IRPET Istituto Regionale Programmazione Economica della Toscana

LE SFIDE PER LA TOSCANA LEGATE ALLE TRANSIZIONI DEMOGRAFICA, DIGITALE ED ENERGETICA

Rapporto 2025

COESIONE ITALIA 21-27 TOSCANA | Cofinanziato dall'Unione europea | Regione Toscana | TOSCANA S3

Firenze, Giugno 2025

RICONOSCIMENTI

Lo studio è parte delle attività comuni IRPET–Regione Toscana per l'anno 2025, Attività n. 6.2025. Il rapporto costituisce uno dei contributi valutativi di IRPET per il 2025 alla Strategia di Specializzazione Intelligente della Toscana 2021-2027, previsto dalla Delibera GR n. 1321 del 28.11.2022, Allegato A. L'introduzione è stata curata da Marco Mariani; il capitolo sulla transizione demografica da Silvia Duranti; il capitolo sulla transizione digitale da Natalia Faraoni; il capitolo sulla transizione energetica da Leonardo Piccini. Elaborazioni statistiche di Valentina Patacchini. Editing a cura di Elena Zangheri.

Indice

INTRODUZIONE 7

1. LA TRANSIZIONE DEMOGRAFICA 7
   1.1 Le borse di studio Pegaso 8
   1.2 Carriere universitarie e lavorative dei beneficiari di interventi per l'alta formazione 10
   1.3 Considerazioni conclusive 15

2. LA TRANSIZIONE DIGITALE NELLE IMPRESE TOSCANE 15
   2.1 Introduzione 15
   2.2 Innovazione e digitalizzazione nelle imprese toscane 16
   2.3 Specializzazione Intelligente e traiettorie di sviluppo delle imprese toscane 23
   2.4 Considerazioni conclusive 26

3. LA TRANSIZIONE ECOLOGICA 27
   3.1 L'impatto del sistema produttivo regionale in termini di emissioni 28
   3.2 I consumi energetici delle imprese e l'elettrificazione dei consumi 29
   3.3 La produzione energetica regionale da fonti rinnovabili 31
   3.4 Il ruolo dell'idrogeno nella transizione verso la neutralità carbonica 32
   3.5 Considerazioni conclusive 33

LE SFIDE PER LA TOSCANA LEGATE ALLE TRANSIZIONI DEMOGRAFICA, DIGITALE ED ENERGETICA. RAPPORTO 2025

Sommario

La Strategia di Specializzazione Intelligente (S3) della Toscana guida lo sviluppo regionale, affrontando le grandi transizioni demografica, digitale ed energetica. Questo rapporto, redatto da IRPET per il 2025, offre un contributo valutativo alla S3 della Toscana 2021-2027 e approfondisce tre temi centrali. Sul piano demografico, prendendo le mosse dall'invecchiamento della popolazione e dalle sue conseguenze sulla disponibilità di forza lavoro, l'analisi valorizza strumenti come le borse Pegaso e gli assegni di ricerca per rafforzare il capitale umano regionale tramite l'attrazione di talenti. Per la transizione digitale, il rapporto aggiorna il quadro della digitalizzazione delle imprese toscane utilizzando i dati ISTAT più recenti e dedica attenzione alla diffusione delle tecnologie avanzate. La transizione energetica viene esaminata attraverso l'evoluzione dei consumi e il bilancio energetico regionale, con particolare attenzione ai settori produttivi ad alta intensità energetica. Il rapporto supporta la S3 nell'orientare la crescita regionale verso uno sviluppo sostenibile e competitivo.

CHALLENGES FOR TUSCANY RELATED TO DEMOGRAPHIC, DIGITAL AND ENERGY TRANSITIONS. REPORT 2025

Abstract

The Smart Specialisation Strategy (S3) of Tuscany guides regional development by addressing the major demographic, digital, and energy transitions. This report, prepared by IRPET for 2025, provides an evaluation contribution to the 2021–2027 S3 of Tuscany and focuses on three key areas. On the demographic front, starting from the ageing of the population and its consequences on the availability of the workforce, the analysis highlights the importance of instruments such as Pegaso scholarships and research grants to strengthen regional human capital through the attraction of talents. Regarding the digital transition, the report updates the digitalisation profile of Tuscan enterprises using the most recent ISTAT data, with particular attention to the adoption of advanced technologies. The energy transition is examined through the evolution of energy consumption and the regional energy balance, with a specific focus on energy-intensive productive sectors. The report supports the S3 in guiding regional growth towards a sustainable and competitive development path.

INTRODUZIONE

La Strategia di Specializzazione Intelligente della Toscana si conferma anche nel 2025 come la principale guida regionale per affrontare le trasformazioni economiche e sociali che stanno modificando profondamente le traiettorie di sviluppo. Attraverso la S3, la Regione Toscana si propone di costruire un percorso di crescita sostenibile e inclusiva, capace di rispondere efficacemente alle grandi transizioni in corso: quella demografica, quella digitale e quella energetica.

I cambiamenti demografici rappresentano una sfida strutturale per la Toscana. L'invecchiamento della popolazione e la crescente difficoltà di reperire forza lavoro qualificata condizionano la capacità delle imprese di sostenere i processi di innovazione e sviluppo. All'interno della S3, la Regione ha individuato politiche di investimento mirate al rafforzamento del capitale umano, con particolare attenzione alle borse di studio Pegaso e agli assegni di ricerca. Tali strumenti rappresentano leve decisive per attrarre e trattenere giovani talenti altamente specializzati, alimentando un sistema regionale dell'innovazione coerente con le priorità della strategia.

La transizione digitale continua a essere una delle sfide centrali per l'attuazione della S3 regionale. In un contesto caratterizzato da una forte presenza di piccole e medie imprese, la Toscana deve affrontare il compito di estendere la diffusione delle tecnologie digitali avanzate e di supportare la crescita di competenze specifiche nel tessuto produttivo. Il rapporto aggiorna il quadro regionale grazie ai più recenti dati ISTAT e fornisce elementi utili per rafforzare gli interventi della S3 volti a promuovere l'innovazione digitale su scala territoriale.

La transizione energetica, infine, costituisce un pilastro fondamentale della S3 della Toscana. La sostenibilità ambientale e la riduzione delle emissioni di gas climalteranti sono obiettivi prioritari per la Regione, che attraverso la S3 promuove un'evoluzione del sistema produttivo orientata all'efficienza energetica e alla valorizzazione delle fonti rinnovabili. Il rapporto approfondisce il bilancio energetico regionale e offre una lettura settoriale dei consumi, fornendo strumenti utili per affinare le politiche della strategia e per sostenere i settori ad alta intensità energetica nel loro percorso di transizione.

Le tre transizioni affrontate nel presente rapporto – demografica, digitale ed energetica – non sono separate ma strettamente connesse, e la S3 della Toscana ha il compito di promuovere una visione integrata, capace di accompagnare questi processi in modo coordinato e coerente con gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030. Attraverso questo contributo valutativo, IRPET intende offrire elementi utili per rafforzare la capacità della S3 di guidare la Regione nell'affrontare le trasformazioni in atto con strumenti efficaci e con una prospettiva di sviluppo sostenibile e inclusivo.

1. LA TRANSIZIONE DEMOGRAFICA

La transizione demografica rappresenta una delle principali sfide da affrontare all'interno della Strategia di Specializzazione Intelligente della Toscana 2021-2027 o Smart Specialization Strategy (d'ora in avanti S3) perché rischia di costituire un freno alla capacità di rispondere alla domanda di competenze espressa dalle imprese per la transizione industriale. Come già evidenziato nella passata edizione del Rapporto, le attuali tendenze all'invecchiamento della popolazione hanno infatti ripercussioni non solo sulla disponibilità del fattore lavoro, ma anche sulla qualità dello stesso, in termini di livelli di istruzione e, più in generale, di apertura e propensione all'innovazione. In effetti, i dati sulle previsioni di assunzione delle imprese segnalano già da alcuni anni un aumento delle difficoltà di reperimento del personale, legate sia alla mancanza di candidati che di competenze adeguate.

Muovendo da questo scenario, si analizzeranno alcuni interventi di supporto al capitale umano che risultano particolarmente strategici in relazione alla S3 della Toscana, quali le borse di studio Pegaso e gli assegni di ricerca. Questi strumenti non solo rappresentano un investimento mirato sull'alta formazione e la ricerca di eccellenza, ma si configurano come leve fondamentali per alimentare il sistema regionale dell'innovazione. In particolare, essi contribuiscono a sviluppare competenze altamente specializzate in settori chiave individuati dalla strategia S3 nell'applicazione di specifiche priorità tecnologiche (Tecnologie digitali; Tecnologie per la manifattura avanzata; Materiali avanzati e nanotecnologie; Tecnologie per la vita e per l'ambiente) ad ambiti applicativi di prioritario interesse (Ambiente e Energia; Cultura e beni culturali; Salute; Smart agrifood; Imprese intelligenti e sostenibili) basandosi sul coinvolgimento di soggetti diversi, dal mondo accademico, a quello della ricerca, senza dimenticare il sistema produttivo. Inoltre, tali strumenti favoriscono l'attrazione di talenti qualificati provenienti da altri territori, alimentando l'offerta di capitale umano qualificato disponibile per affrontare le sfide future del mercato del lavoro regionale.

Il capitolo si compone quindi di due paragrafi. Un primo paragrafo analizza le borse di studio Pegaso finanziate da Regione Toscana, considerando sia le caratteristiche dei beneficiari che dei progetti, in particolare in relazione alla connessione degli stessi con la Strategia di Specializzazione Intelligente. Un secondo paragrafo sfrutta il "Sistema informativo delle università toscane" per analizzare le carriere universitarie e gli esiti lavorativi di un sottoinsieme di beneficiari di interventi di alta formazione (borse di studio Pegaso e assegni di ricerca), ovvero coloro che hanno conseguito almeno un titolo di studio terziario o post-terziario negli atenei toscani nel periodo 2008-2013.

1.1 Le borse di studio Pegaso

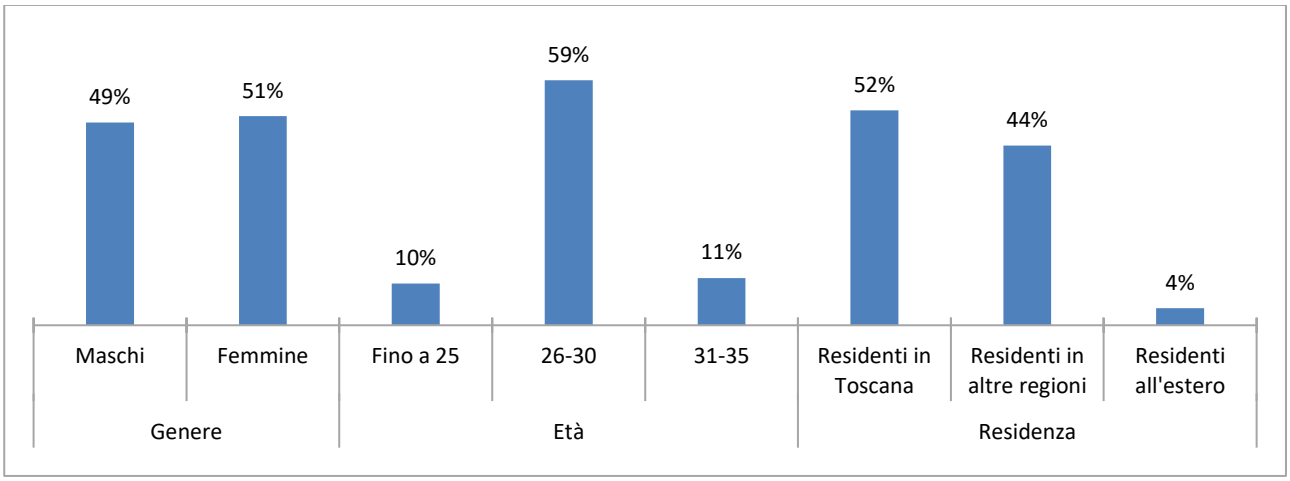
Le borse di studio Pegaso, promosse dalla Regione Toscana e finanziate con il Fondo Sociale Europeo+ (FSE+), sono in larga parte allineate con gli obiettivi della Strategia di Specializzazione Intelligente, che individua fra gli ambiti strategici di sviluppo economico e innovazione della regione, settori come l'industria 4.0, le tecnologie digitali, le scienze della vita, l'agrifood e la sostenibilità ambientale. Le borse Pegaso finanziano progetti di dottorato focalizzati su tematiche di rilevanza per le tecnologie ed i settori strategici per lo sviluppo regionale e si basano su partenariati forti (tra università, centri di ricerca e imprese) che mettano insieme competenze accademiche e capacità di trasferimento tecnologico e innovazione, facilitando così il collegamento tra formazione universitaria, ricerca e mercato del lavoro.

Tra le borse Pegaso, ve ne sono poi alcune a tematica vincolata, che attengono più strettamente agli ambiti applicativi ed alle tecnologie individuate quali priorità tecnologiche della S3. Tali percorsi si distinguono dagli altri perché devono obbligatoriamente prevedere l'effettuazione di una esperienza di formazione/ricerca di almeno 3 mesi in un contesto applicativo (un'impresa, un ente di ricerca, un altro ente/istituzione non universitario), preferibilmente localizzati sul territorio regionale.

- *I beneficiari*

I beneficiari di borse di studio Pegaso sono stati 575 nel periodo 2017-2024, in media 72 all'anno. Guardando alle caratteristiche dei giovani coinvolti nella misura, si osserva un buon bilanciamento di genere e una concentrazione nella fascia di età 26-30 anni (59,5%). Il dato sulla residenza evidenzia una buona capacità delle borse Pegaso di attrarre giovani provenienti da fuori regione (43,7%) e, in minima parte, anche dall'estero (4,2%). Tali percentuali, infatti, sono più elevate rispetto a quelle che riscontriamo per i laureati toscani, che solo nel 2% dei casi risiedono all'estero e nel 32% in altre regioni italiane.

Figura 1.1 Beneficiari di borse di studio Pegaso iniziate nel periodo 2017-2024

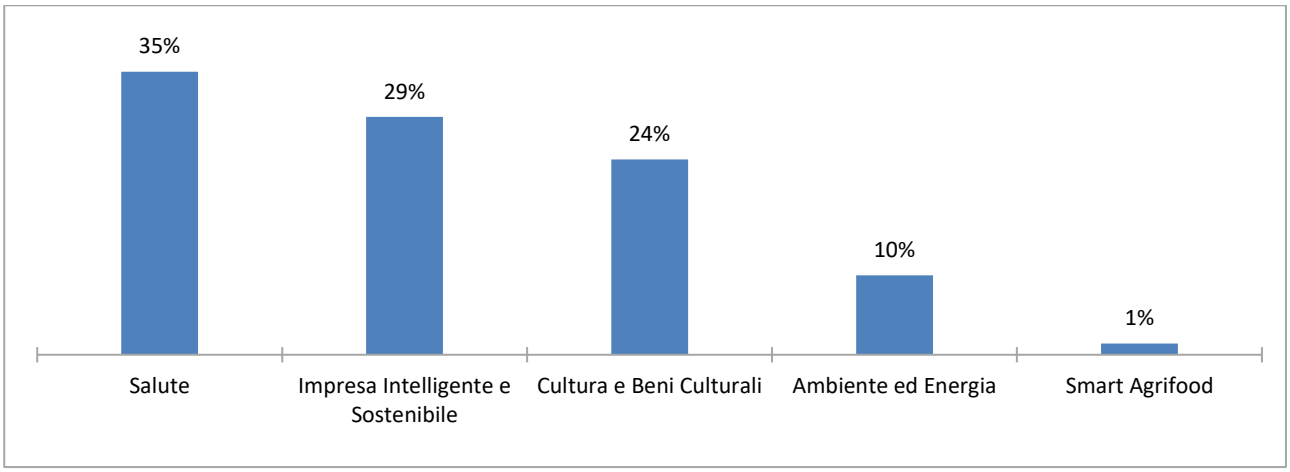


- *La connessione dei progetti con la S3*

Grazie alla collaborazione con il settore regionale competente, è stato possibile analizzare il contenuto dei progetti e ricondurlo agli ambiti applicativi e alle priorità tecnologiche della S3. In particolare, il lavoro di riconduzione è partito dalle missioni strategiche associate a ciascun percorso Pegaso dai rispettivi proponenti in fase di presentazione di progetto ed è stato arricchito da un'analisi puntuale laddove fosse necessaria un'integrazione.

