emissions despite low prices. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(16), 8804–8812.
- Bedocchi, C. and G. Colafrancesco (2025, December). Direct electrification of industrial processes in italy: What does this mean for employment? Conference presentation at “Can Industrial Decline Be Reversed by Accelerating Electrification?”, European Trade Union Institute, Brussels, 2 December 2025.
- Bienati, M. (2026, July). Mercato dell'auto in italia e nella UE: monitoraggio e distanza dai target di emissione. ECCO Think Tank online article, published 7 July 2026.
- Borghesi, S., C. Franco, and G. Marin (2020). Outward foreign direct investment patterns of italian firms in the european union's emission trading scheme. *Scandinavian Journal of Economics* 122(1), 219–256.
- Bowen, A., K. Kuralbayeva, and E. L. Tipoe (2018). Characterising green employment: The impacts of “greening” on workforce composition. *Energy Economics* 72, 263–275.
- Brunetti, I., F. F. Frattini, M. Kuntze, A. Ricci, and F. Vona (2025, February). Exploring skills in the green transition: New insights from italian data world. Technical Report 134, INAPP, Rome. Published 17 February 2025.
- Cedefop (2021, December). The green employment and skills transformation: Insights from a european green deal skills forecast scenario. Technical report, Publications Office of the European Union,

Luxembourg.

Cedefop (2025). Italy – 2025 skills forecast. Technical report, Cedefop, Thessaloniki.

Černý, M., M. Bruckner, J. Weinzettel, K. S. Wiebe, C. Kimmich, C. Kerschner, and K. Hubacek (2021, December). Employment effects of the renewable energy transition in the electricity sector: An input-output approach. Technical Report 2021.14, European Trade Union Institute, Brussels. Published 16 December 2021.

Cetrulo, A., G. Dosi, A. Moro, L. Nelli, and M. E. Virgillito (2026, June). Automation, digitalisation and decarbonisation in the european automotive industry: A roadmap towards a just transition. *Review of Evolutionary Political Economy* 7, 20.

CGIL (2024, March). Politiche industriali, documento della segreteria nazionale cgil. Web document published 13 March 2024.

Colmer, J., R. Martin, M. Muûls, and U. J. Wagner (2025). Does pricing carbon mitigate climate change? firm-level evidence from the european union emissions trading system. *Review of Economic Studies* 92(3), 1625–1660.

Consoli, D., G. Marin, A. Marzucchi, and F. Vona (2016). Do green jobs differ from non-green jobs in terms of skills and human capital? *Research Policy* 45(5), 1046–1060.

Cresti, L., D. Mazzilli, A. Patelli, A. Sbardella, and A. Tacchella (2025). Vulnerabilities and capabilities in the EU automotive industry: Leveraging input-output analysis and economic complexity. arXiv preprint. arXiv preprint; submitted 3 January 2025; revised 16 January 2025.

Dechezleprêtre, A., D. Nachtigall, and F. Venmans (2023). The joint impact of the european union emissions trading system on carbon emissions and economic performance. *Journal of Environmental Economics and Management* 118, 102758.

Demetriades, S. and J. Cabrita (2025, November). Aligning efforts: How the social partners are driving a green and just transition. Eurofound online article, reference EF25075; published 25 November 2025.

Draghi, M. (2024, September). The future of european competitiveness. Technical report, European Commission, Brussels. Part A and Part B.

Economist Impact (2025). The business of electrification: Rewiring industry and the workforce for an electrified economy. Technical report, Economist Impact. Supported by Iberdrola.

Elettricità Futura (2023, February). Piano 2030 del settore elettrico: 360 miliardi di benefici economici e 540.000 nuovi posti di lavoro in italia. Comunicato stampa congiunto con Enel Foundation e Althesys, 8 febbraio 2023.

Espa, I., J. Francois, and H. van Asselt (2022, November). The EU proposal for a carbon border adjustment mechanism (CBAM): An analysis under WTO and climate change law. Technical Report 17629, Centre for Economic Policy Research, London.

