

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale e della Produzione
Classe LM-31

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
Percorso Supply chain e sistemi di trasporto



Tesi di Laurea Magistrale

Analisi dell'impatto delle tecnologie a banda larga e ultra-larga sul mercato del lavoro

Relatore:
Prof. Carlo Cambini
Prof. Lorien Sabatino

Candidato:
Giacomo Corradino

Novembre 2024

ABSTRACT

Il presente elaborato si propone di analizzare l'impatto delle infrastrutture di rete a banda ultra-larga sul mercato del lavoro italiano tra il 2012 e il 2022. Dopo una descrizione degli aspetti tecnologici delle infrastrutture di rete e un approfondimento sui piani europei e italiani che hanno portato alla diffusione della banda ultra-larga, si prosegue con la review della letteratura. In seguito, è stato costruito un dataset a livello comunale, che lega i dati di diffusione della fibra con informazioni sul mercato del lavoro italiano, basate sulle dichiarazioni dei redditi IRPEF e IVA rese disponibili dal Ministero dell'Economia e delle Finanze. Completato il dataset, sono state analizzate una serie di statistiche descrittive per ottenere una panoramica della diffusione di tecnologie a banda ultra-larga sul territorio nazionale e del mercato del lavoro, con particolare focus sui lavoratori dipendenti e autonomi. Infine, i dati raccolti in questo dataset sono stati utilizzati per svolgere un'analisi di regressione con l'obiettivo di valutare gli impatti di queste tecnologie sull'occupazione e sui redditi: l'analisi è stata inizialmente condotta tramite il metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS), a cui sono stati successivamente aggiunti gli effetti fissi, che hanno permesso di ottenere stime più accurate e di giungere a conclusioni più attendibili.

INDICE

INTRODUZIONE.....	5
LE INFRASTRUTTURE DIGITALI: ASPETTI TECNOLOGICI E POLITICI	7
1.1 Le reti di telecomunicazione	7
1.2 La banda larga e ultra-larga: infrastrutture di rete	9
1.2.1 Banda larga e ultra-larga cablata di rete fissa	10
1.2.2 Banda ultra-larga di rete mobile	16
1.3 La banda larga e ultra-larga nel contesto europeo	18
1.4 La banda larga e ultra-larga nel contesto italiano.....	24
1.5 Review della letteratura	31
1.5.1 Effetti della banda larga e ultra-larga sulla crescita economica	32
1.5.2 Effetti della banda larga e ultra-larga sulla produttività	34
1.5.3 Effetti della banda larga e ultra-larga sul mercato del lavoro.....	37
ANALISI DESCRITTIVA DEI DATI	54
2.1 Analisi dell'occupazione in Italia.....	54
2.2 Analisi dei livelli salariali	64
2.3 Analisi della diffusione della banda ultra-larga sul territorio italiano.....	70
ANALISI ECONOMETRICA.....	84
3.1 Metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS)	84
3.1.1 Modello OLS a effetti fissi.....	88
3.2 Specifiche dei modelli utilizzati	89
3.3 Risultati	93
3.3.1 Effetti sugli occupati	93
3.3.2 Effetti sui lavoratori dipendenti	96
3.3.3 Effetti sui lavoratori autonomi	100
CONCLUSIONI	105

BIBLIOGRAFIA	109
SITOGRAFIA.....	114
RINGRAZIAMENTI	115

INTRODUZIONE

Le nuove tecnologie digitali e la trasmissione di dati via Internet stanno giocando un ruolo sempre più importante nella vita di cittadini, pubbliche amministrazioni e imprese, cambiando profondamente la nostra vita quotidiana, il modo in cui lavoriamo, facciamo affari, comunichiamo e ci relazioniamo gli uni agli altri.

Negli ultimi decenni, le infrastrutture di telecomunicazione, comprese quelle di banda larga e ultra-larga, sono diventate fondamentali per garantire lo sviluppo, la crescita e la resilienza economica dei diversi Paesi. Consentono la condivisione delle conoscenze e favoriscono il miglioramento tecnologico nei processi industriali, commerciali, intellettuali e produttivi (Gallardo et al., 2020), nonché la comunicazione digitale, il commercio elettronico, l'interazione sui social media o l'attività delle imprese digitali. Si tratta dunque di tecnologie dal forte contenuto strategico per la crescita e l'innovazione in tutti i comparti dell'economia.

Hanno catturato l'attenzione della classe politica grazie ai potenziali benefici che possono offrire e alle esternalità positive che generano. L'interesse politico è anche legato proprio ai fallimenti di mercato a queste connessi, i quali emergono quando gli operatori del mercato non internalizzano completamente i benefici delle loro azioni.

“Ad esempio, la disponibilità di reti a banda larga apre la strada a nuovi servizi e all'innovazione, i cui benefici con ogni probabilità non saranno limitati agli investitori diretti e ai soli abbonati della rete. Di conseguenza, i risultati del mercato genererebbero insufficienti investimenti privati nelle reti a banda larga” (COM2013/C 25/1, Commissione europea), richiedendo l'intervento della politica per favorire gli investimenti pubblici e privati, e sfruttare appieno il potenziale di queste tecnologie.

I benefici offerti dalle tecnologie digitali sono stati ampiamente confermati dalla pandemia di COVID-19. Le reti di comunicazione sono state indispensabili nella risposta alla crisi, permettendo a studiosi e ricercatori di condividere velocemente i risultati delle proprie ricerche scientifiche e trovare una cura al virus in tempi brevi. Hanno consentito a molte aziende di mantenere la propria continuità operativa grazie allo smart working, di mantenere i rapporti interpersonali nei periodi di distanziamento e la didattica a distanza. Inoltre, sono state essenziali per l'intrattenimento video on demand erogato dalle

piattaforme streaming, la cui attività è tra le più esigenti in termini di richiesta di larghezza di banda.

Diversi studi hanno confermato che le reti a banda ultra-larga possono incrementare la crescita economica e la produttività del lavoro. La digitalizzazione delle imprese rende più efficienti i processi e i flussi informativi aziendali, migliora la gestione dei dati e riduce i tempi e costi di gestione. La quasi totalità delle tecnologie digitali richiede l'accesso alla rete, rendendo la sua velocità e affidabilità essenziali per mantenere la competitività dell'impresa. Inoltre, le reti di telecomunicazione hanno anche ripercussioni su diversi aspetti del mercato del lavoro, come il numero di lavoratori o il livello salariale.

L'accesso alla banda ultra-larga è notevolmente migliorato negli ultimi due decenni grazie all'aggiornamento della rete esistente basata su rame e alla sua sostituzione con cavi in fibra ottica. Infatti, tale tecnologia è migliore in molti aspetti: garantisce elevate velocità di trasmissione dati e larghezza di banda, ha un minor dispendio energetico ed è immune alle interferenze elettromagnetiche e alla diafonia.

Questo lavoro ha proprio l'obiettivo di identificare e quantificare l'impatto della diffusione della banda ultra-larga basata su fibra ottica sul mercato del lavoro. Nello specifico, si vogliono indagare gli effetti della diffusione della fibra ottica sull'occupazione nei comuni italiani fra il 2012 e il 2022. L'analisi è stata effettuata utilizzando un dataset contenente informazioni a livello comunale di origine e tipologia diversa:

- I dati relativi alla diffusione delle tecnologie a banda ultra-larga sono stati resi disponibili da Telecom Italia, Open Fiber e Infratel;
- I dati relativi all'occupazione e ai livelli di reddito dal Ministero dell'Economia e delle Finanze;
- I dati demografici e territoriali da ISTAT.

Nel primo capitolo del presente elaborato è riportata una descrizione degli aspetti tecnologici delle infrastrutture di rete e dei piani europei e italiani che hanno portato alla diffusione della banda ultra-larga, seguita dalla review della letteratura. Nel secondo capitolo è presentato il dataset e le statistiche descrittive delle variabili di interesse, mentre il terzo è dedicato all'analisi econometrica e relativi commenti per verificare le relazioni tra l'accesso alla banda ultra-larga e l'occupazione.

CAPITOLO 1

LE INFRASTRUTTURE DIGITALI: ASPETTI TECNOLOGICI E POLITICI

Lo sviluppo di infrastrutture di telecomunicazione, di sistemi ICT e l'avvento di piattaforme di servizi digitali e tecnologie emergenti come l'intelligenza artificiale, hanno influenzato profondamente la nostra società, ricevendo notevole attenzione nel dibattito pubblico. Queste innovazioni hanno ridefinito il modo in cui comunichiamo, facciamo acquisti e accediamo alle informazioni online, tanto da divenire strumenti essenziali della nostra quotidianità.