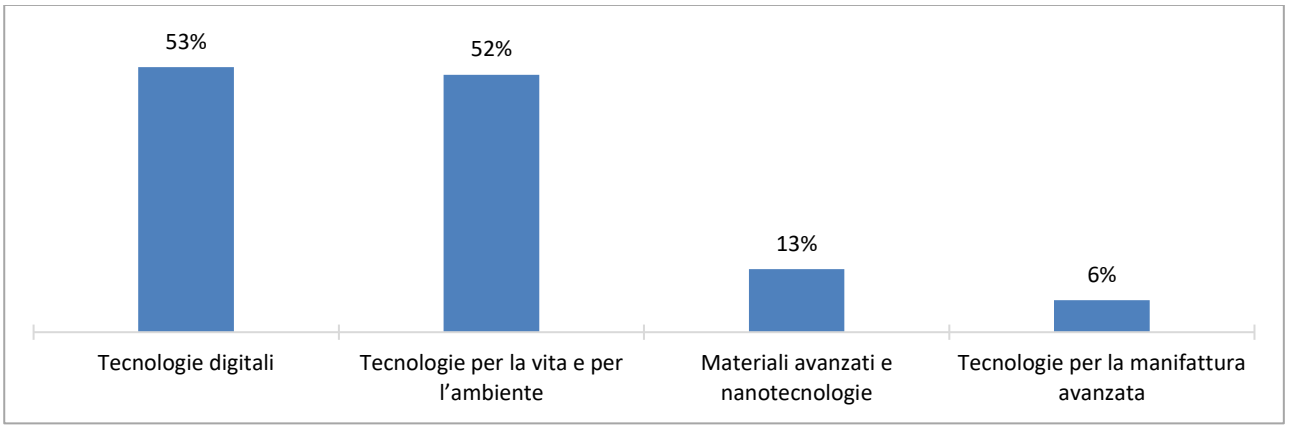
Dall'analisi svolta è emerso che la maggior parte delle borse Pegaso finanziate dal 2017 al 2024 riguarda l'ambito applicativo Salute (35%), l'ambito Impresa intelligente e sostenibile (29%) e l'ambito Cultura e beni culturali (24%); seguono, con un numero più contenuto di progetti, l'ambito Ambiente e energia (10%) e lo Smart agrifood (1%).

Figura 1.2 Progetti delle borse di studio Pegaso iniziate nel periodo 2017-2024, per ambito applicativo S3



I progetti sono inoltre stati ricondotti ad una o più priorità tecnologiche della S3 e alle loro sotto-articolazioni. La Figura 1.3 mostra che la maggior parte dei progetti fanno riferimento a due priorità tecnologiche: Tecnologie digitali (53%) e Tecnologie per la vita e per l'ambiente (52%); all'interno di queste, le sotto-articolazioni più frequenti sono Intelligenza artificiale e machine learning, Big-data ed analytics, Biotecnologie per la salute, Tecnologie biomediche, farmaceutiche, farmacologiche e Neuroscienze. Le priorità Materiali avanzati e nanotecnologie e Tecnologie per la manifattura avanzata riguardano una parte minoritaria dei progetti, rispettivamente il 13% e il 6%.

Figura 1.3 Progetti delle borse di studio Pegaso iniziate nel periodo 2017-2024, per priorità tecnologiche S3



Nota: Il totale non somma a 100 perché ogni progetto è ricondotto anche a più di una priorità tecnologica

Guardando, infine, alle borse Pegaso a tematica vincolata, queste riguardano il 27% del totale dei beneficiari. Si tratta, come già ricordato, di borse esplicitamente progettate per rispondere alle priorità strategiche individuate dalla Regione Toscana attraverso la S3 stessa.

1.2 Carriere universitarie e lavorative dei beneficiari di interventi per l'alta formazione

Il "Sistema informativo Università toscane", realizzato sulla base di un accordo di collaborazione fra la Regione Toscana, IRPET, le Università di Firenze, Pisa, Siena, Siena Stranieri e La Sapienza, offre la possibilità di analizzare gli esiti lavorativi nel mercato del lavoro dipendente di coloro che si sono laureati nelle Università toscane dal 2008 al 2023.

Il "Sistema informativo Università toscane" è frutto di uno scambio informativo tra diversi soggetti, che hanno contributo ad alimentare ed integrare la banca dati, rendendola utile per l'analisi delle carriere dei laureati in Toscana. In particolare:

- i quattro atenei toscani hanno fornito le informazioni su coloro che hanno conseguito un titolo di studio terziario o post terziario dal 2008 al 2023, con le caratteristiche anagrafiche e relative alla carriera accademica sul territorio regionale;
- la Regione Toscana ha messo a disposizione: a) le informazioni sui soggetti in possesso di partita iva secondo quanto emerge dai dati delle dichiarazioni fiscali dei residenti in Toscana, b) i dati sui beneficiari di interventi per il Diritto allo Studio, c) i dati sui beneficiari di interventi finanziati attraverso il Fondo Sociale Europeo, tra cui figurano quelli di interesse nel presente capitolo, ovvero assegni di ricerca e borse Pegaso;
- il Ministero del Lavoro ha unito i dati delle comunicazioni obbligatorie (CO) relative ai rapporti di lavoro subordinato e parasubordinato attivati su tutto il territorio nazionale (con informazioni sul tipo di contratto, il settore, la qualifica, i giorni lavorati ecc.), anonimizzando infine la banca dati risultante.

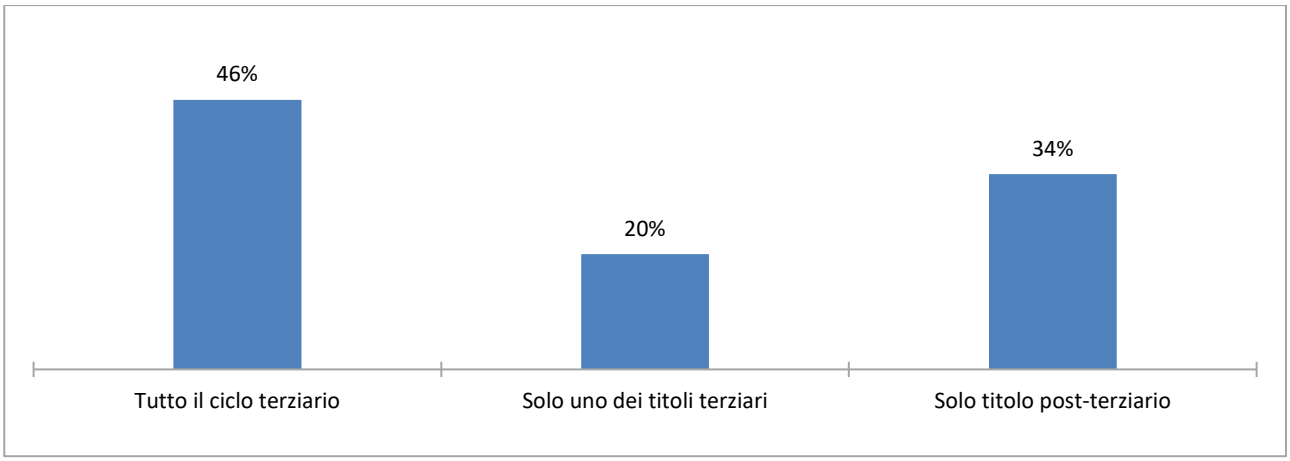
La banca dati offre la possibilità di analizzare gli esiti lavorativi dell'intera popolazione di laureati in Toscana, diversamente da quanto avviene con altre rilevazioni, che si basano su un campione (Indagine campionaria sull'inserimento professionale dei laureati, Istat) oppure su una autoselezione dei rispondenti (Almalaurea). Inoltre, la banca dati fornisce una buona base informativa anche per analizzare le carriere dei beneficiari di borse di studio Pegaso e di assegni di ricerca che hanno conseguito almeno un titolo terziario o post-terziario in Toscana nel periodo 2008-2023. La banca dati, tuttavia, non consente di tracciare le attività lavorative svolte fuori dall'Italia né quelle di natura autonoma svolte con residenza in altre regioni italiane; inoltre, non sono tracciati i casi in cui gli studenti proseguano gli studi all'Estero o in altre regioni italiane.

Nell'analisi che segue saranno analizzati i percorsi accademici dei beneficiari di interventi di alta formazione (assegni di ricerca e borse Pegaso) e gli esiti occupazionali degli stessi.

- *I percorsi universitari dei beneficiari*

I beneficiari di interventi di borse Pegaso e assegni di ricerca[1] finanziati dalla Regione Toscana presenti nel "Sistema informativo Università toscane" sono 1.037 dal 2017 al 2024. Si tratta di giovani che sono presenti nella banca dati perché hanno conseguito almeno un titolo di studio negli atenei toscani, prima o dopo la fruizione dell'intervento a sostegno dell'alta formazione finanziato da Regione Toscana; in alcuni casi l'unico titolo conseguito in Toscana è quello ottenuto grazie all'intervento stesso, ovvero la borsa Pegaso. La Figura 1.4 mostra le tipologie di percorso accademico svolto in Toscana dai beneficiari, evidenziando come la maggior parte (46%) abbia svolto in Toscana tutto il ciclo terziario, concludendo con un percorso di alta formazione; il 20% ha invece conseguito in Toscana solo una parte del ciclo universitario (triennale o magistrale) e l'alta formazione, mentre il restante 34% ha conseguito nella nostra regione solo il titolo post-terziario, prima o dopo la fruizione dell'intervento finanziato. Distinguendo per residenza, si osserva che sono soprattutto i giovani toscani ad effettuare tutto il ciclo universitario in Toscana prima di fruire di un intervento di alta formazione, mentre i non residenti in quasi un caso su due arrivano per la prima volta negli atenei toscani per svolgere un percorso di alta formazione.

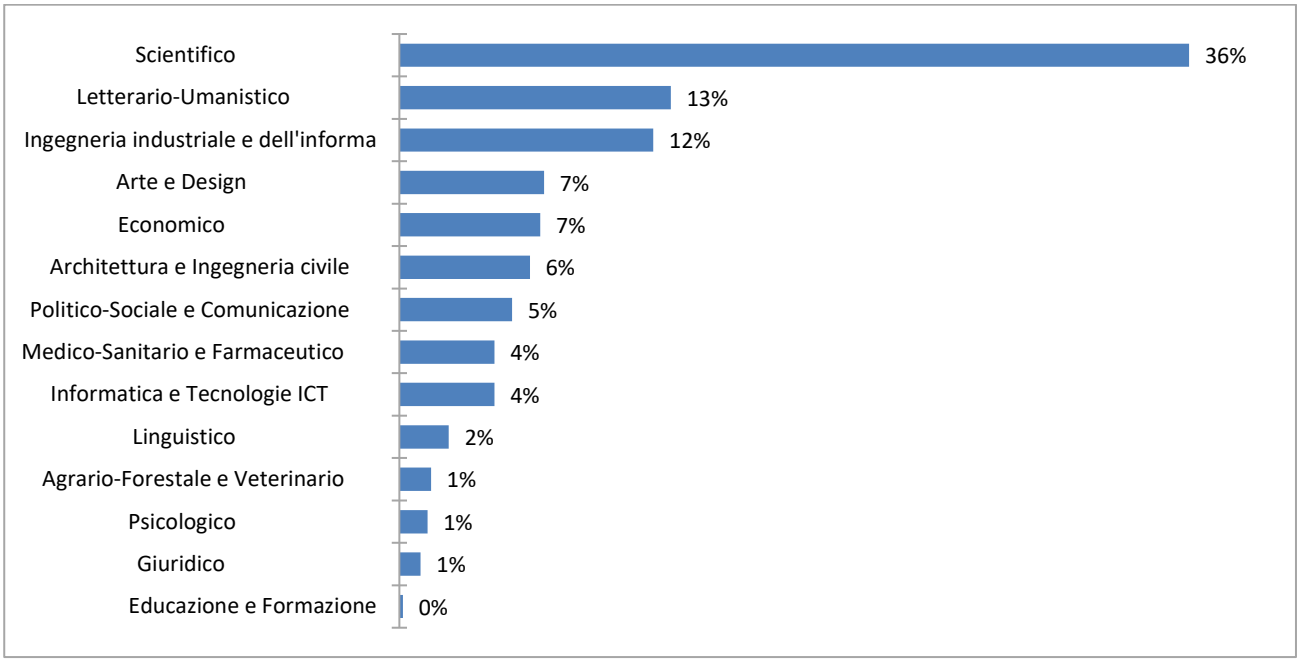
Figura 1.4 Distribuzione dei beneficiari che hanno conseguito un titolo terziario in Toscana, per tipologia di percorso accademico in Toscana



Guardando al gruppo disciplinare dell'ultimo titolo conseguito da coloro che hanno ottenuto una laurea triennale, magistrale o a ciclo unico, si osserva una netta prevalenza di laureati in ambito scientifico (36%), seguiti da coloro che provengono da un percorso letterario-umanistico (13%) e di ingegneria industriale e dell'informazione (12%).

[1] Regione Toscana finanzia già dal 2012 progetti di alta formazione tramite la ricerca, ovvero, progetti di ricerca di natura applicativa, realizzati in collaborazione con imprese o istituzioni locali, nei quali giovani studiosi, beneficiari di un assegno di ricerca, possono maturare una esperienza di ricerca in ambiti di esperienza nei quali mettere alla prova le loro conoscenze teoriche. I progetti e i relativi assegni di ricerca hanno una durata biennale; gli assegnisti sono seguiti da team di ricercatori dell'istituzione di ricerca proponente il progetto.
Una larga maggioranza dei progetti di finanziati tramite assegni di ricerca vertono su tematiche che rientrano a pieno nell'ambito della Smart Specialization Regionale. In particolare, negli ultimi 5 anni, tutti i bandi approvati sono stati orientati -salvo piccole riserve di risorse – ad ambiti applicativi e priorità tecnologiche previste dalla S3 regionale.

Figura 1.5 Distribuzione dei beneficiari che hanno conseguito un titolo universitario (laurea triennale, magistrale o a ciclo unico) in Toscana, per gruppo disciplinare dell'ultimo titolo



- *Esiti occupazionali dei beneficiari*

L'analisi degli esiti occupazionali dei beneficiari di interventi di alta formazione considera coloro che hanno concluso la misura entro la fine del 2022. Gli esiti considerati sono quelli rilevati dalle Comunicazioni obbligatorie (relativi a rapporti di lavoro subordinato o parasubordinato) e quelli desunti dalle dichiarazioni fiscali e relativi alla presenza di partita iva per lo svolgimento di lavoro autonomo (sul territorio toscano). Gli esiti occupazionali sono analizzati fino a 12 mesi dalla fine dell'intervento finanziato.