Eurelectric (2024, March). Decarbonisation through electrification: Why we need an EU electrification

- action plan now. Technical report, Eurelectric, Brussels. Published 27 March 2024.
- Eurofound (2023). Fit for 55 climate package: Impact on EU employment by 2030. Technical report, Publications Office of the European Union, Luxembourg. Eurofound reference EF23009.
- Eurofound (2024). Job quality side of climate change. Technical report, Publications Office of the European Union, Luxembourg. Research report; Eurofound reference EF23032.
- Eurofound (2025). Structural change in EU labour markets: A generation of employment shifts. Technical report, Publications Office of the European Union, Luxembourg. Research report; Eurofound reference EF25022.
- European Commission (2019, December). The european green deal. Communication from the Commission, COM(2019) 640 final, 11 December 2019.
- European Commission (2021, July). 'fit for 55': Delivering the EU's 2030 climate target on the way to climate neutrality. Communication from the Commission, COM(2021) 550 final, 14 July 2021.
- European Commission (2022, May). REPowerEU plan. Communication from the Commission, COM(2022) 230 final, 18 May 2022.
- European Commission (2025a, February). The clean industrial deal: A joint roadmap for competitiveness and decarbonisation. Communication from the Commission, COM(2025) 85 final, 26 February 2025.
- European Commission (2025b, January). A competitiveness compass for the EU. Communication from the Commission, COM(2025) 30 final, 29 January 2025.
- European Commission (2026, July). Electrification action plan. Communication from the Commission, COM(2026) 595 final, 17 July 2026.
- European Environment Agency (2025, November). Trends and projections in europe 2025. Technical Report 08/2025, European Environment Agency, Copenhagen. Published 6 November 2025.
- European Parliament and Council of the European Union (2021, June). Regulation (EU) 2021/1119 of the european parliament and of the council of 30 june 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending regulations (EC) no 401/2009 and (EU) 2018/1999 (European Climate Law). Official Journal of the European Union, L 243, 9 July 2021, p. 1.
- European Parliament and Council of the European Union (2023a, May). Directive (EU) 2023/959 of the european parliament and of the council of 10 may 2023 amending directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the union and decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the union greenhouse gas emission trading system. Official Journal of the European Union, L 130, 16 May 2023, pp. 134–202.
- European Parliament and Council of the European Union (2023b, May). Regulation (EU) 2023/955 of the european parliament and of the council of 10 may 2023 establishing a social climate fund and amending regulation (EU) 2021/1060. Official Journal of the European Union, L 130, 16 May 2023,

pp. 1–51.

European Parliament and Council of the European Union (2023c, May). Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism. Official Journal of the European Union, L 130, 16 May 2023, pp. 52–104.

European Parliament and Council of the European Union (2024, June). Regulation (EU) 2024/1735 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology manufacturing ecosystem and amending regulation (EU) 2018/1724. Net-Zero Industry Act; Official Journal of the European Union, L 2024/1735, 28 June 2024.

European Parliament and Council of the European Union (2026, March). Regulation (EU) 2026/667 of the European Parliament and of the Council of 11 March 2026 amending regulation (EU) 2021/1119 as regards the setting of a union intermediate climate target for 2040. Official Journal of the European Union, L 2026/667, 18 March 2026.

Falocco, S. (2024, November). Rapporto sugli impatti economici e occupazionali delle politiche per un sistema elettrico italiano decarbonizzato nel 2035. Technical report, Fondazione Ecosistemi. Rapporto realizzato per conto di WWF Italia.

Flori, A., S. Borghesi, and G. Marin (2024). The environmental-financial performance nexus of EU ETS firms: A quantile regression approach. *Energy Economics* 131, 107328.

Fondazione Symbola, Unioncamere, and Centro Studi Tagliacarne (2025, November). Greenitaly 2025. Technical report, Fondazione Symbola and Unioncamere, Rome. Presented 11 November 2025.

Fragkos, P. and L. Paroussos (2018). Employment creation in EU related to renewables expansion. *Applied Energy* 230, 935–945.

Fraunhofer ISI (2024, June). Direct electrification of industrial process heat: An assessment of technologies, potentials and future prospects for the EU. Technical Report 329/04-S-2024/EN, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Karlsruhe. Version 1.1; study on behalf of Agora Industry; published 5 June 2024.