Le infrastrutture digitali sono fondamentali per ottenere un adeguato livello qualitativo nell'erogazione dei servizi pubblici a cittadini e imprese, e dei servizi essenziali per il Paese. La loro integrazione rappresenta un elemento cruciale nell'evoluzione delle società moderne, delineando nuove sfide e opportunità che richiedono un'attenta analisi dei loro aspetti tecnologici e implicazioni geo-politiche.

Nel presente capitolo sono presentate le caratteristiche delle tecnologie che costituiscono le infrastrutture di rete, i loro vantaggi, la loro integrazione nel contesto italiano ed europeo e la review della letteratura economica.

1.1 Le reti di telecomunicazione

Le reti di telecomunicazione costituiscono la spina dorsale delle infrastrutture digitali.

Nel campo delle telecomunicazioni, si parla di *rete* quando si ha un insieme di dispositivi elettronici di diversa natura che, connessi tra di loro, possono scambiarsi messaggi, documenti e informazioni. I dispositivi che fanno parte di una rete si chiamano "Host" e sono connessi mediante dei sistemi di comunicazione.

Un sistema di comunicazione è un apparato complesso composto da:

- dispositivi di rete (router, modem o switch), che servono a inviare un messaggio;
- canali fisici (cavi elettrici, fibre ottiche, antenne aeree) in cui il messaggio viaggia sotto forma di segnale (elettrico, luminoso o onde elettromagnetiche).

È possibile classificare le reti in quattro categorie in base all'estensione:

- LAN (Local Area Network) – rete locale: si estende all'interno di un edificio, solitamente un'azienda o un'amministrazione pubblica;

- MAN (Metropolitan Area Network) – rete metropolitana: si estende all’interno di una città;
- WAN (Wide Area Network) – rete geografica: si estende a livello nazionale e internazionale;
- GAN (Global Area Network) – rete globale: connette tra di loro i diversi continenti tramite cavi sottomarini, reti terrestri in fibra ottica o a microonde e comunicazioni satellitari.

Una delle unità di misura di maggior rilevanza nel campo delle telecomunicazioni è il *Bit Rate* (o velocità di trasmissione), ossia il numero di bit che sono trasmessi o ricevuti nell’unità di tempo lungo un canale di telecomunicazione: questa misura quantifica quante informazioni possono essere trasmesse o ricevute per secondo, in termini di bit o suoi multipli, tipicamente Mbit/s (Mega) o Gbit/s (Giga; 1.000 Mbit/s).

Va da sé che, maggiore è il bit rate garantito, più elevata è la qualità del servizio fornita.

Nel contesto di accesso a Internet, un’infrastruttura di rete a banda larga, espressione che generalmente si riferisce a qualsiasi struttura di accesso a Internet sempre disponibile e più veloce del tradizionale accesso mediante dial-up, conta tre componenti: la *rete dorsale*, il *miglio intermedio* e le connessioni dell’*ultimo miglio* agli utenti finali. In Figura 1.1 ne è riportata una rappresentazione schematica.

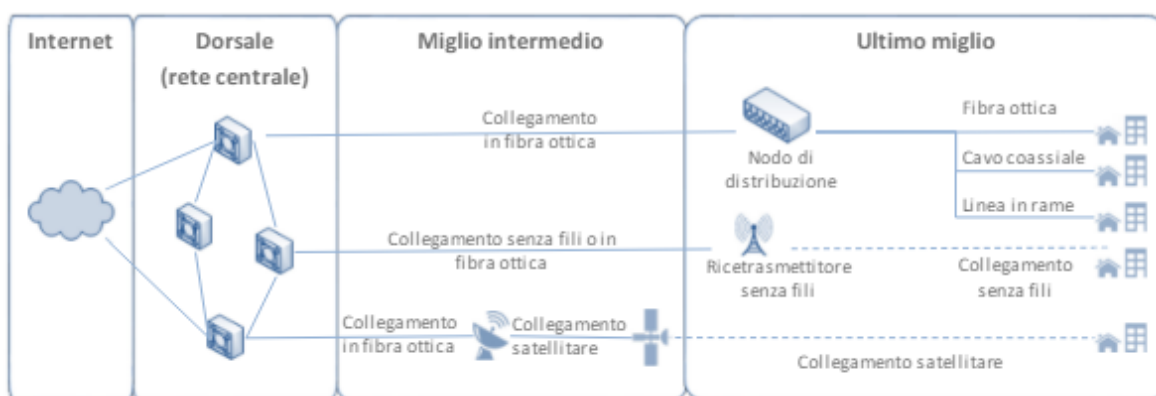


Figura 1.1: Segmenti di una rete a banda larga. Fonte: relazione n.12 2018, Cortei dei Conti Europea

La *dorsale di rete*, o *backbone*, è un collegamento ad alta capacità e velocità di trasmissione tra due o più server o router per l’instradamento delle informazioni (routing): si tratta di una linea logica, che può essere fisicamente singola o multipla, utilizzata per interconnettere a un livello superiore tronchi di rete con velocità e capacità inferiori,

permettendo la trasmissione di una grandissima quantità di dati su lunghe distanze. Questo consente un notevole risparmio sul cablaggio e sui costi associati al collegamento di due punti lontani. Su scala nazionale, i nodi della dorsale sono interconnessi tramite connessioni in fibra ottica.

Il *miglio intermedio*, o *backhaul* o *rete primaria*, è la porzione di una rete che comprende i collegamenti intermedi tra la rete dorsale e le piccole sottoreti situate ai margini della rete stessa, mettendo in comunicazione i nodi della rete centrale ai nodi di distribuzione.

Infine, l'*ultimo miglio*, o *last mile*, è l'ultima porzione di rete che lega il nodo di distribuzione della società di telecomunicazioni agli utenti finali. In questa parte terminale della rete, anche detta "rete di accesso locale", si concentra il progresso tecnologico che permette il passaggio dalla "banda larga" alla "banda ultra-larga".

1.2 La banda larga e ultra-larga: infrastrutture di rete

In ambito informatico e delle telecomunicazioni, la larghezza di banda è la capacità che, indirettamente, esprime la quantità di dati che possono transitare su un dato canale in un certo lasso di tempo.

Secondo la definizione riportata dal Ministero delle Imprese, il termine *banda larga* (in inglese *broadband*) indica generalmente la trasmissione e ricezione di dati informativi ad una velocità di connessione superiore a 2 Mbit/s.

Si parla invece di *banda ultra-larga* (*ultra broadband* o *UBB*) in riferimento ad un sistema di telecomunicazioni che permette una velocità di connessione effettiva in download di almeno 30 Mbit/s. Le reti che possono fornire tali velocità sono indicate come reti NGA (Next Generation Access).

Quando la velocità di connessione è notevolmente maggiore di 100Mbit/s in download e può raggiungere il Gbit/s si parla di reti NGA-VHCN (Very High Capacity Networks). Sono reti basate in gran parte su architetture di tipo "FTTDP - Fiber to Distribution Point" o con prestazioni similari.

Nei seguenti paragrafi è fornita una panoramica sulle diverse tecnologie di accesso alla banda larga fissa e mobile storicamente utilizzate.

1.2.1 Banda larga e ultra-larga cablata di rete fissa

La velocità dei dati può dipendere sia dalla tecnologia adottata per la trasmissione delle informazioni, sia dal mezzo trasmissivo utilizzato.

L'Internet a banda larga di base si basava su cavi legacy (doppino di rame intrecciato nelle reti telefoniche e cavo coassiale nelle reti via cavo) nelle reti di accesso locali, in particolare il cosiddetto "local loop", ovvero il collegamento tra la centrale locale (estremità principale) e le abitazioni (estremità terminali) (Abrardi, Cambini e Sabatino, 2023).

Il progresso tecnologico ha permesso un graduale passaggio dalle reti di telecomunicazione basate sul doppino intrecciato in rame, tradizionalmente conosciute come DSL, a reti che sfruttano parzialmente o in toto la fibra ottica. A seconda della portata della fibra nelle reti di accesso locali, si distinguono diversi scenari di accesso alla banda larga ad alta velocità, indicati con FTTx. Nei seguenti sotto-paragrafi sono approfonditi i dettagli delle due tipologie di reti.