Dalla Figura 1.6 emerge che il 74% dei beneficiari ha almeno un lavoro entro 12 mesi dalla fine dell'intervento; tale percentuale si divide equamente tra coloro che avevano già un'occupazione alla fine della misura di alta formazione e coloro che invece hanno iniziato a lavorare successivamente. La percentuale di coloro che hanno iniziato a lavorare già prima della fine dell'intervento di alta formazione è comunque maggiore per chi beneficia di assegni di ricerca (59%), rispetto ai beneficiari di borse Pegaso (30%).

Figura 1.6 Esiti occupazionali nei 12 mesi successivi alla fine dell'intervento di alta formazione

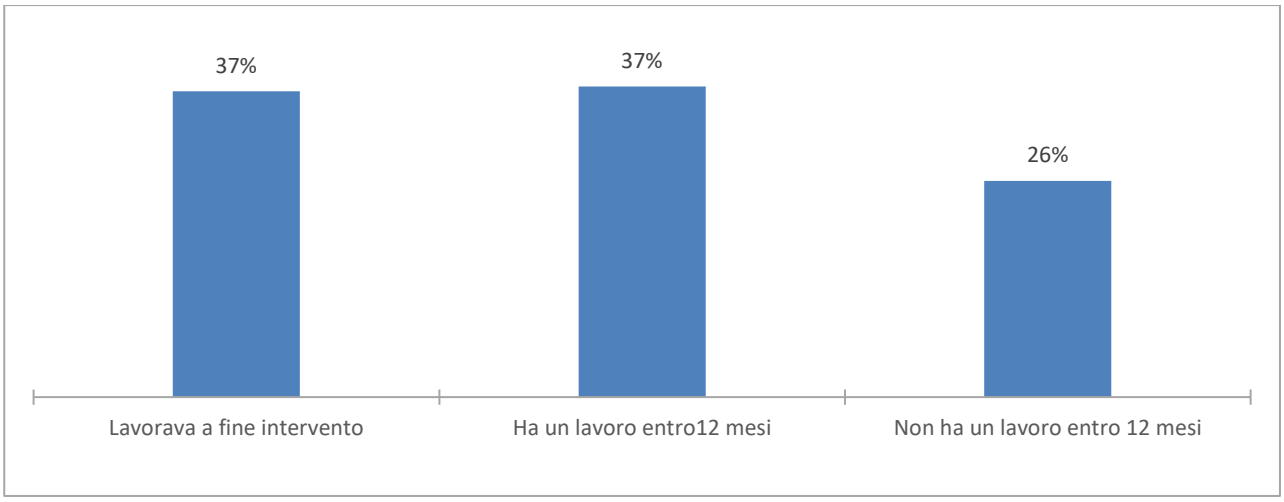
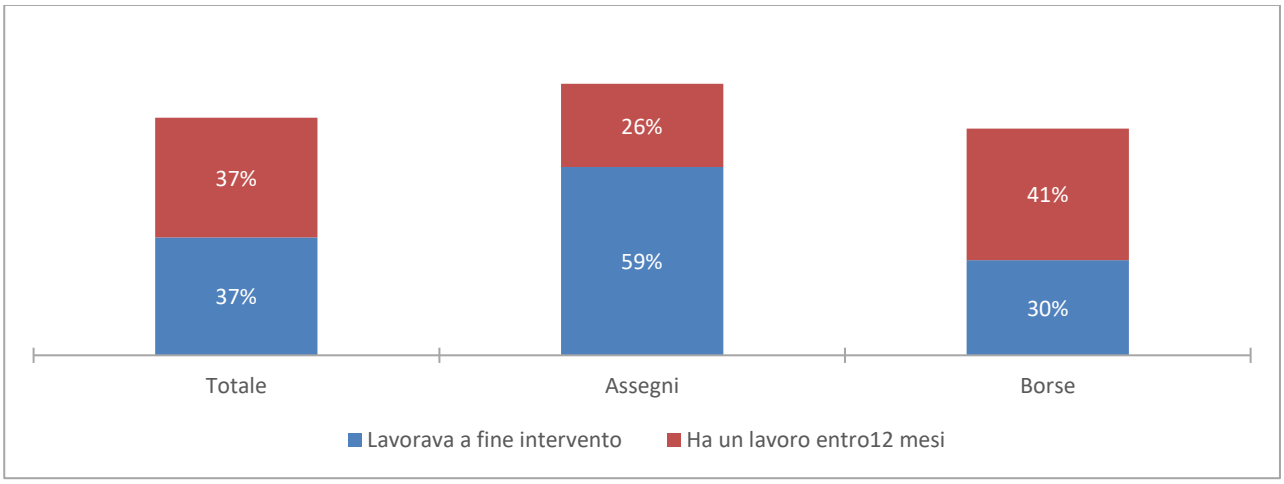
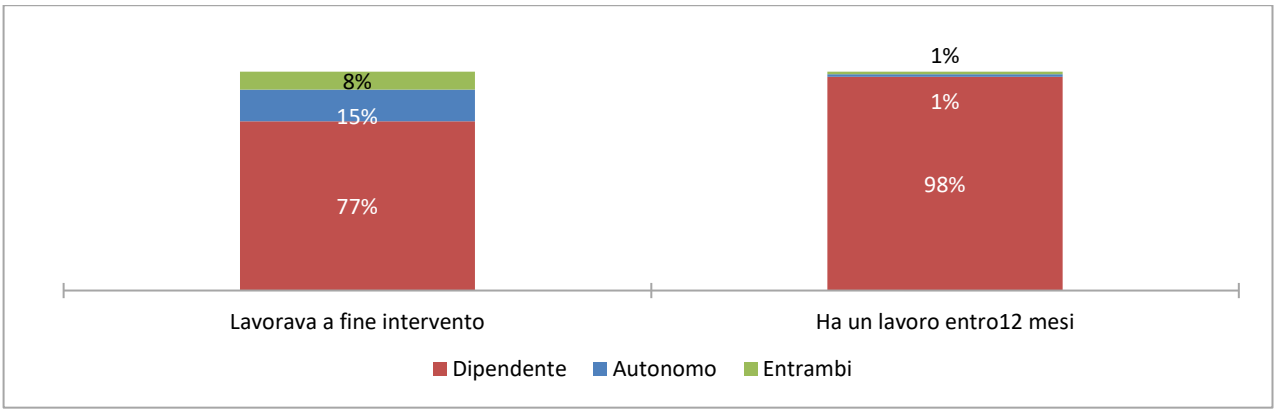


Figura 1.7 Esiti occupazionali nei 12 mesi successivi alla fine dell'intervento di alta formazione, per tipologia di intervento



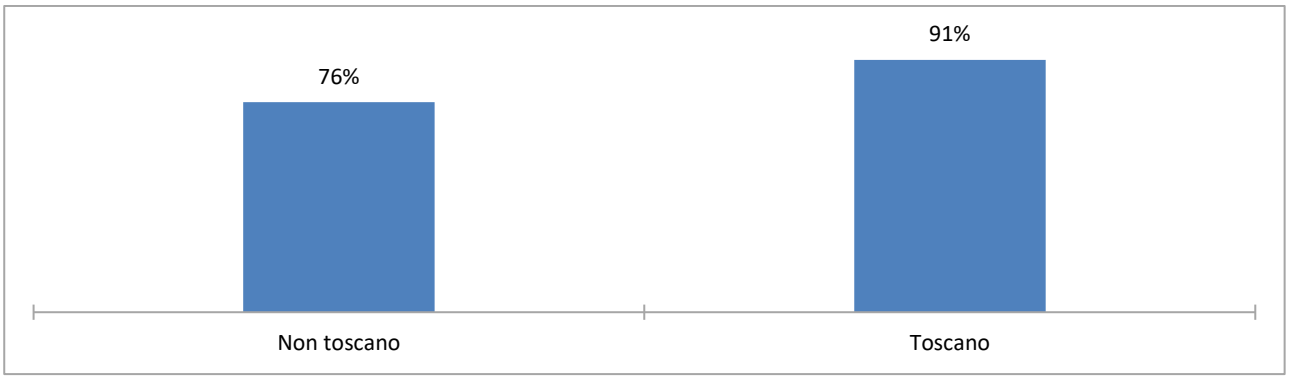
Scendendo nel dettaglio della tipologia di occupazione (Figura 1.8), si osserva che tra coloro che lavoravano già durante l'intervento di alta formazione, vi è una percentuale non trascurabile di lavoratori autonomi (15%) o soggetti con esperienze miste (8%), mentre i giovani che iniziano a lavorare successivamente sono per la quasi totalità lavoratori subordinati o parasubordinati (98%).

Figura 1.8 Distribuzione per tipologia di occupazione, per coloro che lavoravano a fine intervento o nei 12 mesi successivi



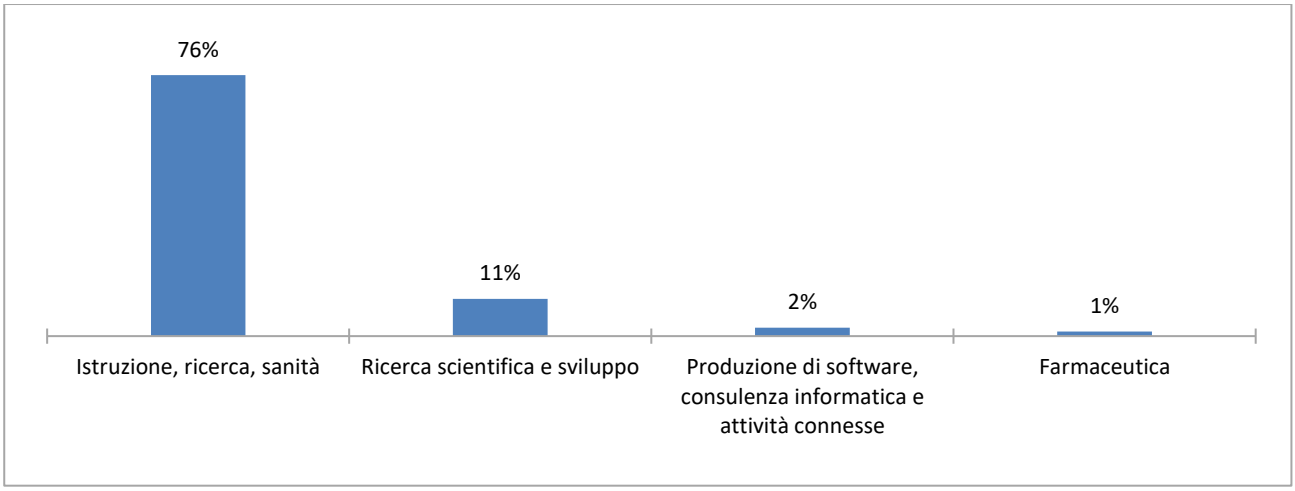
Un tema rilevante ai fini della transizione demografica è quello relativo alla capacità degli interventi per il capitale umano di attrarre e poi trattenere sul territorio regionale giovani talenti. La Figura 1.9 mostra che in oltre 9 casi su 10 i giovani toscani che beneficiano di un percorso finanziato di alta formazione restano poi sul territorio regionale; la percentuale è molto elevata anche per i non residenti, che ottengono un primo lavoro nella regione nel 76% dei casi.

Figura 1.9 Percentuale di beneficiari che ha una prima occupazione in Toscana entro 12 mesi dalla fine dell'intervento, per residenza



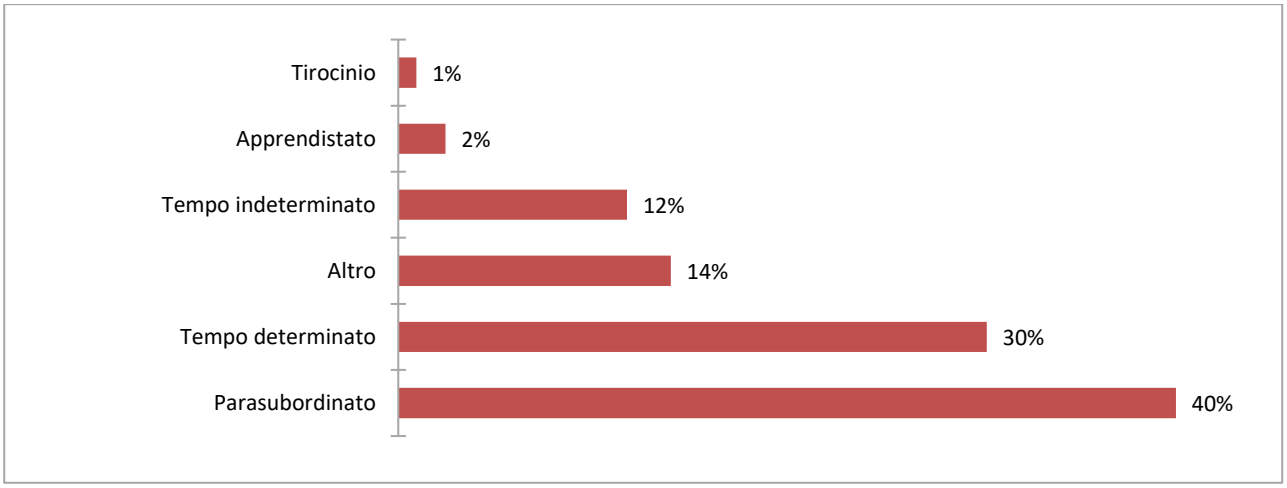
Concentrando l'attenzione sui soli lavoratori subordinati o parasubordinati è possibile analizzare la coerenza e la qualità degli esiti occupazionali immediatamente successivi alla fine dell'intervento. La Figura 1.10 mostra che i principali settori di sbocco dei giovani beneficiari di interventi di alta formazione sono l'istruzione, la ricerca e la sanità; tra i settori privati emergono, con percentuali però molto modeste, l'informatica e la farmaceutica.

Figura 1.10 Principali settori di occupazione nei 12 mesi successivi (solo dipendenti o parasubordinati).



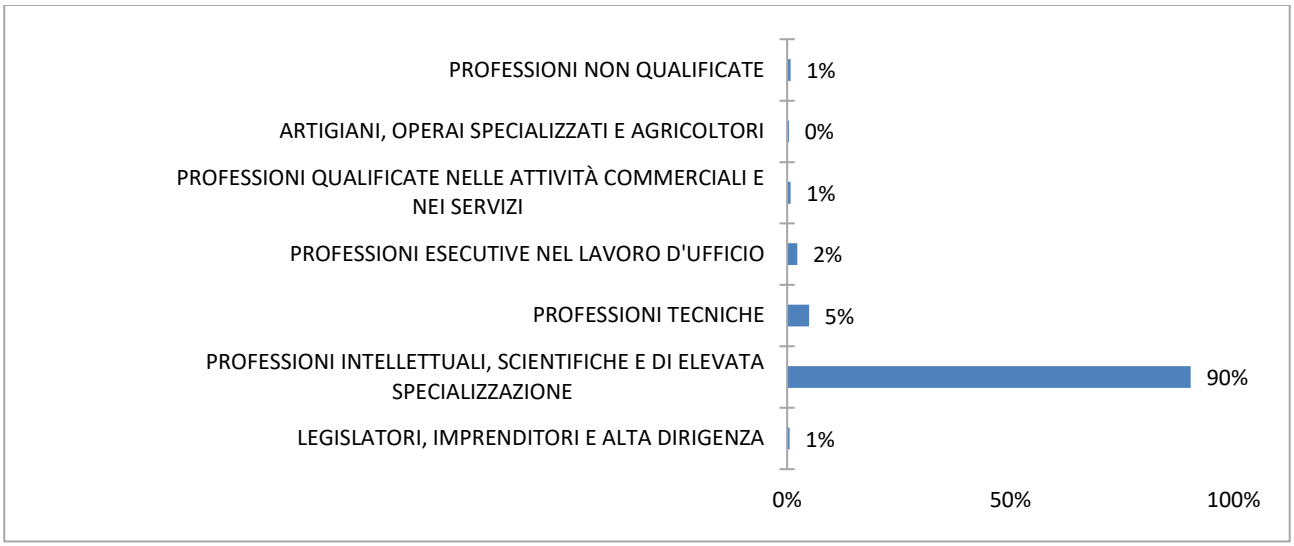
A livello contrattuale, la tipologia di rapporto più diffusa è la collaborazione coordinata e continuativa, che riguarda il 40% dei beneficiari, seguita dal tempo determinato (30%). La prevalenza di forme contrattuali temporanee e parasubordinate è purtroppo tipica dei settori di sbocco prevalenti dei giovani beneficiari, in particolare del mondo della ricerca.