Galgóczi, B. (2020). Just transition on the ground: Challenges and opportunities for social dialogue. *European Journal of Industrial Relations* 26(4), 367–382.

Garrett-Peltier, H. (2017). Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic Modelling* 61, 439–447.

Hasanbeigi, A., C. Springer, and A. Sibal (2024a, October). Electrification of industry in Italy. Technical report, Global Efficiency Intelligence. Country summary accompanying “Electrifying European Industry”.

Hasanbeigi, A., C. Springer, and A. Sibal (2024b, October). Electrifying European industry – part 1: Electrification of industrial processes. Technical report, Global Efficiency Intelligence, Florida, United States.

- International Energy Agency (2025a, June). Ensuring a strong labour dimension for just and inclusive energy transitions. Technical report, International Energy Agency, Paris. Report of the IEA Clean Energy Labour Council; published 12 June 2025.
- International Energy Agency (2025b, December). World energy employment 2025. Technical report, International Energy Agency, Paris. Published 5 December 2025.
- International Labour Organization (2015). Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all. Technical report, International Labour Office, Geneva.
- International Labour Organization (2018, May). World employment and social outlook 2018: Greening with jobs. Technical report, International Labour Office, Geneva. Published 14 May 2018.
- International Renewable Energy Agency and International Labour Organization (2026, January). Renewable energy and jobs: Annual review 2025. Technical report, International Renewable Energy Agency and International Labour Organization, Abu Dhabi and Geneva.
- IPCC (2023). Climate change 2023: Synthesis report. contribution of working groups i, ii and iii to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Technical report, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Marin, G. and F. Vona (2019). Climate policies and skill-biased employment dynamics: Evidence from EU countries. *Journal of Environmental Economics and Management* 98, 102253.
- Markandya, A., I. Arto, M. González-Eguino, and M. V. Román (2016). Towards a green energy economy? tracking the employment effects of low-carbon technologies in the european union. *Applied Energy* 179, 1342–1350.
- Martin, R., M. Muûls, and U. J. Wagner (2016). The impact of the european union emissions trading scheme on regulated firms: What is the evidence after ten years? *Review of Environmental Economics and Policy* 10(1), 129–148.
- Mellot, A., C. Moretti, A. Nuñez-Jimenez, J. Linder, N. Moro, S. Powell, J. Markard, C. Winzer, and A. Patt (2025). Electrification, flexibility or both? emerging trends in european energy policy. *Energy Policy* 206, 114725.
- Miller, R. E. and P. D. Blair (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2 ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (2024, July). Piano nazionale integrato per l’energia e il clima (PNIEC). Technical report, Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica, Rome. Updated plan transmitted to the European Commission on 1 July 2024.
- Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (2025, August). Criteri e modalità per la concessione di incentivi a fondo perduto previsti nel piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), missione 2, componente 2, investimento 4.5 “programma di rinnovo del parco veicoli privati e commerciali leggeri con veicoli elettrici”. Decreto 8 agosto 2025, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie Generale, n. 208 dell’8 settembre 2025.