DSL – Digital Subscriber Lines

Le DSL sono una famiglia di tecnologie che consentono la trasmissione di dati digitali sui cavi in rame a doppino intrecciato facenti parte dell'ultimo miglio della rete telefonica locale. In generale la DSL, ad eccezione della SDSL, può essere utilizzata contemporaneamente sulle stesse linee delle normali chiamate telefoniche, le quali sono state sviluppate per la trasmissione di segnali vocali e, di conseguenza, presentano velocità e sfruttano larghezze di banda limitate.

Mentre la chiamata telefonica sfrutta le basse frequenze (gamma di frequenze audio compresa tra 300 e 3400 Hz, anche nota come larghezza di banda commerciale), la DSL funziona su bande ad alta frequenza e il modem DSL presso il cliente riesce a filtrarle evitando interazioni tra il traffico di dati e il servizio telefonico¹. L'anello locale che collega la centrale telefonica alla maggior parte degli abbonati ha la capacità di trasportare frequenze ben oltre il limite superiore di 3400 Hz, raggiungendo anche le decine di MHz.

La tecnologia DSL sfrutta questa larghezza di banda inutilizzata del circuito locale creando canali larghi 4312,5 Hz a partire da 10 fino a 100 kHz per la SDSL e fino a 1,1 MHz per l'ADSL.

¹ Fonte: Glossario di Eurostat, Statistics Explained, 2016.

Più canali utilizzabili equivalgono a una maggiore larghezza di banda disponibile. Tuttavia, la distanza e la qualità della linea sono fattori determinanti per la qualità del segnale, in quanto le frequenze più alte possono percorrere solo distanze brevi.

Ciascuna linea prevede un modem presso un nodo della rete centrale e un modem presso la sede del cliente, che convertirà i segnali per renderli accessibili al fruitore su dispositivi con interfaccia utente.

Esistono diverse versioni di DSL, di solito riassunte collettivamente come xDSL, che sono tutte accomunate dallo stesso limite tecnico: maggiore è la distanza tra la stazione di comunicazione e la sede dell'utente finale, minori sono la velocità di trasmissione dei dati e il numero di alte frequenze utilizzabili.

Tra le principali tecnologie xDSL si distinguono:

- Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL): è una famiglia di tecnologie la cui velocità di collegamento è detta "simmetrica": la velocità con cui i dati possono essere ricevuti ("downstream") è uguale alla velocità con cui i dati possono essere inviati ("upstream"). In Europa, secondo l'Istituto Europeo per gli Standard di Telecomunicazione (ETSI), la velocità di trasmissione dei dati in entrambe le direzioni può variare in media tra 192 e 2312 kbit/s². La distanza massima fra utente e centrale telefonica è di circa 3 km. A differenza di quanto avviene con altre soluzioni DSL, non è possibile la convivenza della SDSL e del tradizionale servizio telefonico sul medesimo doppino. L'intera banda disponibile è infatti utilizzata per il flusso dati;
- Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL): è una tecnologia che funziona sulla banda passante della rete telefonica ma senza impegnarla, richiedendo tuttavia l'utilizzo di uno splitter che separi le due frequenze in modo tale che i due servizi non interferiscano tra loro. È una DSL detta "asimmetrica" in quanto le velocità di caricamento e scaricamento dei dati sono diverse e il pool di canali utilizzabili è suddiviso in due diverse bande di frequenza, riducendo le interferenze. Secondo lo standard ITU G.992.1 dell'International Telecommunications Union (ITU), la massima velocità raggiungibile in downstream è di 8 Mbit/s e di 1 Mbit/s in

² Fonte: ETSI TS 101 524-1 V1.1.1 (2000-04)

upstream. La variante ADSL2+ di questa tecnologia può fornire velocità di trasmissione dati in download fino a 24 Mbit/s (standard ITU G.992.5);

- Very high-speed Digital Subscriber Line (VDSL): è una tecnologia che fornisce velocità di trasmissione dei dati più veloce rispetto alle precedenti ADSL e SDSL, permettendo di raggiungere nella breve distanza velocità di connessione paragonabili a quelle della fibra ottica a costi più contenuti, in quanto sfruttano il “vecchio” doppino della linea telefonica. Lo standard ITU G.993.1 stabilisce che siano raggiungibili velocità di 52 Mbit/s downstream e 16 Mbit/s upstream con tecnologia VDSL, mentre lo standard ITU G.993.2 Amendment 1 riporta una velocità massima fino a 300 Mbit/s downstream e fino a 100 Mbit/s upstream con VDSL2+. Tale tecnologia è tuttavia fortemente influenzata dalla distanza tra l’armadio riparti linea e l’utenza finale.

È importante sottolineare che gli standard si riferiscono spesso a velocità teoriche, evidenziando le limitazioni delle tecnologie DSL.

La principale di queste limitazioni è che i doppini in rame sono soggetti a dispersioni causate da vari fattori che ne influenzano le performance, come le interferenze elettromagnetiche, le temperature esterne e le condizioni meteorologiche. Tuttavia, il fattore cruciale è la distanza tra il cabinet e l’utente finale: maggiore è la distanza, minore è la velocità di trasmissione dei dati. Inoltre, il rame non è in grado di conservare intatta la potenza del segnale su tutta la lunghezza del cavo, subendo dispersioni man mano che la distanza da percorrere aumenta. Pertanto, la combinazione di questi fattori incide sul livello di servizio che gli operatori sono in grado di garantire ai cittadini.

Ad oggi, il costo d’installazione della fibra ottica nell’ultimo miglio resta generalmente elevato e alcune tecnologie DSL con collegamenti in rame sono ancora attive in molte aree.

Fibra ottica e connessioni FTTx

Le connessioni a banda ultra-larga costituite da collegamenti in fibra ottica, generalmente indicate con FTTx, operano secondo una modalità di trasporto del segnale differente rispetto alle tecnologie DSL. A differenza del doppino in rame, in cui le informazioni sono

trasmesse tramite segnale elettrico, le connessioni FTTx sfruttano la capacità delle fibre ottiche di guidare gli impulsi luminosi per la trasmissione del segnale.

I cavi in fibra ottica sono formati da sottilissimi filamenti vetrosi o polimerici della dimensione di un capello, attraverso i quali passa la luce. Ciascuno di essi è costituito, in sezione, da un cuore e da un mantello. Il cuore, o nucleo, è generalmente composto da vetro purissimo, contenente silicio in alte percentuali, ed è in grado di convogliare e guidare onde elettromagnetiche ad alta frequenza e con perdite estremamente limitate. Il mantello esterno è in vetro meno puro e guida e argina nel cuore la luce trasmessa.

Ogni cavo può contenere fino a sette filamenti, ma spesso due di questi sono sostituiti da due filler per irrobustire meccanicamente il cavo. Ciascun filamento è rivestito da un buffer di diverso colore e il cavo è protetto da una guaina in materiale termoplastico per isolarlo da agenti esterni come calore e umidità.

All'interno dei cavi, transita il segnale: una serie di impulsi luminosi che si muovono lungo tutto il percorso del cavo.

Il rapido e continuo incremento della richiesta di banda degli ultimi anni ha portato gli operatori a optare per la fibra ottica, sfruttando la sua bassa attenuazione del segnale e la più ampia larghezza di banda per garantire un miglior livello di servizio, in quanto consente l'uso di più bande di frequenza. Tuttavia, tale scelta si traduce in importanti investimenti economici per la sostituzione parziale o totale della precedente rete di distribuzione.

Ad oggi, la trasmissione tramite fibra ottica è la tecnologia standard per la rete principale (dorsale) e per le reti di telecomunicazione nelle aree metropolitane (Grötschel et al., 2014).

A partire dagli anni 2000, la lunghezza del local loop a base di rame è stata ridotta a causa della sostituzione con la fibra. Questo cambiamento ha fatto emergere diversi scenari di accesso a banda larga ad alta velocità basati su fibra al di là della centrale locale (Cambini et al., 2023). Le performance delle reti ibride nell'ultimo miglio sono diverse in base al punto in cui arriva la fibra ottica.

Fra le possibili configurazioni, sono riportate le architetture FTTx in base alla distanza tra la fibra ottica e l'utenza finale:

- FTTN – Fiber to the Node: anche nota come Fiber to the Exchange (FTTE). Si tratta di linee nelle quali i cavi in fibra ottica raggiungono lo stadio di linea della rete, ovvero l'ultima struttura raggiungibile dagli ISP (Internet Service Provider) prima che inizi l'ultimo miglio e che di solito si trova a diversi chilometri dalle utenze domestiche. Il tratto di linea telefonica che separa le abitazioni dallo snodo dove termina la rete in fibra ottica è coperto dai cavi in rame. Il fatto che le comunicazioni Internet attraversino un lungo tratto di linea in cui sono presenti cavi in rame fa sì che le connessioni FTTN siano quelle che offrono agli utenti finali le velocità di navigazione più basse tra le diverse configurazioni FTTx.