Figura 1.11 Distribuzione per contratto nei 12 mesi successivi.



Un ultimo dato desumibile dal "Sistema informativo Università toscane" riguarda la qualifica migliore ottenuta dai beneficiari nell'anno successivo alla fine dell'intervento. Il quadro che emerge dalla Figura 1.12 è positivo, poiché mostra una concentrazione di rapporti di lavoro nell'ambito delle professioni intellettuali, scientifiche e di elevata specializzazione; la professione modale è rappresentata da docenti e ricercatori universitari. Tuttavia, a uno sguardo più attento non sfugge che il 9% dei beneficiari ha, entro 12 mesi, solo posizioni lavorative che prevedono un sottoinquadramento rispetto al titolo di studio conseguito.

Figura 1.12 Distribuzione per qualifica nei 12 mesi successivi



1.3 Considerazioni conclusive

La transizione demografica rappresenta oggi più che mai una delle sfide per la realizzazione della Strategia di Specializzazione Intelligente della Toscana. La mancanza di risorse umane quantitativamente e qualitative adeguate a supportare il sistema produttivo regionale rischia infatti di rappresentare un freno al suo sviluppo. In questo contesto, gli interventi regionali rivolti al capitale umano, come le borse di studio Pegaso e gli assegni di ricerca, assumono un ruolo cruciale: rappresentano investimenti mirati per attrarre, formare e trattenere talenti, sostenendo lo sviluppo competitivo della Toscana.

L'analisi svolta mostra che le borse di studio Pegaso e gli assegni di ricerca rappresentano strumenti fondamentali per sostenere la Strategia di Specializzazione Intelligente della Toscana, grazie alla loro stretta connessione con le aree tecnologiche prioritarie e agli ambiti strategici individuati dalla S3. Questi interventi favoriscono la collaborazione tra università, centri di ricerca e imprese, contribuendo a creare un ecosistema in cui formazione, innovazione e mercato del lavoro si integrano efficacemente. I dati evidenziano infatti come la maggior parte dei beneficiari degli interventi di alta formazione trovi un'occupazione entro 12 mesi, spesso nel territorio regionale, a testimonianza della capacità attrattiva di questi strumenti. La coerenza tra gli esiti lavorativi e i percorsi svolti è molto elevata, anche se non mancano casi, comunque minoritari, di sottoinquadramento e svalorizzazione delle competenze. Inoltre, la presenza di contratti precari nei principali settori di sbocco, quali ricerca, istruzione e sanità, che rappresenta una caratteristica tanto marcata quanto indesiderabile del pre-ruolo nelle università e negli enti di ricerca, rappresenta certo un limite alla valorizzazione delle competenze acquisite e rischia di rappresentare un deterrente al proseguimento degli studi in percorsi di alta formazione.

2. LA TRANSIZIONE DIGITALE NELLE IMPRESE TOSCANE

2.1 Introduzione

La transizione digitale rappresenta una delle principali direttrici di trasformazione dei sistemi produttivi a livello nazionale ed europeo. Nel quadro delle politiche europee del programma "Digital Europe" e della Strategia Nazionale per la Transizione Digitale, la digitalizzazione delle imprese è identificata come un pilastro strategico per favorire l'innovazione, la sostenibilità e la resilienza economica, specialmente in contesti caratterizzati da forte competizione internazionale e da spinte verso la riconfigurazione delle catene del valore.

A livello nazionale, il percorso di digitalizzazione è stato sostenuto da interventi pubblici strutturati, in particolare attraverso il Piano Industria 4.0 e l'evoluzione successiva nel Piano Transizione 4.0. Secondo l'analisi della Banca d'Italia (2024), gli incentivi fiscali per gli investimenti 4.0 hanno avuto effetti positivi significativi sulla produttività e sull'adozione di tecnologie digitali, soprattutto tra le imprese manifatturiere di media e grande dimensione. Tuttavia, la diffusione di queste tecnologie lungo il territorio nazionale mostra ancora forti disomogeneità settoriali e territoriali, a testimonianza del diverso grado di capacità di assorbimento e di innovazione da parte delle imprese.

Nel contesto toscano, la Strategia di Specializzazione Intelligente (S3) 2021–2027 riconosce esplicitamente la trasformazione digitale come un fattore abilitante trasversale. Le traiettorie di innovazione individuate – dalla manifattura avanzata ai servizi per la salute e il benessere, dall'ICT all'energia e ambiente – fanno della digitalizzazione una leva fondamentale per incrementare la competitività del tessuto produttivo regionale. Monitorare la diffusione delle tecnologie digitali e il loro impatto sui processi aziendali è pertanto essenziale per valutare l'efficacia delle politiche pubbliche e orientare gli interventi futuri.

Il presente documento si propone di analizzare lo stato della transizione digitale nelle imprese toscane, utilizzando come fonte i dati del Censimento permanente delle imprese – Industria e Servizi dell'ISTAT (edizioni 2018 e 2022). In particolare, l'analisi si concentra su:

- Sezione 5 – Innovazione e digitalizzazione, per valutare l'adozione di tecnologie digitali, gli investimenti in innovazione e i comportamenti di digitalizzazione delle imprese.
- Sezione 8 – Specializzazione intelligente, per esaminare l'orientamento delle imprese verso aree ad alto contenuto innovativo e tecnologico, coerenti con le linee guida della S3 Toscana.

Attraverso il confronto con la tornata censuaria del 2018, si intende mettere in luce gli eventuali cambiamenti intervenuti, evidenziando gap, punti di forza e aree di miglioramento. In aggiunta, si analizzerà la relazione tra digitalizzazione e specializzazione intelligente, con un focus sui settori a maggiore intensità tecnologica e sui processi di innovazione abilitati dalle tecnologie digitali.

Nelle sezioni successive, verranno presentati in dettaglio i risultati emersi per ciascuna delle due aree tematiche.

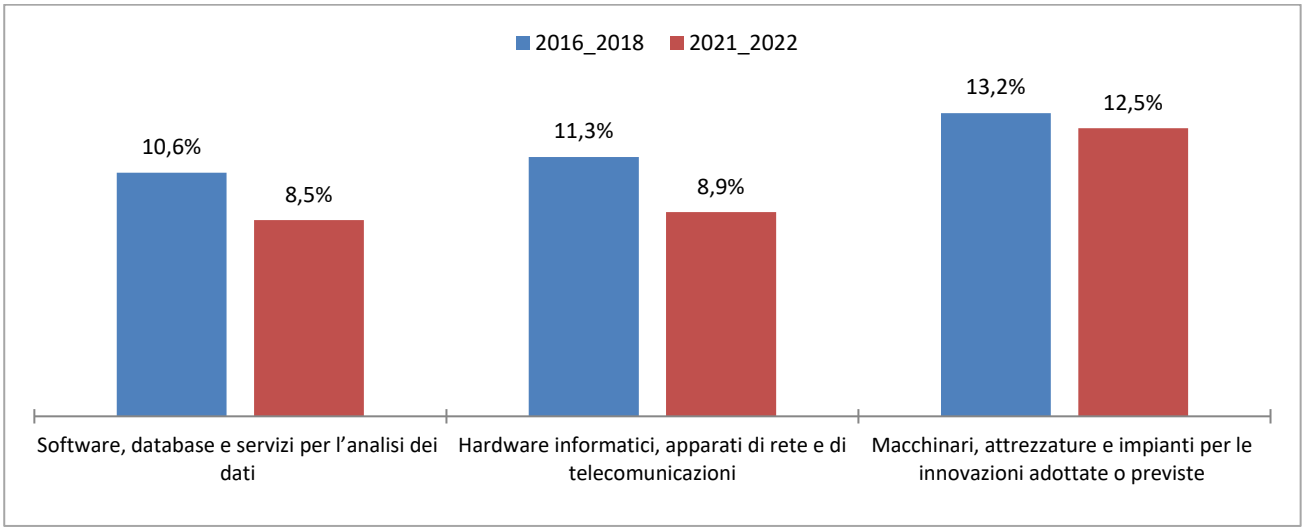
2.2 Innovazione e digitalizzazione nelle imprese toscane

Il Censimento permanente dell'industria e dei servizi ha come universo di riferimento le imprese con più di 3 addetti che contano, nel 2022, quasi 80mila unità locali. Nella Sezione 5 si indaga il tema dell'innovazione e della digitalizzazione attraverso domande relative all'adozione di progetti innovativi e di digitalizzazione, utilizzo di software e servizi cloud, collaborazioni esterne, tecnologie digitali, richiesta di incentivi fiscali.

Tra le imprese con più di 3 addetti, la quota di quelle che hanno svolto almeno un'attività di innovazione (internamente o tramite fornitori esterni) è rimasta sostanzialmente stabile tra il 2022 e il 218, attestandosi intorno al 34%.

Tra le imprese che hanno dichiarato di aver svolto attività di innovazione, possiamo evidenziare la quota di quelle che ha investito in componenti direttamente riconducibili a progetti di digitalizzazione (Fig. 2.1).

Figura 2.1 Quota delle imprese che hanno investito in attività collegate a processi di digitalizzazione. Periodi di riferimento 2016-2018 e 2021-2022.

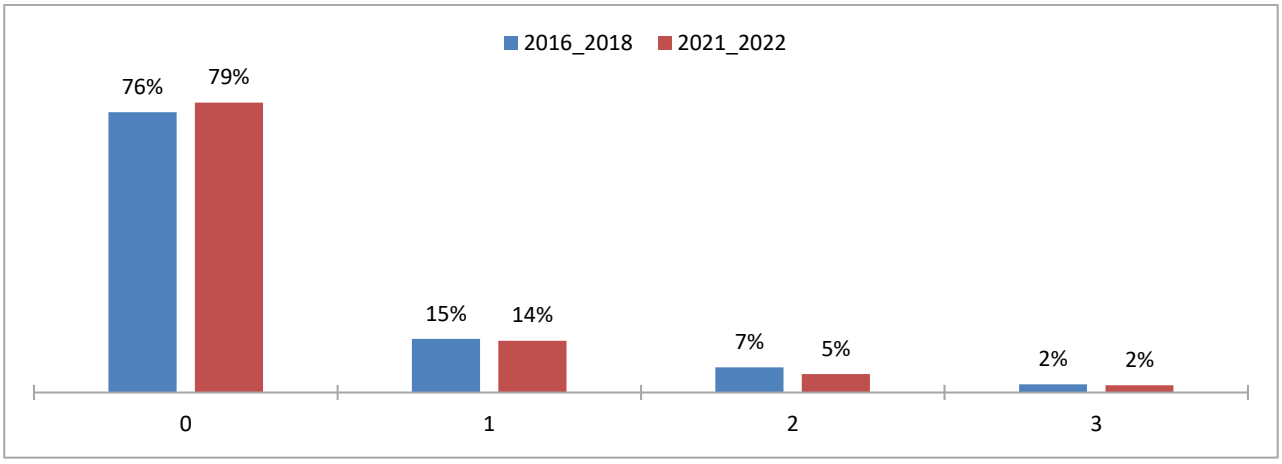


Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

Si osserva una decrescita generale della quota di imprese che investe in queste attività. Essa diminuisce di 2 punti percentuali (da 11% a 9%) nelle soluzioni software e nelle infrastrutture ICT; mentre cala dal 13,2 al 12,5% per quanto riguarda i macchinari e le attrezzature, investimenti orientati all'automazione di processo, non necessariamente digitalizzata nell'accezione di Industria 4.0.

Se consideriamo insieme i tre tipi di investimenti (software, hardware, macchinari), la distribuzione delle imprese innovative, in funzione del numero di tecnologie utilizzate, mostra che il 79% di esse, nel 2021–2022, non ha adottato alcuna delle tre macro-tecnologie digitali considerate (vs 76% nel 2016–2018) (Fig. 2.2). Inoltre, la quota di imprese che adottano due o tre tecnologie scende complessivamente dal 9% al 7%, segnalando un rallentamento nell'integrazione combinata di soluzioni digitali. Rimane invece stabile al 2% la percentuale di imprese più innovativa in senso digitale, che ha contemporaneamente investito nei tre ambiti.

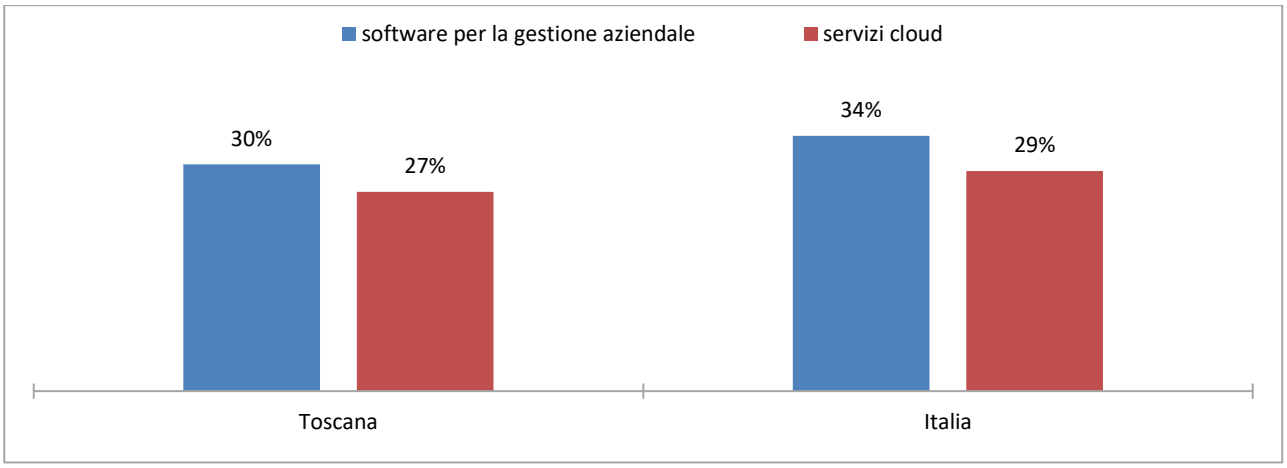
Figura 2.2 Quota delle imprese in funzione del numero di tecnologie digitali in cui ha investito. Periodi di riferimento 2016-2018 e 2021-2022



Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

Oltre ai progetti di innovazione digitali, viene rilevata anche la diffusione di software gestionali e servizi cloud (Fig. 2.3). L'adozione di strumenti digitali di base per la gestione d'impresa, come i software gestionali e i servizi cloud, mostra livelli ancora contenuti tra le imprese toscane, con una quota rispettivamente del 30% e del 27%.

Figura 2.3 Quota delle imprese che utilizzano software gestionali e servizi cloud. Periodo di riferimento 2021-2022



Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

Queste percentuali risultano lievemente inferiori alla media nazionale (pari al 34% per i software gestionali e al 29% per il cloud), suggerendo un ritardo relativo nell'integrazione di tecnologie digitali che sono ormai considerate elementi abilitanti per una gestione più efficiente, flessibile e sicura dei processi aziendali.