- OECD (2023). Job creation and local economic development 2023: Bridging the great green divide. Technical report, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2024, July). OECD employment outlook 2024: The net-zero transition and the labour market. Technical report, OECD Publishing, Paris. Published 9 July 2024.
- Pettina, M. and M. Raberto (2025). Energy transition and structural change: A calibrated stock-flow consistent input-output model. *Structural Change and Economic Dynamics* 75, 949–995.
- Ram, M., A. Aghahosseini, and C. Breyer (2020). Job creation during the global energy transition towards 100% renewable power system by 2050. *Technological Forecasting and Social Change* 151, 119682.
- Rugiero, S. and G. Travaglini (2010). L'energia rinnovabile come fattore di sviluppo: valore aggiunto e ricadute occupazionali. *I Quaderni di Italianieuropei* 2, 119–126.
- Rugiero, S., G. Travaglini, and A. Bellocchi (2024). Sostenibilità, innovazione: percezioni e prospettive per l'azione sindacale. In D. Di Nunzio (Ed.), *Inchiesta sul lavoro. Condizioni e aspettative*, pp. 223–250. Rome: Futura Editrice.
- Saltari, E. and G. Travaglini (2011). The effects of environmental policies on the abatement investment decisions of a green firm. *Resource and Energy Economics* 33(3), 666–685.
- Saltari, E. and G. Travaglini (2016). Pollution control under emission constraints: Switching between regimes. *Energy Economics* 53, 212–219.
- Semieniuk, G., P. B. Holden, J.-F. Mercure, P. Salas, H. Pollitt, K. Jobson, P. Vercoulen, U. Chewprecha, N. R. Edwards, and J. E. Viñuales (2022). Stranded fossil-fuel assets translate to major losses for investors in advanced economies. *Nature Climate Change* 12(6), 532–538.
- Stadler, K., R. Wood, T. Bulavskaya, C.-J. Södersten, M. Simas, S. Schmidt, A. Usubiaga, J. Acosta-Fernández, J. Kuenen, M. Bruckner, S. Giljum, S. Lutter, S. Merciai, J. H. Schmidt, M. C. Theurl, C. Plutzar, T. Kastner, N. Eisenmenger, K.-H. Erb, A. de Koning, and A. Tukker (2018). EXIOBASE 3: Developing a time series of detailed environmentally extended multi-regional input-output tables. *Journal of Industrial Ecology* 22(3), 502–515.
- Stavropoulos, S. and M. J. Burger (2020). Modelling strategy and net employment effects of renewable energy and energy efficiency: A meta-regression. *Energy Policy* 136, 111047.
- Terna (2025, March). Piano di sviluppo 2025 della rete elettrica di trasmissione nazionale. Technical report, Terna, Rome. Presented 14 March 2025.
- Travaglini, G. (2012). Trade-off between labor productivity and capital accumulation in Italian energy sector. *Journal of Policy Modeling* 34(1), 35–48.
- Travaglini, G. and S. Rugiero (2011). Efficienza energetica: misurazioni e impatti. Technical Report 34520, Munich Personal RePEc Archive, Munich.
- Tukker, A., A. de Koning, R. Wood, T. Hawkins, S. Lutter, J. Acosta, J. M. Rueda-Cantuche, M. Bouwmeester, J. Oosterhaven, T. Drosowski, and J. Kuenen (2013). EXIOPOL: Development and

- illustrative analyses of a detailed global MR EE SUT/IOT. *Economic Systems Research* 25(1), 50–70.
- Unioncamere and Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali (2025). Competenze green 2025. Technical report, Unioncamere, Rome.
- United Nations Environment Programme (2025, November). Emissions gap report 2025: Off target. Technical report, United Nations Environment Programme, Nairobi. Published 4 November 2025.
- Vona, F. (2021, December). Managing the distributional effects of environmental and climate policies: The narrow path for a triple dividend. Technical Report 188, OECD Publishing, Paris. Published 15 December 2021.
- Vona, F., G. Marin, D. Consoli, and D. Popp (2015). Green skills. Technical Report 21116, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Vona, F., G. Marin, D. Consoli, and D. Popp (2018). Environmental regulation and green skills: An empirical exploration. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 5(4), 713–753.
- Walczak, N., K. Huremović, and A. Rungi (2025, June). The network effects of the EU carbon border adjustment mechanism with a quantitative trade model. arXiv preprint. arXiv preprint; submitted 29 June 2025; last revised 11 April 2026 (version 5).
- Waliszewska, A. (2024, October). An electrification action plan to secure EU industry’s future: Towards a supportive policy framework. Technical report, E3G. Published 7 October 2024.
- Wiebe, K. S., E. L. Bjelle, J. Többen, and R. Wood (2018). Implementing exogenous scenarios in a global MRIO model for the estimation of future environmental footprints. *Journal of Economic Structures* 7, 20.
- Wood, R., K. Stadler, T. Bulavskaya, S. Lutter, S. Giljum, A. de Koning, J. Kuenen, H. Schütz, J. Acosta-Fernández, A. Usubiaga, M. Simas, O. Ivanova, J. Weinzettel, J. H. Schmidt, S. Merciai, and A. Tukker (2015). Global sustainability accounting—developing EXIOBASE for multi-regional footprint analysis. *Sustainability* 7(1), 138–163.