La velocità teorica di navigazione delle connessioni FTTE risulta comunque superiore rispetto a quella garantita da una linea ADSL, attestandosi intorno ai 100 Megabit/s;

- FTTC – Fiber to the Cabinet: è una soluzione funzionale e sostenibile dal lato economico. Indica un'architettura di rete di accesso dove la fibra ottica collega l'apparato di rete centrale (OLT, Optical Line Terminal) ad un altro apparato (ONU, Optical Network Unit) presso l'armadio di distribuzione (anche detto armadio riparti linea ARL o Cabinet stradale, spesso presente a bordo strada). Il tratto dal cabinato all'utenza finale resta in rame.

A livello infrastrutturale si deve considerare che la rete in rame raggiunge buona parte delle abitazioni italiane e l'implementazione FTTC prevede il cablaggio della fibra ottica in rete primaria, lasciando invariato l'ultimo miglio. Il risultato finale è che con un solo cavo di fibra ottica si connettono centinaia di utenti che afferiscono all'armadio. Il collegamento secondario resta soggetto a dispersioni e può risentire di condizioni atmosferiche avverse o sbalzi di temperatura.

Se da un lato si assiste ad un contenimento dei costi, dall'altro si ottiene una limitazione del segnale, dovuta all'utilizzo della banda in rame nell'ultimo tratto. Le velocità raggiunte sono comunque superiori rispetto a quelle della classica connessione ADSL. Orientativamente, una connessione FTTC può raggiungere i 100-200 Mbit/s downstream e 20 Mbit/s upstream.

Un ulteriore elemento critico da riportare per questa configurazione è che ciascuna fibra ottica è utilizzata per portare i dati a 48-192 utenti contemporaneamente. Se tutti gli utenti navigano nello stesso momento, può esserci un rallentamento dei dati in alcune fasce orarie;

- FTTB – Fiber to the Building: questo tipo di cablatura prevede il collegamento in fibra ottica dall'apparato di trasmissione della rete centrale a una centralina condominiale, con collegamento in rame da quest'ultima ai singoli appartamenti. Le soluzioni FTTB sono tra le più performanti, anche se la presenza del tratto finale in rame fa sì che la velocità della connessione sia leggermente inferiore rispetto a quella di FTTH. La velocità teorica delle reti FTTB è di 1 Gigabit/s;
- FTTH – Fiber to the Home: la tecnologia FTTH sostituisce completamente il rame. Il collegamento dalla centrale di trasmissione fino al modem dell'utente finale è realizzato per intero in fibra ottica. Attualmente è la tecnologia che garantisce maggiore stabilità della connessione e prestazioni elevate. Grazie alla composizione dei cavi, la perdita di banda lungo il tragitto dalla centrale alla singola abitazione è minimo ed è possibile garantire la massima velocità di trasmissione indipendentemente dal traffico di rete. Questo tipo di tecnologia può offrire velocità che possono raggiungere 1 Gbit/s ma necessita di costi infrastrutturali importanti, in quanto richiede il cablaggio orizzontale sulle strade e il cablaggio verticale negli edifici, ovvero la posa di cavi dai Ripartitori Ottici di Edificio (ROE) alle prese ottiche delle singole abitazioni.
Inoltre, la resistenza e la flessibilità dei filamenti che compongono i cavi li rendono poco soggetti a danneggiamento.

Dal punto di vista commerciale, le reti FTTB e FTTH sono le uniche che gli operatori telefonici possono pubblicizzare come reti in fibra ottica. Altre configurazioni, come le reti FTTE e FTTC devono essere presentate come fibra ottica su rete mista rame o su rete mista radio.

La Figura 1.2 illustra una rappresentazione schematica delle tecnologie FTTx.

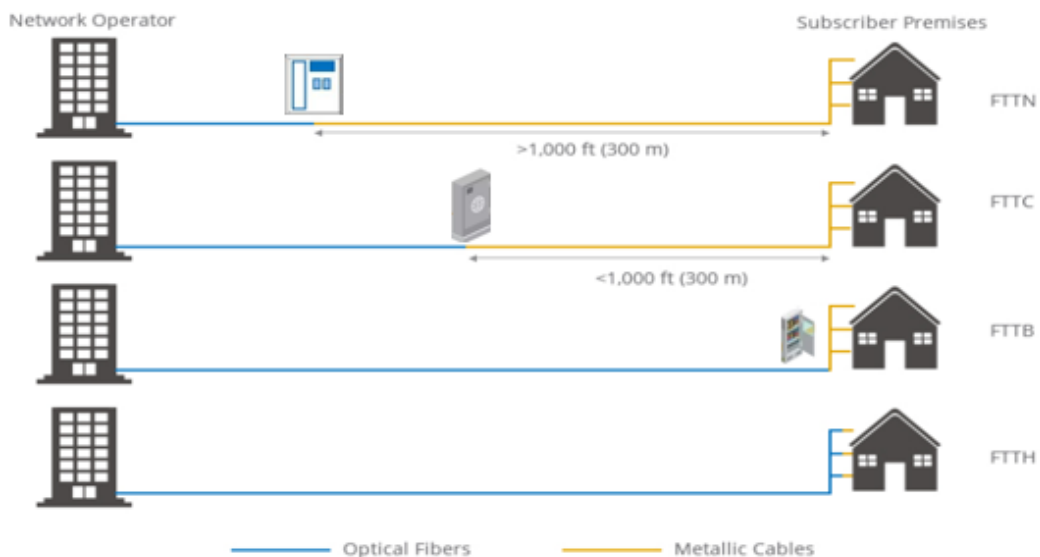


Figura 1.2: schema di architettura FTTx

1.2.2 Banda ultra-larga di rete mobile

Prima di analizzare lo stato dell'arte della diffusione della fibra e delle reti ultraveloci nel contesto italiano ed europeo, è necessario sottolineare che molte aree geografiche in Italia presentano un'offerta di infrastrutture e servizi digitali insufficiente o del tutto assente.

Tra gli obiettivi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e dell'Agenda Digitale, che saranno approfonditi in seguito, sono previsti importanti investimenti per garantire la diffusione di reti a banda ultra-larga (fibra FTTH, FWA e 5G). Oltre alle reti fisse precedentemente presentate, gli investimenti sono dunque anche dedicati alla diffusione di tecnologie ad accesso mobile.

Di seguito sono approfonditi gli aspetti tecnologici delle principali tecnologie attualmente in commercio in grado di offrire servizi a banda ultra-larga di rete mobile.

FWA – Fixed Wireless Access

Il FWA è un sistema di trasmissione dati che prevede l'uso di una rete mista, formata in parte da una rete cablata in fibra ottica e in parte da una rete che sfrutta le frequenze radio. Questo sistema permette di raggiungere con una rete a banda larga (con velocità fino a 30 Mbit/s) o a banda ultra-larga (con velocità fino a 100 Mbit/s) luoghi che sarebbe difficile raggiungere con una rete in fibra ottica. È il caso di località montane, aree scarsamente abitate o zone rurali di difficile accesso.

La rete di tipo FWA è potenzialmente la soluzione più rapida per superare il digital divide e permette a chi vive in queste aree di accedere ad una rete internet ad alta velocità.

Questo tipo di rete è formata da un primo tratto realizzato con cavi in fibra ottica che raggiungono un'antenna radio base (Base Transceiver Station, BTS), che ha il compito di inviare il segnale internet in modalità wireless nella zona circostante, sfruttando frequenze radio dedicate.

Il cliente finale dispone di un dispositivo di ricezione in grado di captare e di tradurre il segnale radio per permettere l'accesso a internet ad alta velocità. In base alla copertura disponibile, è possibile installare il dispositivo di ricezione all'esterno della casa, da abbinare a un router domestico, oppure installare un solo dispositivo all'interno, in grado sia di captare il segnale radio sia di gestire la connessione a internet e di trasmettere il segnale in modalità Wi-Fi.

L'effettiva velocità e la stabilità di una rete FWA possono risentire della presenza di ostacoli fisici, della pulizia del segnale radio e del grado di saturazione della stazione radio.

5G

La sigla 3G indica la tecnologia di accesso mobile di 3ª generazione e nasce con la tecnologia UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). All'epoca della sua introduzione, in Giappone nel 2001, la velocità media di navigazione in download era compresa tra 2 e 8 Mbit/s.