Sebbene il divario rispetto alla media italiana non sia marcato, esso appare comunque significativo alla luce del ruolo centrale che questi strumenti rivestono nella transizione digitale: i software per la gestione aziendale facilitano l'automazione dei processi amministrativi, logistici e produttivi, mentre i servizi cloud consentono l'accesso a infrastrutture digitali evolute senza la necessità di investimenti iniziali elevati, favorendo in particolare le imprese di minori dimensioni. Si tratta quindi di tecnologie generalmente considerate abilitanti per l'organizzazione interna, la gestione dei processi e l'accesso a risorse informatiche flessibili, scalabili e sicure. La loro bassa diffusione potrebbe essere interpretata, come un indicatore di ritardo nella digitalizzazione dei processi gestionali e infrastrutturali.

D'altra parte, è opportuno contestualizzare questi dati alla luce delle caratteristiche strutturali del tessuto produttivo regionale. In particolare, la prevalenza di micro e piccole imprese, spesso a conduzione familiare o artigianale, può influenzare le scelte tecnologiche, orientandole verso soluzioni meno complesse o comunque più aderenti alle esigenze operative quotidiane. In assenza di economie di scala, risorse specializzate o una visione strategica sull'innovazione digitale, l'adozione di strumenti avanzati può essere percepita come poco prioritaria o scarsamente conveniente.

In questo senso, la limitata diffusione di software gestionali e servizi cloud non va necessariamente interpretata come un disallineamento tout court, ma piuttosto come il risultato di un adattamento tecnologico selettivo, che riflette le specificità produttive e organizzative delle imprese locali. Ciò non toglie che, in un'ottica di rafforzamento competitivo e di crescita sostenibile, sarà fondamentale promuovere una maggiore diffusione di tali tecnologie, anche attraverso politiche di accompagnamento, formazione e facilitazione all'adozione, in particolare per le imprese di minori dimensioni.

Le collaborazioni con consulenti, centri di ricerca e altri soggetti esterni svolgono un ruolo chiave nel rafforzare le capacità innovative delle imprese e rappresentano un elemento strategico per accedere a competenze specialistiche e servizi avanzati. Per questo motivo, è utile analizzare di quali partner esterni le imprese si siano avvalse nei progetti di innovazione attivati nel biennio 2021-2022 (Tab. 2.4).

Tra il 34% delle imprese innovative prima citato, emerge che solo una minoranza instaurato collaborazioni con soggetti qualificati, mentre il 54% di esse dichiara di non aver attivato rapporti nell'ambito dei progetti innovativi riferiti al biennio 2021-2022.

I soggetti esterni più consultati sono imprese private di consulenza o singoli liberi professionisti, di cui ha usufruito ben il 36% delle imprese innovative.

Le collaborazioni con università, competence center e DIH appaiono invece meno centrali, attestandosi, cumulativamente, intorno al 10%.

Questo quadro evidenzia una connessione tra imprese e sistema della ricerca/innovazione da rafforzare, a fronte di un più elevato ricorso al mercato privato dei servizi.

Tabella 2.4 Quota di imprese che si sono avvalse di consulenze/collaborazioni con soggetti esterni qualificati, per i progetti di innovazione attivi nel biennio 2021-2022. (Solo imprese che hanno dichiarato almeno un investimento innovativo)

Ha collaborato con uno dei soggetti esterni qualificati di seguito elencati:	% imprese
Nessuno	54%
Imprese di consulenza o consulenti privati	36%
Centri di competenza (competence centers)	4%
Università	3%
Digital Innovation Hub promossi da associazioni di categoria	3%
Soggetti nell'ambito di contratti di rete	3%
Soggetti nei distretti tecnologici	2%
Altre istituzioni pubbliche	2%
Punti d'impresa digitale (PID) delle Camere di Commercio	1%
Innovation manager qualificati del MISE	0%
Soggetti nei cluster dell'innovazione	0%
Digital Innovation Hub promossi dalla UE	0%

Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

Per meglio valutare la diffusione delle tecnologie digitali in Toscana, possiamo confrontare i dati regionali con quelli nazionali e osservare i cambiamenti intervenuti rispetto alla precedente ondata censuaria del 2018 (Tabb. 2.5 e 2.6).

Le quote di adozione in Toscana risultano in linea con quelle nazionali, sia a livello di imprese che hanno effettuato almeno un investimento in una delle tecnologie elencate (57%), sia rispetto alle singole tecnologie.

Le imprese più grandi (≥100 addetti) superano di circa 20 punti percentuali la media regionale nell'adozione di quasi tutte le tecnologie, mentre le micro/piccole (10–19 addetti) mostrano ritardi particolarmente marcati su IoT (5%), Big Data (3%) e simulazione (7%).

Il settore Meccanica/Automotive mostra i tassi più elevati in quasi tutte le tecnologie (per es. 71% investimenti in almeno 1 tecnologia). Il settore Moda è in media con la regione, con un leggero ritardo nel campo dei Big Data (3%) e della cybersecurity (22%); tuttavia, gli investimenti di queste imprese rimangono polarizzati tra tecnologie di base e sicurezza informatica e simulazione tra macchina, mentre tra i più bassi è il numero delle aziende interessato agli ambiti di applicazione dell'Intelligenza Artificiale, anche se crescono significativamente rispetto al triennio 2016-2018, quando erano praticamente inesistenti.

Rispetto alla precedente ondata censuaria, la quota complessiva di imprese che investono in almeno una tecnologia digitale cala di 7 punti (da 64% a 57%), a indicare un rallentamento nell'adozione di soluzioni digitali, sebbene accompagnato da un'attenzione crescente verso tecnologie avanzate di nicchia.
Si osserva, infatti, per la Toscana una crescita significativa dei Big Data (+76%), della simulazione tra macchine interconnesse (+125%) e delle tecnologie immersive (+53%).
Diminuiscono invece le imprese che investono in fibra ottica (-16%) e cybersecurity (–47%), che però erano le voci più consistenti del precedente periodo 2016-2018. Anche le stampanti 3D perdono *appeal* tra le imprese (–40%), Si osserva, infatti, per la Toscana una crescita significativa dei Big Data (+76%), della simulazione tra macchine interconnesse (+125%) e delle tecnologie immersive (+53%).

Tabella 2.5 Imprese TOSCANE con almeno 10 addetti che hanno investito in tecnologie digitali nel BIENNIO 2021-2022, per classe di addetti e settori di attività economica. Valori percentuali relativi alle imprese con almeno 10 addetti

	Tecnologie basate su Internet			Ambiti di applicazione dell'Intelligenza Artificiale			Altre aree tecnologiche			Tutte le aree
	Connettività mediante fibra ottica	**Connettività mediante 4G/5G**	**Internet delle Cose**	**Tecnologie immersive**	**Elaborazione e analisi di Big Data**	**Automazione avanzata, robotistica**	**Stampanti 3D**	**Simulazione tra macchine inter-connesse**	**Sicurezza informatica (Cyber-security)**	**Imprese che hanno investito in almeno una tecnologia digitale**
CLASSI DI ADDETTI										
10-19 addetti	33%	28%	5%	1%	3%	3%	1%	7%	21%	52%
20-49	41%	31%	7%	2%	7%	5%	3%	11%	31%	64%
50-99	49%	35%	10%	3%	11%	8%	6%	16%	42%	71%
100 e oltre	56%	48%	16%	6%	19%	13%	9%	16%	57%	81%
SETTORI DI ATTIVITÀ ECONOMICA										
INDUSTRIA	36%	29%	6%	1%	4%	6%	3%	15%	24%	65%
SERVIZI	39%	29%	7%	2%	7%	3%	2%	5%	28%	54%
MODA	36%	32%	3%	1%	3%	3%	1%	12%	22%	67%
MECCANICATRONICA e AUTOMOTIVE	45%	38%	10%	3%	5%	7%	7%	20%	32%	71%
TOTALE REGIONE	37%	30%	6%	2%	5%	4%	2%	9%	26%	57%
TOTALE ITALIA	39%	31%	7%	2%	6%	5%	3%	9%	29%	57%

Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

Tabella 2.6 Imprese TOSCANE con almeno 10 addetti che hanno investito in tecnologie digitali nel BIENNIO 2021-2022, per classe di addetti e settori di attività economica. Variazione percentuale rispetto al periodo 2016-2018

	Tecnologie basate su Internet			Ambiti di applicazione dell'Intelligenza Artificiale			Altre aree tecnologiche			Tutte le aree	
	Connettività mediante fibra ottica	**Connettività mediante 4G/5G**	**Internet delle Cose**	**Tecnologie immersive**	**Elaborazione e analisi di Big Data**	**Automazione avanzata, robotistica**	**Stampanti 3D**	**Simulazione tra macchine inter- connesse**	**Sicurezza informatica (Cyber-security)**	**Imprese che hanno investito in almeno una tecnologia digitale**	**TOTALI**
CLASSI DI ADDETTI											
10-19 addetti	-21%	-12%	29%	30%	87%	18%	-54%	201%	3%	-53%	-10%
20-49	-7%	3%	21%	69%	108%	15%	-30%	99%	6%	-39%	-4%
50-99	-10%	-5%	3%	85%	45%	-6%	-33%	33%	5%	-31%	-3%
100 e oltre	-1%	5%	67%	106%	32%	20%	8%	49%	13%	-9%	13%
SETTORI DI ATTIVITÀ ECONOMICA											
INDUSTRIA	-26%	-19%	17%	39%	60%	8%	-50%	110%	-5%	-50%	-23%
SERVIZI	-22%	-18%	14%	33%	72%	15%	-30%	111%	4%	-52%	-11%
MODA	-13%	28%	-1%	121%	134%	-35%	-64%	207%	7%	-40%	-11%
MECCANICATRONICA, AUTOMOTIVE	26%	20%	35%	39%	105%	13%	-24%	84%	10%	-24%	7%
TOTALE REGIONE	-16%	-7%	27%	53%	76%	14%	-40%	125%	4%	-47%	-7%
TOTALE ITALIA	-6%	-2%	16%	46%	52%	14%	-30%	75%	5%	-42%	2%

Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

- *L'impatto degli incentivi pubblici sulla digitalizzazione*

Nel biennio 2021-2022 solo il 20,2% delle imprese toscane ha fatto ricorso a incentivi pubblici – come credito d'imposta, super e iper-ammortamento – per sostenere investimenti in tecnologie digitali. La quota maggioritaria delle imprese (79,8%) non ha quindi attivato strumenti incentivanti, suggerendo una sottoutilizzazione delle politiche di supporto disponibili, nonostante il contesto favorevole promosso dal Piano Transizione 4.0.

L'analisi disaggregata mostra tuttavia una significativa eterogeneità in base alla dimensione d'impresa: l'incidenza dell'utilizzo di incentivi cresce con l'aumentare della classe dimensionale, passando da un modesto 15% tra le microimprese (meno di 10 addetti) a valori superiori al 45% tra le imprese con oltre 50 addetti. Questo evidenzia come le imprese più strutturate abbiano maggiore capacità di intercettare e gestire strumenti agevolativi, probabilmente grazie a una maggiore disponibilità di risorse interne, competenze manageriali e accesso a servizi specialistici.

Dal punto di vista settoriale, la manifattura si conferma il comparto più ricettivo, con un'incidenza del 33,1%, a fronte di un valore decisamente più basso nei servizi (16,8%). Tra i settori manifatturieri, spiccano le filiere ad alta intensità tecnologica e produttiva, come la meccatronica e l'automotive (37,6%). Nel settore Moda, tradizionalmente rilevante per il tessuto produttivo regionale, la quota di imprese risulta leggermente inferiore rispetto all'incidenza totale (31,5%). Questo dato suggerisce che gli incentivi pubblici tendono ad avere maggiore penetrazione nei settori a più elevata intensità tecnologica, mentre rimangono meno accessibili o meno percepiti come utili nelle altre attività.

Per quanto riguarda gli effetti percepiti dell'utilizzo degli incentivi, le imprese che ne hanno beneficiato indicano come principali ricadute positive: una maggiore efficienza dei processi aziendali (37,5%); una riduzione dei costi operativi (33,5%); un aumento della produttività o redditività (28,1%).

Tabella 2.7 Quota di imprese che hanno rilevato conseguenze positive degli incentivi sull'attività aziendale

Conseguenze positive sulle attività aziendali	
Maggiore efficienza dei processi aziendali	37,5%
Riduzione dei costi operativi	33,5%
Maggiore produttività/redditività	28,1%
Utilizzo di software, sistemi e macchinari più evoluti	26,1%
Miglioramento della qualità dei processi e dei prodotti	18,9%
Luoghi di lavoro più sicuri ed ergonomici	7,7%
Miglioramento della sostenibilità ambientale dei processi e dei prodotti	6,9%
Miglioramento del design e dell'estetica dei prodotti	3,0%
Nessun risultato tra quelli elencati	*18,4%*

Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

A questi si aggiungono effetti meno diffusi ma rilevanti, come l'utilizzo di tecnologie e sistemi più evoluti (26,1%) e il miglioramento della qualità dei processi e dei prodotti (18,9%). Più marginali, invece, appaiono gli impatti in termini di sostenibilità ambientale (6,9%) o sicurezza e ergonomia del lavoro (7,7%), mentre un 18,4% delle imprese dichiara di non aver riscontrato alcun beneficio diretto tra quelli proposti.

Nel complesso, questi dati confermano come gli incentivi pubblici rappresentino uno strumento efficace per promuovere l'adozione di tecnologie digitali, ma sottoutilizzato e selettivo. La loro maggiore diffusione potrebbe contribuire significativamente ad accelerare la transizione digitale, soprattutto tra le imprese più piccole o nei comparti a minore intensità tecnologica.

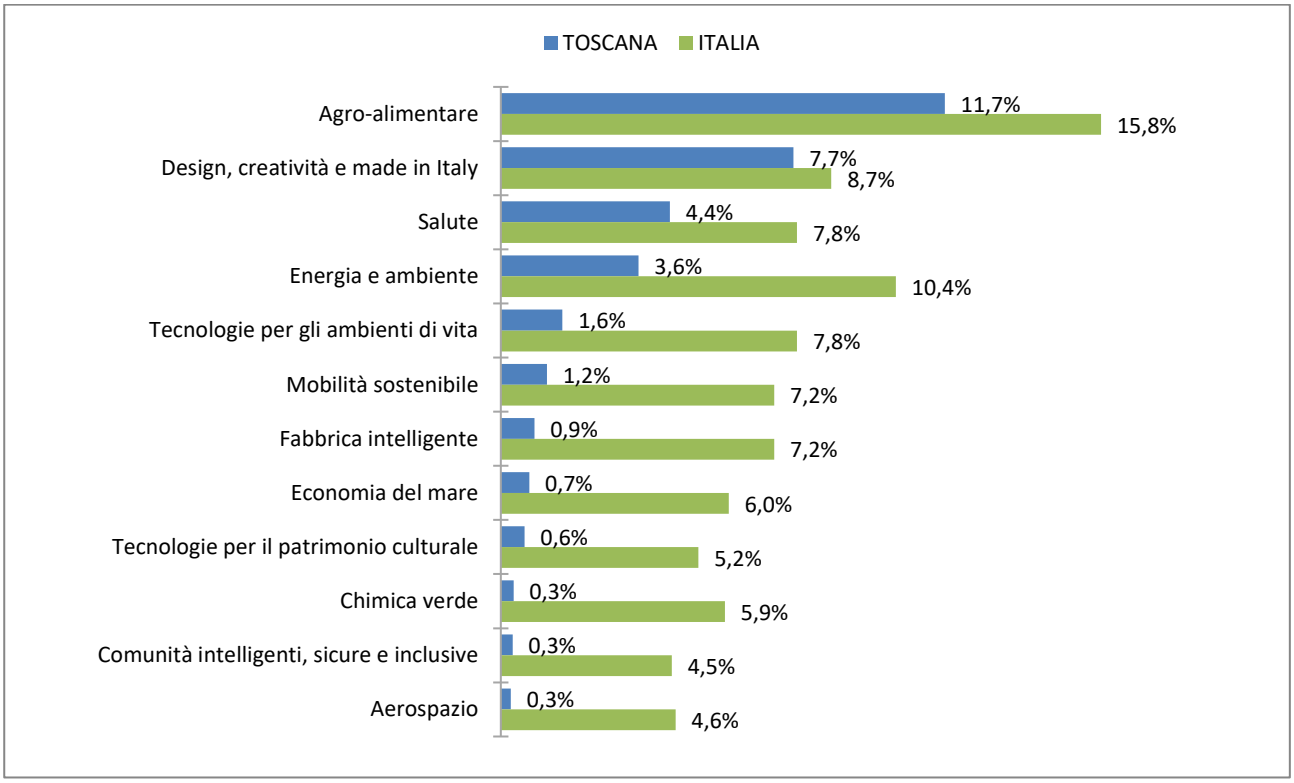
2.3 Specializzazione Intelligente e traiettorie di sviluppo delle imprese toscane

La sezione del Censimento permanente delle imprese dedicata alla *Specializzazione Intelligente* fornisce un quadro articolato del posizionamento strategico delle imprese nei confronti delle principali traiettorie tecnologiche e settoriali individuate a livello regionale e nazionale nell'ambito della Strategia di Specializzazione Intelligente (S3). In particolare, i dati raccolti mettono in evidenza in quali **ambiti di specializzazione** le imprese toscane hanno operato nel triennio 2020–2022, il grado di **intensità degli investimenti** effettuati in questi settori, e la diffusione di **processi di sviluppo e sperimentazione** legati a nuove tecnologie, prodotti e modelli organizzativi.