La diffusione delle tecnologie 4G è iniziata nel 2009 e oggi è molto diffusa, portando un significativo miglioramento delle reti wireless di banda larga. Può arrivare a una velocità massima "teorica" in download di 300 Mbit/s, raggiungibile se fisicamente molto vicini al ripetitore e se gli utenti collegati sono pochi. La sua evoluzione LTE ADVANCED (4.5G) consente di raggiungere performance paragonabili a quelle fornite dalle reti in fibra ottica.

La sigla 5G indica l'insieme di tecnologie di telefonia mobile e cellulare di 5ª generazione. Questa innovazione tecnologica porta ulteriori massicci aumenti delle velocità di trasmissione dei dati disponibili e può fornire una trasmissione di dati ultra-affidabile con latenze ultra-basse (Stocker, 2019; citato da Briglauer et al., 2024).

Tali reti sono implementate dal 2019 e, assieme alle reti full-fiber, si stanno affermando come la tecnologia più avanzata mai resa disponibile per la trasmissione dati.

Come i suoi predecessori, è una rete cellulare di tipo digitale, in cui la zona coperta dal servizio è suddivisa in piccole aree geografiche denominate celle. Tutti i dispositivi 5G all'interno di una cella ricevono e trasmettono il segnale via radio all'antenna locale, che a sua volta è collegata alla rete telefonica e a Internet tramite fibra ottica ad alta capacità o via ponte radio attraverso la rete di backhaul.

Le performance delle tecnologie 5G necessitano di una rete di interconnessione dei siti mobili ad alte prestazioni che abiliti questa evoluzione tecnologica; infatti, solo un'infrastruttura in fibra ottica, diffusa in modo capillare, può soddisfare adeguatamente tale esigenza, garantendo velocità non di Mbit ma di Gbit al secondo. La fibra ottica può esistere senza il 5G, ma il 5G non può esistere senza la fibra ottica.

Il 5G non permette solo di navigare rapidamente su Internet da dispositivi mobili, ma consente di creare una rete con ogni dispositivo "intelligente" interconnesso agli altri (IoT, Internet of Things), integrando gli ultimi progressi nell'area ICT. La rete mobile non sarà più una semplice interfaccia radio, ma una vera e propria connessione virtuale globale, e le nostre reti wireless si integreranno con la fibra ottica per garantire una copertura migliorata.

L'integrazione del 5G rientra tra gli elementi chiave per raggiungere l'obiettivo strategico di connettività posto dalla Commissione Europea per il 2025, noto come Gigabit Society, che mira a garantire una connessione a banda ultra-larga con velocità di download di almeno 1 Gbit/s per le aree urbane, rurali e periferiche.

1.3 La banda larga e ultra-larga nel contesto europeo

La connettività è diventata una componente fondamentale della trasformazione digitale. La trasmissione di dati in formato digitale via Internet e la velocità di trasmissione svolgono un ruolo sempre più importante nella vita di cittadini, PA e imprese.

Un'infrastruttura a banda larga tecnologicamente avanzata, non produce solo effetti misurabili sulla ricchezza dei Paesi, ma crea anche nuove opportunità di business, favorisce una maggiore inclusione sociale e porta a incrementi della produttività e dell'occupazione (Roeller e Waverman. 2001).

Affinché l'Europa rimanga competitiva nell'economia globale, servono buoni livelli di velocità e di accesso a Internet, come quelli offerti dalla banda ultra-larga. La sua presenza è una condizione necessaria per sfruttare al meglio l'enorme potenziale sociale ed economico delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT).

Il ruolo svolto dalle ICT, in particolare Internet, ha infatti goduto di notevole attenzione da parte della classe politica. In passato, la questione sul divario digitale e la promozione delle nuove tecnologie è stata posta tra i target chiave delle politiche pubbliche, fissando periodicamente una serie di obiettivi per promuoverne la diffusione sia dal lato della domanda che da quello dell'offerta.

A valle della crisi del 2008, "l'Europa era in ritardo rispetto ai suoi partner industrializzati quali Giappone, Corea del Sud e USA. Il 30% degli Europei non aveva mai usato Internet, il tasso di penetrazione delle reti ad alta velocità a fibra ottica era solo dell'1% in Europa, contro il 12% del Giappone e il 15% della Corea del Sud e, infine, la spesa destinata dall'UE alle attività di ricerca e sviluppo nel settore delle ICT era pari solo al 40% della spesa degli USA" (Comunicato COM(2010)245 della Commissione Europea, 2010). Inoltre, l'Europa aveva riscontrato alcuni ostacoli che, individualmente o combinati, potevano compromettere gli sforzi per sfruttare appieno tali tecnologie e i loro benefici.

Il Comunicato COM(2010)245 della Commissione Europea ne riporta i principali:

- la mancanza di investimenti nelle reti per assicurare l'installazione e l'adozione della banda larga per tutti.
- l'insufficiente impegno nella ricerca e nell'innovazione nel settore delle ICT per mettere a punto prodotti in grado di generare una domanda.
- la carenza di alfabetizzazione digitale e competenze informatiche tra la popolazione.
- la frammentazione dei mercati digitali, che impediscono ai cittadini di beneficiare dei vantaggi di un mercato digitale unico.
- la mancanza di interoperabilità, che impedisce ai servizi e ai dispositivi digitali utilizzati dai cittadini europei di funzionare insieme come dovrebbero.
- aumento della criminalità informatica e rischio di un calo della fiducia nelle reti.
- opportunità mancate nella risposta dei problemi della società, che si potrebbero affrontare in maniera molto più efficace con l'uso di strumenti digitali.

Questi aspetti evidenziavano la necessità di una risposta coordinata ed unitaria da parte di tutti gli Stati membri.

Nel 2010, la Commissione Europea (CE) ha lanciato *Europa 2020*, una strategia decennale per promuovere una "crescita intelligente, sostenibile e inclusiva" con un maggiore coordinamento della politica economica e sociale tra Unione Europea e Stati membri. Tale strategia mirava a fare in modo che la ripresa economica in seguito alla crisi economico-finanziaria si accompagnasse a una serie di riforme che stabilivano fondamenta solide per la crescita e la creazione di occupazione fino al 2020. L'UE si è posta cinque grandi obiettivi da raggiungere³, presentando sette iniziative faro. Fra queste, l'Agenda Digitale Europea puntava ad ottenere vantaggi socioeconomici sostenibili grazie a un mercato digitale unico, basato su internet veloce e superveloce e su applicazioni interoperabili.

Basandosi sull'idea che "in futuro l'economia sarà un'economia della conoscenza basata sulle reti, che ruoterà attorno a Internet", l'Agenda Digitale Europea aveva posto ambiziosi obiettivi per garantire "un accesso a internet veloce e superveloce, a prezzi competitivi e largamente disponibile" (Comunicato COM(2010) 245 della Commissione Europea, 2010), ripresi successivamente nella COM(2010) 472 e riportati di seguito:

- garantire la banda larga di base (da 144 Kbit/s fino a 30 Mbit/s) a tutti i cittadini europei entro il 2013;
- garantire l'accesso a connessioni più rapide, superiori a 30Mbit/s, a tutti i cittadini europei entro il 2020;
- avere almeno il 50% delle famiglie europee abbonate a internet con connessioni al di sopra di 100Mbit/s.

I primi due target vertevano sull'offerta di determinate velocità, mentre il terzo riguardava la domanda da parte degli utenti.

A sostegno di questo programma, "la Commissione aveva stabilito un quadro comune d'azione a livello dell'UE e degli Stati membri per raggiungere tali valori-target" (rel. 12/2018, Corte dei conti europea). Per gli Stati membri era fondamentale:

³ I 5 obiettivi di Europa 2020 per una crescita intelligente, sostenibile, e inclusiva erano: portare almeno al 75% il tasso di occupazione delle persone di età compresa tra 20 e 64 anni; investire il 3% del PIL in R&D; portare al 20% la quota di energie rinnovabili, l'aumento di efficienza energetica e la riduzione di gas serra; ridurre il tasso di abbandono scolastico a meno del 10% e portare almeno al 40% il tasso dei giovani laureati; ridurre di 20 milioni il numero delle persone a rischio di povertà o di esclusione sociale. Fonte: Europa 2020: la strategia dell'Unione europea per la crescita e l'occupazione, COM(2010) 2020 final, European Union Law.

- sviluppare e attuare piani nazionali per la banda larga entro il 2012.
- adottare misure, comprese disposizioni giuridiche, per promuovere gli investimenti nella banda larga.
- avvalersi appieno dei fondi strutturali e per lo sviluppo rurale.

Nel 2013, la CE aveva stimato che sarebbero stati necessari “fino a € 60 mld per realizzare l’obiettivo di una velocità di trasmissione superiore a 30 Mbit/s”, a cui aggiungere altri “€ 270 mld affinché almeno il 50% delle famiglie si dotassero di una connessione Internet superiore a 100 Mbit/s” (COM 2013/C 25/1, Commissione europea). Tuttavia, il riutilizzo delle infrastrutture esistenti e l’efficace attuazione della direttiva sulla riduzione dei costi del 2014 hanno permesso di contenere tale spesa⁴.

Gli investitori commerciali sono stati senza dubbio la prima fonte di investimento, ma gli obiettivi stabiliti dall’Agenda Digitale non sarebbero stati raggiunti senza il forte sostegno dei fondi pubblici. Per il periodo di programmazione 2014-2020, l’UE ha messo a disposizione circa € 15 mld tramite un ventaglio di fonti e di tipi di finanziamento, fra cui 5,6 miliardi in prestiti della Banca Europea per gli Investimenti (BEI) a sostegno della banda larga, il che costituisce un aumento significativo rispetto ai € 3 mld per il periodo 2007-2013.

Nel settembre 2016, la CE ha introdotto tre obiettivi strategici per il 2025 a integrazione di quelli già previsti dall’Agenda Digitale per il 2020: nella comunicazione “Connettività per un mercato unico digitale competitivo: verso la società dei Gigabit entro il 2025” (COM(2016) 587) sono riportati:

- connettività di almeno 1 Gbit/s per i principali motori socioeconomici (scuole, poli di trasporto e principali fornitori di servizi pubblici).
- copertura 5G ininterrotta in tutte le aree urbane e su tutti i principali assi di trasporto terrestre.
- per tutte le famiglie europee, nelle aree rurali e urbane, l’accesso a una connettività Internet che offra una velocità di scaricamento pari ad almeno 100 Mbps, estensibile a velocità Gigabit.

⁴ Fibre to the Home Council Europe, Flash News, “Costs for fibre based Gigabit Society significant but achievable”, conferenza FTTH, Marsiglia, 16.2.2017.

La CE ha dunque posto obiettivi ancora più ambiziosi rispetto a quelli fissati con Europa 2020, prevedendo un'intensificazione delle esigenze negli anni a venire, a pari passo con lo sviluppo e il moltiplicarsi di servizi e applicazioni basati sull'IoT, del cloud computing e della realtà virtuale e aumentata.

I vantaggi socioeconomici di questa trasformazione digitale potevano essere possibili solo garantendo il dispiegamento e l'adozione su vasta scala di reti ad altissima capacità, come la fibra ottica e il 5G.

Analogamente, il Consiglio Europeo ha auspicato la connettività su tali reti come presupposto per la competitività futura, introducendo riforme per incentivare grandi investimenti nelle reti e incoraggiando le comunità a partecipare attivamente al mercato unico digitale.

A partire dal 2020, la crisi di COVID-19 ha dimostrato che la connettività è fondamentale per le persone e le imprese dell'Unione, sottolineando la necessità di una connettività rapida e universale.

Le reti di comunicazione, in particolare quelle ad altissima capacità, sono state indispensabili nella risposta alla crisi, garantendo la continuità delle attività commerciali, l'accessibilità ai servizi, l'insegnamento e le interazioni sociali. Il passaggio online di servizi economici e sociali ha reso ancora più indispensabile l'accesso a connessioni veloci e affidabili.

Inoltre, la pandemia ha cambiato le prospettive economiche: riforme e investimenti nei settori delle politiche verde, digitale e sociale sono necessari per garantire la resilienza economica dell'Europa, contribuendo a creare occupazione, crescita sostenibile e modernizzando al contempo le economie degli Stati membri (Raccomandazione UE 2020/1307, CE, 2020).

Per tradurre le ambizioni digitali dell'UE in termini concreti, a marzo 2021 la CE ha presentato la proposta *Bussola per il digitale*, un piano strategico volto a guidare la transizione digitale entro il 2030: uno degli obiettivi cardine era di dotare tutte le famiglie europee di una connettività Gigabit con copertura dal 5G in tutte le zone abitate e di rendere disponibili online tutti i servizi pubblici. Inoltre, entro il 2030 tre imprese su quattro dovranno utilizzare servizi di cloud computing, big data e intelligenza artificiale, mentre il 90% delle PMI dovrà raggiungere almeno un livello base di intensità digitale.

Nel febbraio 2024 la Commissione ha pubblicato il Libro bianco⁵ "Come gestire le esigenze infrastrutturali digitali dell'Europa?"⁶, che presenta i potenziali punti chiave della strategia dell'UE per trasformare l'Europa in un leader globale nell'innovazione digitale. Inoltre, si è raggiunto un accordo provvisorio con la normativa sull'infrastruttura Gigabit (GIA), un atto legislativo per facilitare la diffusione della fibra e del 5G, volto a sostituire la direttiva del 2014 sulla riduzione dei costi della banda larga. Dal 2014 a oggi gli obiettivi digitali su cui si basava tale direttiva sono stati raggiunti o sono diventati obsoleti.

Per quanto concerne gli investimenti, "la Commissione ha stimato che il divario di investimenti tra il livello attuale e quanto sarebbe necessario per raggiungere gli obiettivi per il 2030 in materia di connettività sia di circa € 65 mld all'anno" (Consiglio dell'UE, 2024). A supporto dell'ambizioso progetto, a partire dal 2024, l'impresa comune SNS⁷ ha avviato 27 progetti di R&D in vari settori tecnologici delle nuove tecnologie 6G che includono architettura di sistema, comunicazione wireless, infrastrutture, servizi affidabili, sicurezza intelligente e impatti sociali, con l'obiettivo promuovere e sviluppare la posizione di leadership industriale dell'Europa nella catena del valore globale delle reti e dei servizi intelligenti.

In generale, la messa in atto di ciascuna strategia è stata sempre accompagnata da massicci sussidi pubblici per miliardi di euro da parte dei governi nazionali e locali attraverso vari programmi di aiuti statali.

⁵ I libri bianchi della Commissione europea sono documenti contenenti proposte per l'azione dell'Unione Europea in un settore specifico. Lo scopo di un libro bianco è l'avvio di una discussione con il pubblico, le parti interessate, il Parlamento europeo e il Consiglio al fine di approdare a un consenso politico. Fonte: European Union Law.

⁶ Tra le azioni chiave del documento, la CE mira a promuovere una comunità vivace di innovatori europei, promuovendo lo sviluppo di reti 5G e future tecnologie 6G, investendo in infrastrutture di calcolo e instaurando reti collaborative con enti di ricerca. La presentazione delle proposte per "Come gestire le esigenze infrastrutturali digitali dell'Europa?" è scaduta il 30 giugno 2024.

⁷ L'impresa comune "Reti e servizi intelligenti" (impresa comune SNS) è un partenariato pubblico-privato con una duplice missione: promuovere la sovranità tecnologica dell'Europa per quanto riguarda il 6G e agevolare la diffusione del 5G sul territorio europeo. Fonte: sito Unione Europea.

1.4 La banda larga e ultra-larga nel contesto italiano

Al fine di realizzare gli obiettivi della strategia *Europa 2020* e dell'*Agenda Digitale Europea*, lo Stato italiano ha avviato numerose iniziative e azioni volte a individuare e coordinare gli interventi pubblici necessari per realizzare l'infrastruttura a banda larga e ultra-larga.

Rispetto ai principali concorrenti europei (Francia, Germania, Regno Unito e Spagna) l'Italia era ancora indietro sul fronte della copertura e diffusione della banda larga da rete fissa (Figura 1.3), ma non lo era per la rete mobile (Figura 1.4).

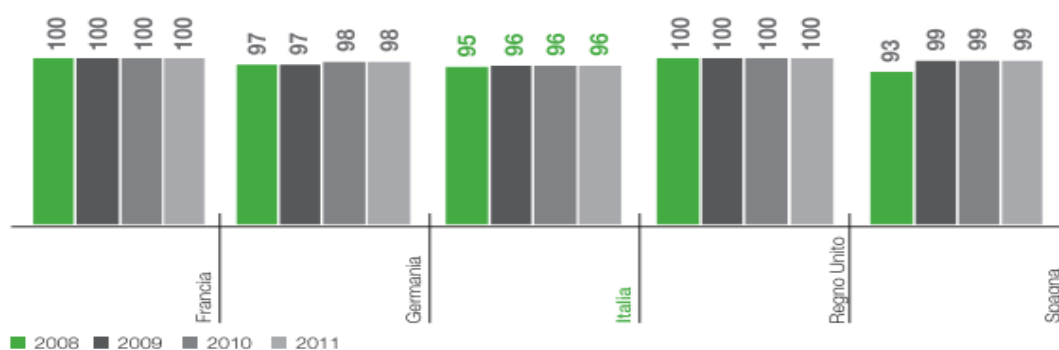


Figura 1.3: Copertura della banda larga di rete fissa (% popolazione). Fonte: Commissione Europea, 2012.