Queste informazioni sono cruciali per valutare la capacità del tessuto produttivo regionale di allinearsi agli obiettivi della S3 Toscana 2021–2027, che pone la **trasformazione digitale** tra le priorità trasversali e ne riconosce il ruolo abilitante rispetto a tutte le principali traiettorie di innovazione (manifattura avanzata, ICT, salute, ambiente, energia, economia circolare, ecc.). L'analisi dei dati consente quindi di comprendere non solo in quali ambiti le imprese investono e innovano, ma anche **quanto e come** tali investimenti si intreccino con i processi di digitalizzazione esaminati in precedenza. La connessione tra specializzazione intelligente e digitalizzazione è infatti fondamentale per orientare le politiche pubbliche verso un sostegno mirato e più efficace all'evoluzione tecnologica e competitiva del sistema produttivo regionale.

L'analisi della sezione *Specializzazione Intelligente (S3)* evidenzia un coinvolgimento ancora limitato, ma in crescita, delle imprese toscane nei principali ambiti strategici. Il 26,8% dichiara di essere attiva almeno in una delle aree S3 nel periodo 2020–2022, mentre la percentuale sale al 35,7 per l'Italia (Fig. 2.8). Le aree maggiormente presidiate in Toscana sono l'Agro-alimentare (11,7%), Design, creatività & Made in Italy (7,7%) e la Salute (4,4%).

Figura 2.8 Quota di imprese attive per area S3. Toscana e Italia

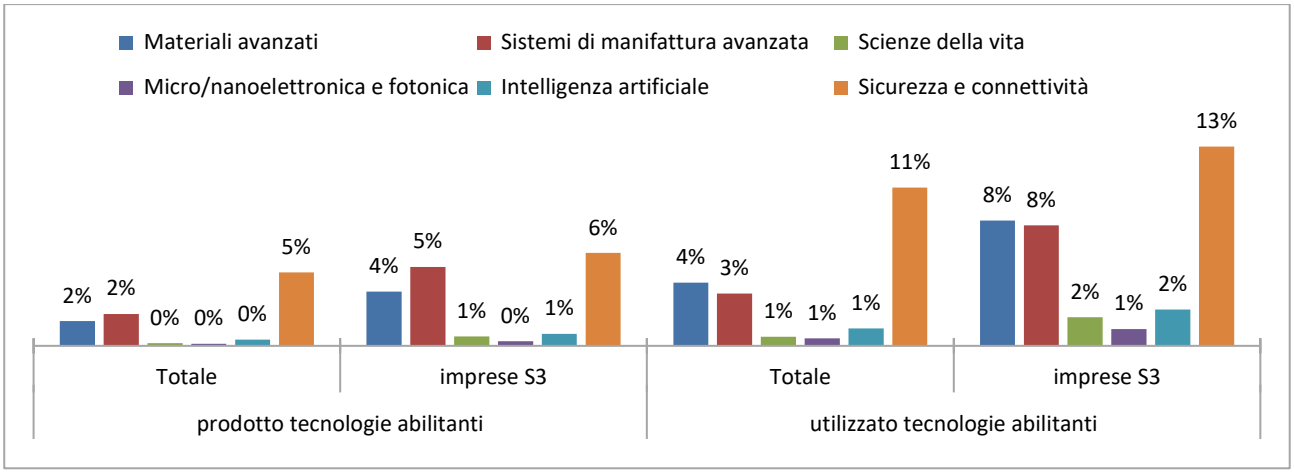


Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

Nonostante il coinvolgimento sia in generale inferiore alla media nazionale, tali ambiti riflettono le vocazioni tradizionali e la struttura del tessuto produttivo regionale, in particolare nei settori manifatturieri di punta. La maggior parte delle imprese operanti nelle aree di specializzazione S3 dichiarano di essere attive in una sola area (23,1%): solo il 3,7% risulta quindi attiva in almeno 2 aree.

Un'ulteriore lente sul grado di innovazione delle imprese toscane è offerta dall'analisi relativa alla produzione e all'utilizzo di tecnologie abilitanti. Sebbene la diffusione sia ancora circoscritta, emergono segnali interessanti soprattutto tra le imprese che si collocano nei percorsi della Specializzazione Intelligente (Fig. 2.9).

Figura 2.9 Quota di imprese che hanno prodotto e utilizzato tecnologie abilitanti. Totale Toscana e solo imprese S3



Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

In generale, l'impiego di tecnologie abilitanti è più diffuso rispetto alla loro produzione, segno che molte imprese si trovano in una fase di adozione e integrazione, più che di sviluppo proprietario. Il divario è evidente nei casi dei "materiali avanzati" e dei "sistemi di manifattura avanzata", utilizzati rispettivamente dal 4% e 3% delle imprese toscane, ma prodotti solo dal 2%.

Tra le tecnologie più presenti, "sicurezza e connettività" si conferma l'ambito a maggiore penetrazione: viene utilizzata dall'11% delle imprese e prodotta dal 5%, con una quota leggermente superiore tra le imprese S3 (13% utilizzo, 6% produzione). Questo dato riflette l'attenzione crescente verso soluzioni digitali per la gestione dei dati, la *cybersecurity* e l'interconnessione dei sistemi produttivi, sospinta anche da obblighi normativi europei e nazionali.

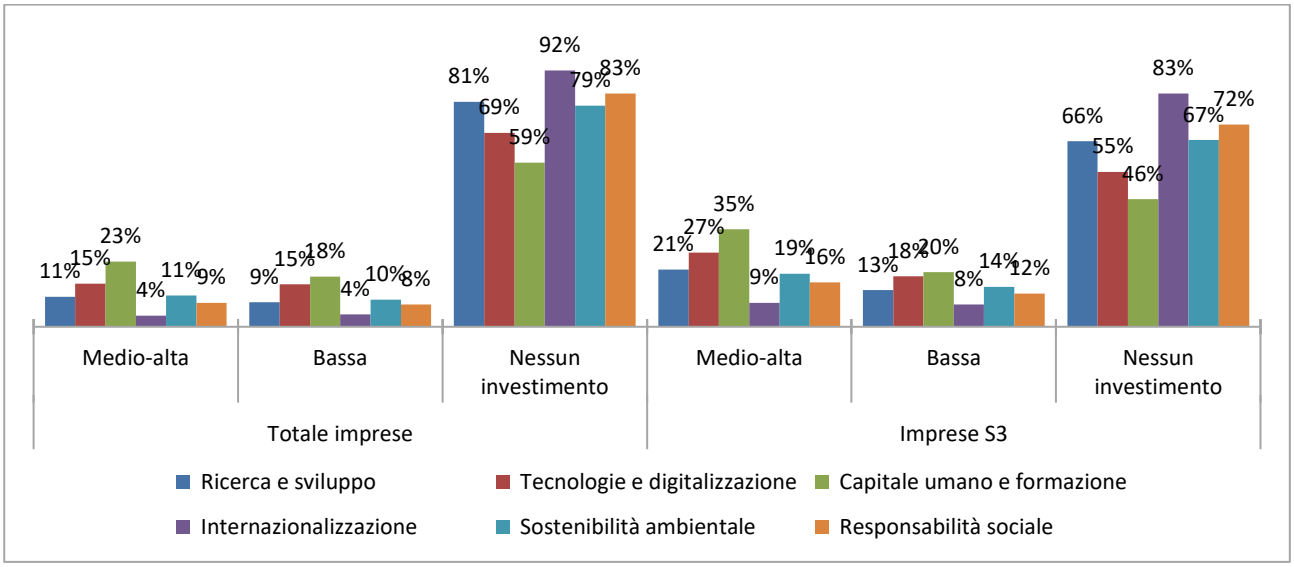
Le imprese S3 mostrano un comportamento significativamente più orientato all'innovazione: sono circa il doppio rispetto alla media nella produzione e utilizzo delle principali tecnologie abilitanti. Ad esempio, nel campo dei "materiali avanzati", il 4% delle imprese S3 li produce (vs 2% totale) e l'8% li utilizza (vs 4% totale). Un trend analogo si riscontra anche nei "sistemi di manifattura avanzata" e nell' "intelligenza artificiale".

Questa maggiore propensione tecnologica delle imprese S3 suggerisce che l'aderenza alla strategia di specializzazione non è solo un'etichetta formale, ma si traduce concretamente in un maggiore investimento in innovazione e competenze avanzate. È in questi contesti che si stanno formando i nuclei più dinamici dell'economia regionale, capaci di assorbire e rielaborare le tecnologie emergenti.

L'analisi dell'intensità degli investimenti delle imprese toscane nel triennio 2020-2022 evidenzia una generale cautela nell'impegno finanziario su aree strategiche per l'innovazione e la competitività. La maggior parte

delle imprese dichiara di non aver investito in modo significativo in settori chiave come ricerca e sviluppo, digitalizzazione, sostenibilità ambientale e formazione (Fig. 2.10).

Figura 2.10 Confronto intensità investimenti per area d'intervento — tecnologie, formazione, R&S. Totale Toscana e solo imprese S3



Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

Le quote di imprese che hanno effettuato investimenti "alti" sono limitate a percentuali comprese tra l'1% e il 4%, con un picco del 4% solo per il capitale umano e la formazione. Tuttavia, se si sommano anche gli investimenti di media intensità, emergono alcune priorità relative: "capitale umano" (23%) e "tecnologie e digitalizzazione" (15%) sono le aree che raccolgono maggiore attenzione da parte delle imprese.

Ancora una volta, più marcata è la propensione all'investimento da parte delle imprese S3, le quali si distinguono per un impegno più convinto su tutti i fronti analizzati. In particolare, la quota di imprese S3 che ha investito in capitale umano e formazione raggiunge il 35% (8% alta, 27% media), quasi il doppio rispetto alla media regionale. Anche in ricerca e sviluppo (21%) e tecnologie e digitalizzazione (27%), le imprese S3 mostrano una maggiore predisposizione all'innovazione.

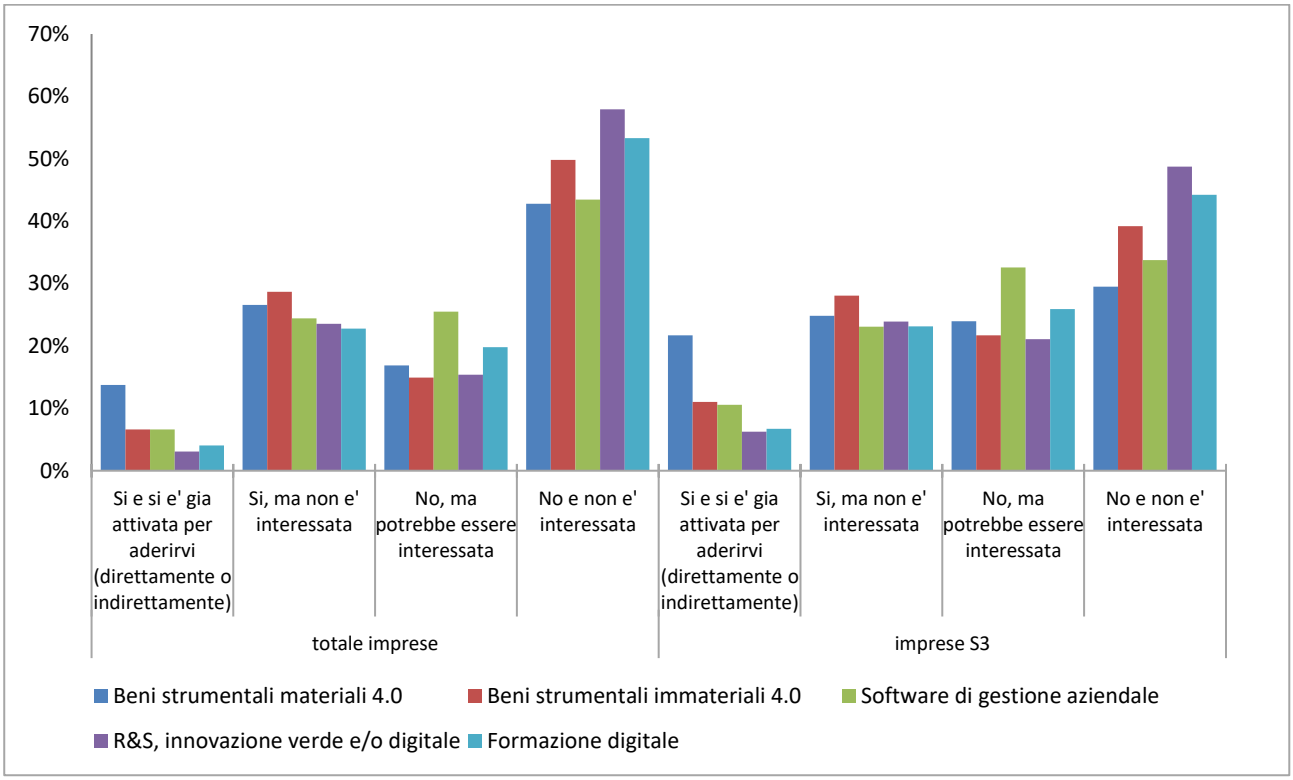
Restano invece aree più trascurate, anche tra le imprese più avanzate, quelle relative alla internazionalizzazione[2], alla sostenibilità ambientale e alla responsabilità sociale, che raccolgono investimenti elevati in meno del 5% dei casi, anche tra le imprese S3.

Questi dati confermano come, pur in un contesto ancora dominato dalla prudenza, le imprese che seguono traiettorie di specializzazione intelligente rappresentino un'avanguardia nel panorama regionale. La loro maggiore propensione all'investimento in ambiti strategici – in particolare capitale umano, tecnologie e ricerca – suggerisce che il sostegno a questi soggetti possa rappresentare una leva prioritaria per accelerare la transizione dell'intero sistema produttivo regionale verso modelli più sostenibili e innovativi.