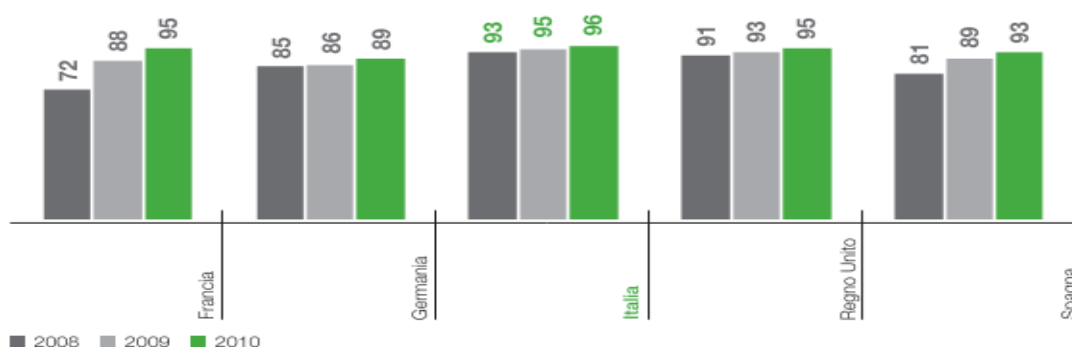


Figura 1.4: Copertura della banda larga di rete mobile (% popolazione). Fonte: Commissione Europea, 2012.

In ambito europeo, l'Italia si classificava al 22° posto in termini di diffusione delle tecnologie digitali, con circa il 4,8% della popolazione (circa 2,9 milioni di cittadini) privo di servizio ADSL o impossibilitato a raggiungere velocità superiori a 2 Mbps su banda larga mobile.

Sul fronte della diffusione di Internet e della banda larga nelle imprese, l'Italia era ancora una volta ultima tra i cinque Paesi europei del campione considerato (circa l'84%, contro il 92% della Francia, l'88% della Germania, il 96% della Spagna e il 92% del Regno Unito).

Nonostante la buona copertura garantita e la diffusione dei collegamenti wireless, solo il 6,5% della popolazione italiana accedeva a internet da telefono mobile, evidenziando un ulteriore vincolo lato domanda degli accessi a Internet via cellulare.

Nel quadro di *Europa 2020*, l'Italia ha sviluppato l'*Agenda Digitale Italiana*, una strategia nazionale per raggiungere gli obiettivi indicati dall'*Agenda Digitale Europea*. Questa strategia per lo sviluppo delle infrastrutture di nuova generazione si basava essenzialmente su due progetti.

Il *Piano Nazionale Banda Larga* costituiva un programma quadro di tutti gli interventi pubblici, soprattutto a livello locale e coordinati dal Ministero dello Sviluppo Economico (MISE), per raggiungere l'obiettivo di rendere disponibile l'accesso alla banda larga a tutta la popolazione italiana entro il 2013 (in linea con il primo obiettivo dell'*Agenda Digitale Europea*). Il Piano, approvato a dicembre 2012, aveva l'ulteriore finalità di porre le basi per la successiva realizzazione delle reti NGA. Contava 3 tipologie di interventi:

- la realizzazione di infrastrutture di backhaul in fibra ottica di proprietà pubblica nelle aree non raggiunte dal servizio e definite a fallimento di mercato (le c.d. *aree bianche*⁸) a cui si sarebbero potuti connettere tutti gli operatori di rete;
- il finanziamento diretto dei progetti d'investimento degli operatori per lo sviluppo dell'ultimo miglio, qualora l'intervento di backhauling non fosse stato sufficiente per le carenze del tratto di accesso;
- sovvenzioni pubbliche agli utenti finali per l'acquisto di terminali di accesso alternativi nelle aree dove investimenti infrastrutturali non sarebbero stati economicamente sostenibili.

Gli interventi pubblici erano rivolti alle aree che rientravano nella categoria "aree bianche" e, in casi limitati, a qualche "aree grigia".

La dotazione totale del Piano ammontava a € 1.471 mln a valere su finanziamenti privati e risorse europee e nazionali. L'attuazione operativa è stata affidata alla società in-house del MISE Infratel Italia S.p.A. (in seguito Infratel), che ha avuto il compito di svolgere l'indagine e la mappatura delle zone bianche al fine di sviluppare l'infrastruttura necessaria per realizzare i servizi di connessione a banda larga, e di verificare il potenziale interesse degli operatori di rete fissa, mobile o satellitare all'acquisizione dei diritti d'uso. Tale strategia

⁸ Le regole europee sugli aiuti di Stato prevedevano la distinzione di tre aree:

Aree bianche: zone a "fallimento di mercato", in cui le infrastrutture a Banda Larga sono inesistenti e non si prevede verranno sviluppate nel termine di tre anni; 2.

Aree grigie: aree caratterizzate dalla presenza di un unico operatore di rete a banda larga;

Aree nere: aree in cui operano almeno due fornitori di servizi di rete a Banda Larga in condizioni di concorrenza.

puntava a ridurre il gap infrastrutturale e di mercato esistente in alcune aree del Paese, per correggere disuguaglianze sociali e geografiche generate dall'assenza di iniziativa privata dalle imprese, consentendo maggiore coesione sociale e territoriale.

Il *Progetto Strategico Banda Ultra-Larga* mirava invece a dotare l'intero territorio nazionale dell'infrastruttura necessaria a promuovere l'accesso a Internet veloce e super veloce (velocità maggiore di 30 Mbps). Il Progetto non si sovrapponeva al *Piano Nazionale Banda Larga* in virtù del differente obiettivo dell'*Agenda Digitale Europea* (DAE) da realizzare. Infatti, non riguardava le aree in digital divide, bensì quelle più strategiche per lo sviluppo economico. Mirava in particolare alla realizzazione di infrastrutture passive, aperte e neutrali, sviluppando reti di comunicazione elettronica a banda larga e ultra-larga, anche tramite la valorizzazione, l'ammodernamento e il coordinamento delle infrastrutture esistenti di proprietà pubblica o privata.

Con riferimento al mercato italiano dei servizi broadband da rete fissa, nel 2012 Telecom Italia era leader con il 53% di quote di mercato, seguita da Wind (14,8%), Fastweb (12,9%) e Vodafone (12%). I dati disaggregati disponibili evidenziano tuttavia una tendenza strategica degli operatori alla concentrazione su singoli mercati regionali (Eurostat, 2012).

Nel 2014, è stato chiaro che l'Italia non avrebbe raggiunto gli obiettivi del DAE. Era sotto la media europea di oltre 40 punti percentuali nell'accesso a Internet a più di 30 Mbps e un ritardo stimabile in circa 3 anni. Inoltre, nessuno degli operatori aveva alcun piano ufficiale per avviare un'opera di copertura estensiva a 100 Mbps, né entro il 2016, né oltre. Il problema italiano, però, non era limitato soltanto alla dotazione infrastrutturale e alle sue prestazioni, ma anche alla situazione dell'offerta, che era tale da farne la nazione con la più estesa diffusione di aree a fallimento di mercato (aree bianche NGA) d'Europa (CE, 2014).

A marzo 2015 il Consiglio dei Ministri ha approvato l'implementazione *Strategia Italiana per la Banda Ultra-larga* (o *Strategia BUL*), in sostituzione del precedente Progetto. L'intervento consisteva nel rimediare a questo gap infrastrutturale e di mercato, creando le condizioni più favorevoli per lo sviluppo di una rete in banda ultra-larga di proprietà pubblica, con l'obiettivo di creare un'infrastruttura "future-proof" da mettere a disposizione di tutti gli operatori intenzionati ad attivare servizi verso cittadini ed imprese. Con tale piano strategico si era posta la mission di riportare l'Italia nella posizione di poter

massimizzare entro il 2020 la copertura della popolazione con una connettività ad almeno 100 Mbps (obiettivo 3, DAE) e garantire a tutti i cittadini almeno 30 Mbps in download (obiettivo 2, DAE). I progetti per la banda ultra-larga si riferivano a connessioni di rete fissa, in quanto l'infrastruttura in fibra è essenziale anche per un miglioramento della connessione mobile.