Un ultimo aspetto di interesse è rappresentato dalla conoscenza e dall'utilizzo da parte delle imprese delle misure di supporto alla digitalizzazione e all'innovazione tecnologica previste dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) per il periodo 2022–2026. I dati raccolti restituiscono un quadro sfaccettato, in cui la diffusione delle informazioni sulle opportunità disponibili non sempre si traduce in una effettiva attivazione (Fig. 2.11).

[2] Bassi investimenti in quest'area possono dipendere da una già spiccata propensione all'export, che caratterizza ampi settori della manifattura toscana.

Figura 2.11 Conoscenza del credito d'imposta a sostegno della digitalizzazione e dello sviluppo tecnologico, previsto dal PNRR per il periodo 2022-2026. Totale Toscana e imprese S3



Fonte: Elaborazioni IRPET su dati ISTAT

Il credito d'imposta per beni strumentali materiali 4.0 risulta la misura più nota e utilizzata: il 14% delle imprese ha già avviato iniziative in tal senso, mentre il 27% pur conoscendola non ha manifestato interesse. Tuttavia, ben il 60% delle imprese si colloca tra chi non ne è a conoscenza o non intende usufruirne.

Per le altre misure il livello di attivazione è ancora più contenuto. Il credito per beni immateriali 4.0 registra solo un 7% di adesione diretta, a fronte del 50% delle imprese che non la conosce o la ritiene non rilevante. Situazione analoga per il credito d'imposta sui software gestionali e per quelli relativi a formazione digitale e ricerca & sviluppo, con livelli di non adesione superiori al 50%.

Le imprese S3 si distinguono anche in questo ambito per una maggiore consapevolezza e capacità di azione: ad esempio, il 22% ha già aderito al credito per beni materiali 4.0 (contro il 14% del totale), e si rilevano quote più alte anche per quanto riguarda software, formazione e R&S. Tuttavia, anche tra le imprese S3, permane una fetta consistente che non conosce o non considera interessanti le misure del PNRR.

Questi elementi mettono in luce un potenziale inespresso nel sistema imprenditoriale regionale, che potrebbe essere meglio intercettato e coinvolto.

2.4 Considerazioni conclusive

L'analisi della transizione digitale nelle imprese toscane, condotta attraverso i dati del Censimento permanente dell'industria e dei servizi (ISTAT), evidenzia un quadro articolato e in parte ambivalente. Da un lato, si osserva una stabilità nelle attività innovative (34% delle imprese con oltre 3 addetti), ma un rallentamento generale nell'adozione integrata di tecnologie digitali, con una flessione nella quota di imprese che investe in software, hardware e macchinari avanzati. L'adozione di strumenti fondamentali per la gestione digitale – come software gestionali (30%) e servizi cloud (27%) – risulta inferiore alla media nazionale, rivelando un

ritardo strutturale che potrebbe riflettere, almeno in parte, la composizione del tessuto produttivo regionale, dominato da micro e piccole imprese.

Le collaborazioni esterne a supporto dell'innovazione appaiono limitate, soprattutto con il sistema della ricerca e dell'alta formazione, a favore di consulenze private. Anche il ricorso agli incentivi pubblici – solo il 20% delle imprese ne ha beneficiato – risulta contenuto, nonostante gli effetti positivi rilevati tra chi li ha utilizzati, in termini di efficienza, produttività e digitalizzazione dei processi.

Dal punto di vista settoriale e tecnologico, emerge un quadro eterogeneo: settori come meccanica e automotive mostrano livelli di digitalizzazione superiori, mentre comparti come la moda o i servizi rimangono più indietro. La Toscana registra un calo complessivo nell'adozione delle tecnologie digitali rispetto al 2018, ma anche segnali di dinamismo in nicchie innovative, come Big Data, simulazione tra macchine e tecnologie immersive.

Infine, il collegamento tra digitalizzazione e traiettorie di specializzazione intelligente (S3) evidenzia potenzialità ancora parzialmente inespresse: solo il 27% delle imprese toscane opera in almeno un ambito strategico S3, con una presenza significativa nei settori agroalimentare, salute e Made in Italy. Tuttavia, le imprese attive in queste aree mostrano una maggiore propensione all'uso e alla produzione di tecnologie abilitanti, a conferma del ruolo della specializzazione intelligente quale leva per l'innovazione.

3. LA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Nel precedente rapporto sulla sfida alla transizione ecologica della Toscana l'analisi si era concentrata sulla dipendenza del sistema energetico regionale dalle fonti fossili e dall'approvvigionamento dall'estero per il soddisfacimento del fabbisogno energetico. In questo rapporto, il focus si sposta invece più specificatamente sulla decarbonizzazione e sull'obiettivo di neutralità carbonica per il sistema produttivo regionale, guardandone alla dinamica in termini di emissioni, al trend di elettrificazione dei consumi da parte delle imprese e alla produzione energetica regionale da fonti rinnovabili.

La crisi climatica e l'urgenza di ridurre l'inquinamento atmosferico impongono una revisione profonda dei modelli produttivi. La transizione ecologica può rappresentare una leva per la competitività economica e la creazione di valore. Un sistema produttivo efficiente, a basse emissioni e circolare, è più resiliente, innovativo e attrattivo per investimenti e talenti. Nel quadro della Strategia di Specializzazione Intelligente (S3) della Toscana 2021-2027, la decarbonizzazione del sistema produttivo e la drastica riduzione delle emissioni climalteranti rivestono un'importanza cruciale per la transizione verso un'economia più sostenibile. Tale obiettivo si inserisce nella necessità di valorizzare le opportunità di sviluppo legate alle dinamiche di innovazione, promuovendo interventi a sostegno della transizione industriale. Per raggiungere tale meta, è imprescindibile incentivare l'elettrificazione dei consumi delle imprese, sostituendo le fonti fossili con energia proveniente da fonti rinnovabili. Questo processo richiede un deciso impulso alla produzione di energia elettrica pulita, in linea con gli impegni europei e nazionali per la neutralità carbonica.

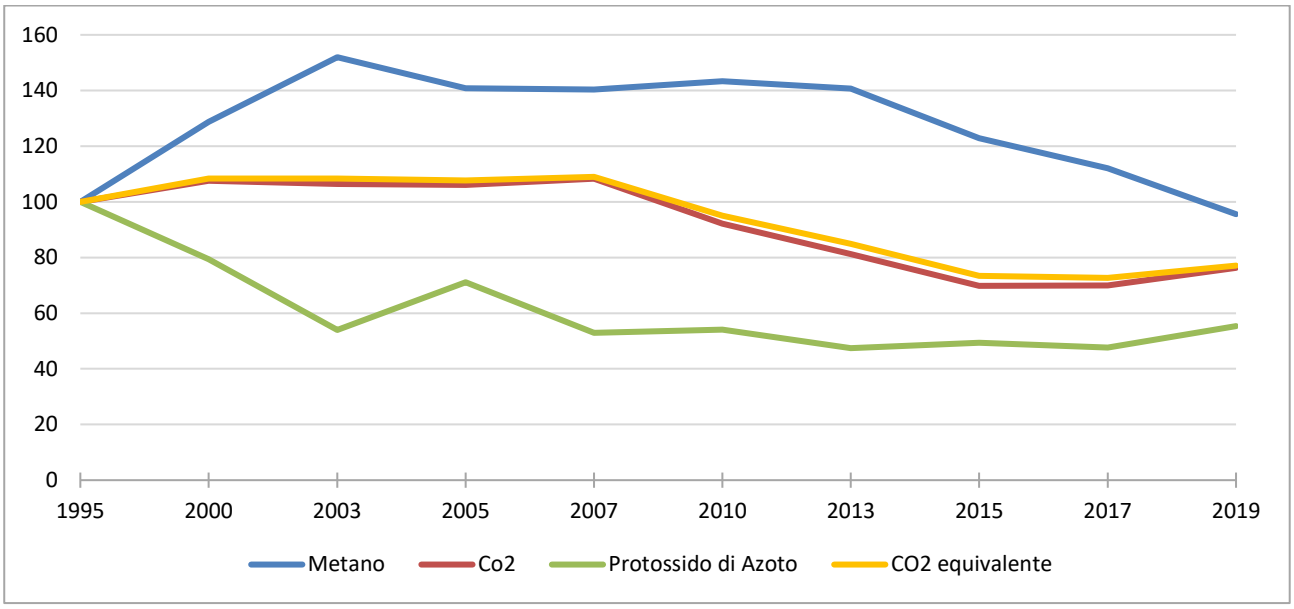
La Toscana, come molte regioni europee, è impegnata in un percorso di riduzione delle proprie emissioni per contrastare il cambiamento climatico e migliorare la qualità dell'aria. L'analisi del sistema produttivo permette quindi di identificare i settori industriali e manifatturieri più energivori e inquinanti, fornendo una base solida per interventi mirati. Questo include l'identificazione di processi produttivi obsoleti, l'inefficienza energetica e la mancanza di tecnologie a basse emissioni. Solo conoscendo la quota di responsabilità di ciascun settore si possono formulare strategie di decarbonizzazione e de-inquinamento efficaci, promuovendo l'innovazione e la riconversione industriale. Una quota significativa delle emissioni totali di una regione è attribuibile alle attività produttive. L'industria manifatturiera, il settore energetico, i trasporti merci e l'agricoltura intensiva contribuiscono in modo sostanziale alle emissioni di gas serra e inquinanti atmosferici.

3.1 L'impatto del sistema produttivo regionale in termini di emissioni

L'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione (IRSE) della Toscana è essenziale per monitorare e gestire la qualità dell'aria. L'inventario stima le emissioni classificando le sorgenti in puntuali (es. grandi industrie), lineari (es. trasporti), areali (es. porti) e diffuse (es. riscaldamento domestico). Vengono presi in considerazione numerosi inquinanti, dai gas serra (CO2) ai particolati (PM10), ai metalli pesanti. La stima si basa sui dati di attività (quanto si produce o consuma) moltiplicati per fattori di emissione specifici, secondo lo standard CORINAIR. L'IRSE viene aggiornato periodicamente, con disaggregazione spaziale e temporale, e convalidato confrontando i dati con le rilevazioni delle centraline ARPAT, garantendo così un quadro preciso per le politiche ambientali regionali.

Per quanto riguarda i principali gas climalteranti (Anidride Carbonica - CO2, Metano - CH4, Protossido di Azoto - N2O), la Toscana evidenzia una tendenza complessiva di riduzione, soprattutto nell'ultimo quindicennio. L'Anidride Carbonica rappresenta mediamente il 90% della complessiva emissione di gas climalteranti in termini di CO2 equivalente, e guida quindi la dinamica complessiva del periodo.

Grafico 3.1 Emissioni di gas climalteranti in Toscana (numeri indici, 1995=100)



Fonte: IRSE

In questo quadro, possiamo isolare il ruolo dei processi industriali rispetto al resto dei processi emissivi, e delinearne i principali fatti stilizzati. Iniziamo definendo come industriali i processi di combustione nell'industria energetica, gli impianti di combustione e i processi senza combustione industriali, i trasporti stradali di mezzi pesanti e le altre sorgenti mobili e macchine del settore industriale. Rimangono fuori quindi i trasporti di persone, gli impianti di combustione non industriali, il trattamento e smaltimento rifiuti, l'agricoltura e le altre sorgenti naturali.

In termini di C02 equivalente, Negli ultimi 25 anni il contributo dei processi industriali alle emissioni di gas climalteranti regionali si è ridotto di un terzo, passando dal 60% al 40%. Oltre all'innovazione tecnologica e all'efficientamento energetico, ciò è il risultato del progressivo *phase ou*t dalla produzione di energia elettrica ad alto impatto ambientale (es. carbone), unita alla contemporanea crescita del ruolo delle emissioni del settore delle famiglie (soprattutto per riscaldamento e trasporto). Come per le emissioni complessive, la CO2 è il gas che incide maggiormente (quasi per il 90% dell'impatto climalterante) e determina quindi il trend complessivo.

Tabella 3.2 Distribuzione delle emissioni di gas serra da parte dei settori industriali in Toscana (valori %)

	Anno	Metano	Co2	Protossido di Azoto	CO2 equivalente
Incidenza dell'industria sul totale delle emissioni	1995	62%	64%	4%	62%
Incidenza dell'industria sul totale delle emissioni	2019	18%	44%	9%	40%
Incidenza del gas serra sul totale delle emissioni climalteranti dell'industria	2019	10%	87%	3%	100%

Fonte: IRSE

Guardando alle specifiche attività industriali, più della metà delle emissioni di gas climalteranti deriva da processi legati alla produzione energetica (58%), mentre la restante parte deriva da processi di estrazione e distribuzione (20%), processi industriali (12%) e dal settore dei trasporti pesanti (10%).

Tabella 3.3 Emissioni di gas serra da parte dei settori industriali in Toscana per tipo di porocesso (valori %)

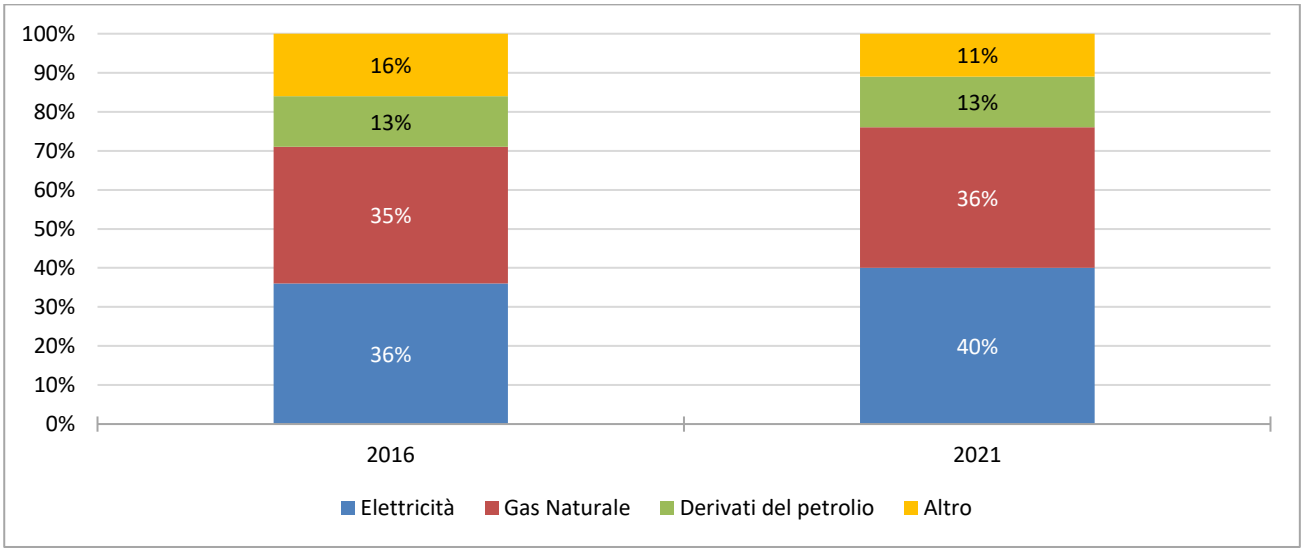
Processo	Incidenza % in termini di CO2 equivalente
Produzione energia	58%
Estrazione e distribuzione	20%
Processi industriali	11%
Trasporti	11%

Fonte:IRSE

3.2 I consumi energetici delle imprese e l'elettrificazione dei consumi

Il tema dei consumi energetici del sistema industriale regionale rappresenta quindi un ambito rilevante di intervento nel contesto degli obiettivi di neutralità carbonica delineati dalla S3. Se guardiamo all'evoluzione degli ultimi anni, attraverso la contabilità energetica contenuta nei Bilanci Energetici regionali elaborati da ENEA e collegati alla contabilità economica dalla modellistica sviluppata da IRPET, si può osservare un leggero aumento dell'incidenza della copertura del fabbisogno energetico da parte della componente elettrica, ma rimane ancora stabile la dipendenza dal gas naturale e dai derivati del petrolio.

Grafico 3.4 Consumi energetici da parte del sistema produttivo toscano (valori %)



Fonte: Elaborazioni su Bilancio Energetico Regionale (ENEA)

Dal punto di vista settoriale, vi è una elevata concentrazione dei consumi elettrici in un numero relativamente ristretto di settori: Carta, chimica e tessile incidono infatti per quasi la metà del consumo complessivo, pur

rappresentando dal punto di vista del valore aggiunto meno di un terzo del valore aggiunto dei settori industriali. In particolare, i settori della carta e della chimica presentano una intensità di consumo elettrico che è quattro o cinque volte il loro peso economico.

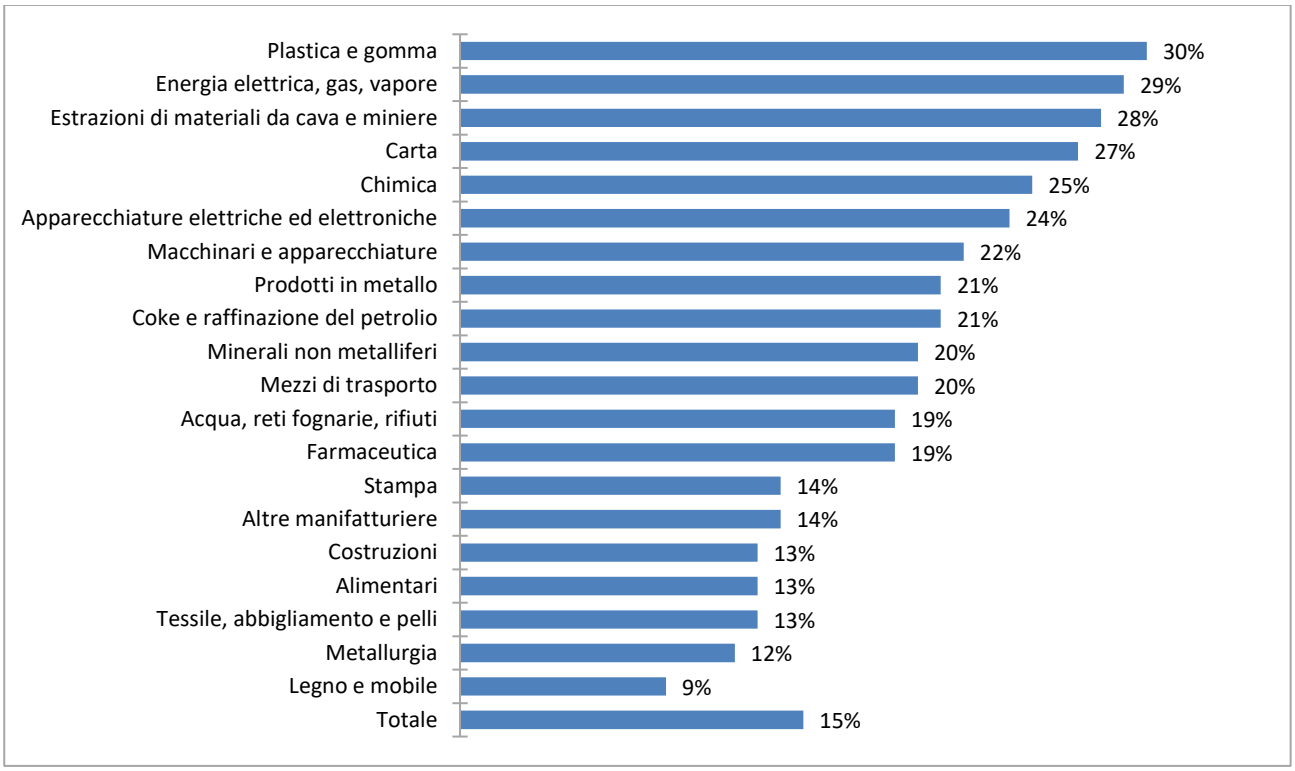
Tabella 3.5 Consumi elettrici dei settori industriali in Toscana (GWh e valori %, 2023)

Classe merceologica	Consumo (GWh)	Incidenza % sul totale dei consumi elettrici del sistema industriale	Incidenza % sul totale del valore aggiunto dei settori industriali
Carta e stampa	1747	23%	4%
Chimica	946	12%	3%
Tessile, abbigliamento e pelli	824	11%	23%
Acqua, reti fognarie, rifiuti e risanamento	603	8%	5%
Ceramiche, vetrarie, cemento, calce e gesso e altri minerali non met. nca	597	8%	3%
Alimentari	467	6%	5%
Plastica e gomma	389	5%	2%
Metallurgia	293	4%	1%
Prodotti in metallo	286	4%	6%
Apparecchiature elettriche ed elettroniche	285	4%	5%
Farmaceutica	203	3%	4%
Coke e prodotti derivanti dalla raffinazione del petrolio	191	3%	1%
Mezzi di trasporto	179	2%	4%
Altre manifatturiere	135	2%	7%
Costruzioni	128	2%	16%
Macchinari e apparecchiature	115	2%	7%
Legno e mobile	110	1%	1%
Estrazioni di materiali da cava e miniere	54	1%	1%
Energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata	54	1%	5%
Totale	7606	100%	100%

Fonte: TERNA

I settori ad alta intensità energetica sono anche, insieme al settore della produzione di energia, i settori che mostrano la più alta propensione ad investire sul fronte dell'efficientamento energetico. Dai dati derivanti dal censimento permanente, si osserva che le imprese dei settori industriali che hanno realizzato nel biennio 2021-2022 almeno una tipologia di investimento fra quelle relative alla gestione efficiente e sostenibile dell'energia, sia nell'ambito del processo produttivo sia nelle sedi dell'impresa, sono mediamente il 14%. Tuttavia, la percentuale si attesta tra il 25% e il 30% per i settori della plastica, della chimica, della carta, della produzione di energia elettrica e per l'estrattivo.

Grafico 3.6 Imprese che hanno effettuato investimenti sul fronte dei consumi energetici nel biennio 2021-2022 (valori %)



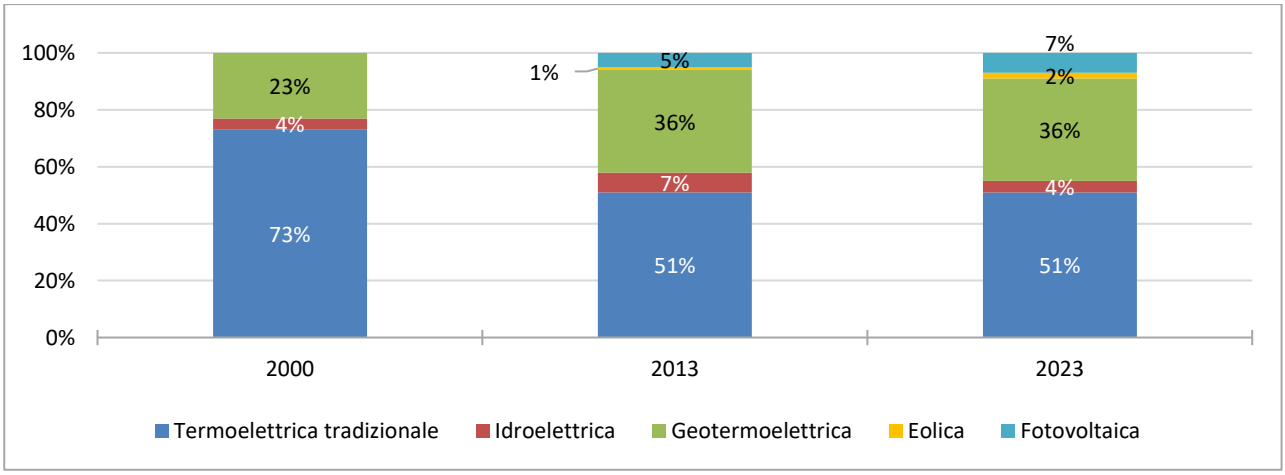
Fonte: Censimento permanente delle imprese ISTAT

Il dato suggerisce quindi la possibilità di concentrare l'intervento di incentivo all'innovazione e all'efficientamento tecnologico sui settori ad alta intensità energetica, in modo da trovare anche le necessarie densità di utilizzo per massimizzare gli impatti rispetto agli obiettivi di neutralità carbonica previsti dalla programmazione.

3.3 La produzione energetica regionale da fonti rinnovabili

Risulta quindi fondamentale, nell'ottica delle strategie di sostenibilità del sistema produttivo, intervenire non solo dal lato dei consumi ma anche su quello della produzione. Infatti, il sistema energetico toscano, caratterizzato da una forte dipendenza dai combustibili fossili e una crescente importazione di energia elettrica, evidenzia la necessità potenziare le fonti rinnovabili, come il geotermico.

Grafico 3.7 Evoluzione della produzione elettrica regionale per tipologia di fonte (valori %)



Fonte: TERNA

La riduzione del ricorso alla produzione termoelettrica tradizionale è avvenuta in prevalenza nel primo decennio degli anni duemila. Negli ultimi anni, invece, la ricetta energetica regionale è rimasta sostanzialmente stabile, con un incremento modesto della produzione eolica e fotovoltaica. La peculiarità regionale risiede, come noto, nella presenza della produzione geotermica: le emissioni di gas serra (CO2 e CH4) non aumentano in relazione all'attività geotermica ma restano costanti ripartendosi tra emissioni naturali ed emissioni dagli impianti geotermici. La riduzione delle emissioni naturali, che segue l'entrata in esercizio di una centrale geotermoelettrica, infatti, è del tutto equivalente alle emissioni della centrale stessa, quindi l'impatto netto è nullo.

La ridotta velocità di espansione delle rinnovabili è confermata anche dai dati specifici riguardanti gli impianti fotovoltaici installati in regione. Nel periodo 2020-2023, la potenza installata in Toscana è cresciuta allo stesso ritmo di quella nazionale. Tuttavia, in termini di incidenza, la quota regionale si attesta stabilmente intorno al 4%, una quota inferiore rispetto al peso sia economico che demografico della regione che si aggira intorno al 6%.

Tabella 3.8 Potenza installata di impianti fotovoltaici in Toscana e in Italia (MW, 2020-2023)

Potenza Installata (MW)	2020	2021	2022	2023
Toscana	866	908	1016	1226
ITALIA	21650	22594	25064	30319
Incidenza % Toscana su Italia	4,00%	4,00%	4,10%	4,00%

Fonte: GSE

3.4 Il ruolo dell'idrogeno nella transizione verso la neutralità carbonica

All'interno dei documenti di programmazione regionale, il tema dell'innovazione industriale legata alla sostenibilità ambientale è spesso associato allo sviluppo di una filiera regionale dell'idrogeno. Tale filiera è stata oggetto di attenzione negli ultimi anni per la presenza sul territorio di soggetti attivi nella ricerca tecnologica, aziende potenzialmente produttrici e utilizzatrici di idrogeno e realtà industriali legate alla mobilità interessate alle applicazioni di questa tecnologia.

L'idrogeno è un vettore energetico potenzialmente versatile, la cui efficacia nel contribuire alla decarbonizzazione dipende però dalla capacità dello sviluppo tecnologico di ridurne i costi e migliorarne la sostenibilità lungo tutta la catena di approvvigionamento. Affinché l'idrogeno contribuisca efficacemente alla decarbonizzazione globale è necessario quindi superare diverse barriere significative. In particolare, alcune applicazioni come le automobili a celle a combustibile e il riscaldamento domestico sono relativamente meno promettenti, a causa dei rapidi progressi nelle alternative elettriche dirette. L'idrogeno detiene invece un potenziale significativo nell'industria, nello stoccaggio di energia a lungo termine e nel trasporto a lungo raggio. Attualmente, le stime sui costi di produzione variano considerevolmente, e suggeriscono che nel breve periodo la sostenibilità economica sarà difficile da raggiungere, specialmente se si includono i costi di trasporto e stoccaggio

La produzione di idrogeno deve essere inoltre sostenibile: l'idrogeno verde, se prodotto con energia rinnovabile, può ridurre significativamente le emissioni, ma è necessario garantire che l'energia rinnovabile utilizzata non sia sottratta ad altri usi diretti che potrebbero avere un impatto maggiore sulla riduzione delle emissioni. I costi attuali dell'idrogeno pulito sono elevati rispetto ai combustibili fossili e ad altre alternative a basse emissioni di carbonio. È essenziale pertanto ridurne i costi di produzione, trasporto e stoccaggio per rendere l'idrogeno competitivo. La riduzione dei costi dipende da progressi tecnologici e dalle economie di scala.

Per la Toscana, questo potrebbe significare un focus su settori industriali specifici dove l'idrogeno può sostituire i combustibili fossili con maggiore efficacia. L'idrogeno possiede proprietà fisiche che rendono le

infrastrutture di trasporto e stoccaggio tecnicamente complesse e costose. Sono stati sviluppati diversi mezzi sicuri ed efficienti per lo stoccaggio dell'idrogeno, con lo stoccaggio geologico che emerge come opzione promettente per l'accumulo di energia a lungo termine; tuttavia, la ricerca non ha ancora prodotto soluzioni a basso costo per il trasporto dell'idrogeno su larga scala. Il riutilizzo delle condutture di gas naturale può ridurre i costi di trasporto, ma devono ancora essere superate sostanziali sfide tecniche, economiche e di sicurezza. Le politiche regionali potrebbero sostenere lo sviluppo di tecnologie legate all'idrogeno attraverso incentivi finanziari, regolamentazioni e investimenti mirati verso progetti che offrano significativi benefici in termini di riduzione delle emissioni e che siano economicamente competitivi rispetto ad altre soluzioni.

3.5 Considerazioni conclusive

La Strategia di Specializzazione Intelligente (S3) della Toscana per il periodo 2021-2027 si pone l'obiettivo di promuovere la resilienza e la sostenibilità competitiva, affrontando le sfide della transizione digitale, ecologica e generazionale. In particolare, la transizione ecologica rappresenta una leva cruciale per la competitività economica e la creazione di valore, richiedendo un passaggio da modelli di crescita insostenibili a equilibri globali basati su soluzioni tecnologiche e forme organizzative vocate alla sostenibilità ambientale. La decarbonizzazione del sistema produttivo e la riduzione delle emissioni climalteranti sono centrali in questo processo, con un focus sull'elettrificazione dei consumi delle imprese e sulla produzione di energia da fonti rinnovabili. La Toscana, pur avendo ridotto le emissioni di gas serra negli ultimi anni, deve ancora affrontare la dipendenza dai combustibili fossili e l'importazione di energia elettrica. Gli ambiti potenziali di intervento riguardano in primis i settori ad alta intensità energetica, sia sul fronte della riduzione dei consumi che dell'autoproduzione, a sostegno della transizione industriale e della sostenibilità ambientale, in linea con gli obiettivi europei e nazionali per la neutralità carbonica. Infine, le preoccupazioni sull'impatto climatico della produzione di idrogeno (anche dal gas naturale con cattura di carbonio) suggeriscono che si dovrebbe puntare esclusivamente sulla produzione di idrogeno "verde" (da elettrolisi alimentata da fonti rinnovabili locali) o su altre forme a bassissimo impatto, per garantire che l'idrogeno contribuisca effettivamente alla neutralità climatica e non sposti semplicemente le emissioni o crei nuove dipendenze da fonti non rinnovabili.