A livello italiano erano state individuate quattro tipologie di cluster con caratteristiche simili ma con costi e complessità di infrastrutturazione crescenti (A, B, C, D⁹). Il territorio nazionale è stato diviso in 94.645 sotto-aree omogenee (il relativo database era gestito da Infratel, soggetto attuatore dei Piani Banda Larga e Ultra Larga del Governo) riconducibili ad un cluster in funzione della minore o maggiore densità abitativa, presenza di reti FTTC, area rurale, case sparse, etc. . Le sotto-aree appartenenti allo stesso cluster sono state poi accorpate e messe a gara da Infratel.

La prima fase della Strategia per la realizzazione della rete in fibra riguardava le aree bianche mediante l'impiego del modello ad "intervento diretto", in cui l'infrastruttura sarebbe rimasta di proprietà pubblica e i diritti d'uso ceduti agli operatori. I tre bandi che la componevano sono stati vinti tutti da Open Fiber Spa.

La seconda fase della Strategia riguardava invece gli interventi per le aree grigie e l'incentivazione della domanda di banda ultra-larga da parte di cittadini, imprese e Pubbliche Amministrazioni.

Nel 2021, la Strategia BUL era ancora in corso di attuazione per quanto riguarda la realizzazione della rete, mentre le misure a sostegno della domanda erano state implementate solo parzialmente. L'intervento ha riguardato 7.416 comuni, per un totale di circa 8,4 milioni di unità immobiliari, di cui il 74% in FTTH (circa 6,2milioni) e il 26% in FWA (circa 2,2 milioni). La concessione ha previsto inoltre che, a conclusione dei lavori, fosse garantito il collegamento con reti abilitanti ai servizi a più di 100Mbit/s di tutte le

⁹ *Cluster A*: ha il migliore rapporto costi-benefici, include le principali 15 città *nera*, costituisce il 15% degli Italiani e in queste aree era possibile arrivare a 100 Mbps entro il 2020;

Cluster B: operatori hanno realizzato o avrebbero realizzato reti con collegamenti ad almeno 30 Mbps, ma non era previsto un investimento a 100 Mbps;

Cluster C: aree marginali a fallimento di mercato, operatori avrebbero valutato se investire in reti con più di 100 Mbps solo grazie a un sostegno statale;

Cluster D: aree a fallimento di mercato, solo il sostegno statale avrebbe potuto garantire un accesso a 30 Mbps.

Fonte: La Strategia italiana del 2015 e la sua realizzazione, Camera dei Deputati.

sedi della PA e di tutte le aree industriali ricadenti nelle aree bianche (Camera dei Deputati, 2021).

Tale Strategia era stata concepita in stretta sinergia con la *Strategia per la crescita digitale 2014-2020*, finanziata con € 5 mld, il cui obiettivo era sviluppare la crescita del capitale umano, l'utilizzo di Internet e la sua integrazione nella vita della PA e delle imprese.

A valle della crisi economico-finanziaria, gli anni in cui il PIL nazionale era rimasto stagnante o arretrato sono gli stessi in cui il processo di digitalizzazione non si era realizzato.

Pertanto, il punto chiave di questa strategia era puntare sul recupero del terreno perduto nella trasformazione digitale. Gli interventi proposti intervenivano sulla pubblica amministrazione esclusivamente in quanto piattaforma abilitante, vista come leva per aumentare la domanda digitale.

Tale documento si basava su una "roadmap" per la digitalizzazione del Paese capace di:

- determinare il progressivo switch off dell'opzione analogica per la fruizione dei servizi pubblici.
- garantire crescita economica e sociale, attraverso lo sviluppo di competenze nelle imprese e di diffusione di cultura digitale fra i cittadini. Questo avrebbe generato una nuova offerta capace di competere sui mercati globali, e una accresciuta domanda capace a sua volta di stimolare offerta innovativa e qualificata, in un circolo virtuoso.
- rendere più efficiente il sistema Paese, coordinando in materia unitaria la programmazione e gli investimenti pubblici in innovazione digitale e ICT.

L'accesso alla banda ultra-larga di tutti gli edifici e uffici pubblici non era dunque solo a beneficio dei servizi erogati e delle performance del pubblico impiego, ma era anche a sostegno della diffusione di Internet fra i cittadini, che sono spesso utenza diffusa di questi luoghi. È stato inoltre necessario realizzare alcune infrastrutture critiche di base, come quella per l'identità digitale, in modo da poter ripensare i servizi pubblici online in un'ottica user-centered, capace davvero di stimolare la domanda da parte di cittadini e imprese.

Tra le principali azioni intraprese dalla Strategia si riportano:

- Sistema Pubblico di Connettività (SPC): è il framework italiano di interoperabilità;
- digital security per la PA;

- Servizio Pubblico d'Identità Digitale (SPID);
- razionalizzazione del patrimonio ICT, consolidamento data center e cloud computing per il processo di digitalizzazione della PA, sviluppo di piattaforme per abilitare servizi digitali innovativi (es. PagoPA, Open Data, etc.);
- sviluppo di programmi di accelerazione per promuovere la trasformazione delle città, il rapporto cittadini/imprese con la PA, e per favorire la diffusione della cultura digitale e di un contesto favorevole all'imprenditoria innovativa (es. Italia Login, Smart Cities, etc.).

Nel corso degli anni gli interventi sono stati numerosi e sono culminati nel 2021 con la realizzazione della nuova *Strategia italiana per la banda ultra-larga "Verso la Gigabit Society"* che, sulla scia delle nuove strategie europee *Digital Compass* e *Gigabit Society*, ha posto tra i principali obiettivi l'ambizioso raggiungimento, entro il 2026, della copertura dell'intero territorio nazionale con connettività fino a 1 Gbps, in anticipo rispetto agli obiettivi europei fissati al 2030 (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021).

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza italiano (PNRR) approvato dal Governo il 29 aprile 2021 ha destinato il 27% delle risorse alla transizione digitale, di cui € 6,7 mld per progetti dedicati alla banda ultra-larga.

La nuova Strategia ha aggiunto cinque interventi ai due in corso e previsti dalla Strategia del 2015: Piano "Italia a 1 Giga", Piano "Italia 5G", Piano "Scuole connesse", Piano "Sanità connessa", Piano "Isole minori".

I primi due avevano come obiettivo la copertura di tutta popolazione, in quanto a marzo 2021 solo il 55% delle famiglie era coperto da una rete con velocità superiore a 100 Mbit/s e poco meno del 23% raggiungeva 1 Gbit/s.

I piani "Scuole connesse", "Sanità connessa" e "Isole minori" puntavano a garantire la connettività a 1 Gbit/s a favore di target specifici, come le scuole e le strutture sanitarie, che, per la mancanza di infrastrutture adeguate, si sono dimostrate particolarmente vulnerabili nel corso della pandemia.

Tale strategia perseguiva obiettivi ambiziosi, da raggiungere in tempi stretti, per portare l'Italia ai migliori livelli di connettività in Europa.

Un'ulteriore implementazione si è concretizzata nella *Strategia italiana per la Banda Ultra Larga 2023-2026*, approvata a luglio 2023 ed ancora in attuazione. È un insieme organico

di interventi da realizzare nell'arco di tre anni dalla data di approvazione della stessa ed è stato redatto in seguito all'analisi dei gap attualmente presenti lungo la "catena del valore" della BUL. Obiettivo della nuova Strategia BUL 2023-2026 è colmare tali gap.

L'intero assetto industriale del settore ha sofferto in Italia le conseguenze di un'instabilità di sistema, dovuta alla mancanza di decisioni e determinata dalle vicende, tuttora in corso, della cessione o meno dell'infrastruttura di rete fissa e, al contempo, dei gravi ritardi di realizzazione dell'infrastruttura in fibra finanziata con i fondi del PNRR (Strategia Italiana per la BUL 2023-2026, CITD).

Per queste ragioni l'obiettivo è oggi quello di rendere operativi i progetti in corso e di presentarne di nuovi, adottando tutte le azioni necessarie affinché possano essere compiuti al meglio e nei tempi previsti. Gli interventi prevedono:

- copertura della rete fissa con velocità pari o superiore a 1 Gigabit/s per tutti i numeri civici/unità immobiliari e copertura FWA nelle aree più remote con velocità minima di 100 Mbit/s per ogni cliente attivo nell'ora di punta;
- copertura per la rete mobile 5G stand alone dell'intero territorio italiano;
- almeno il 50% di adozione da parte dell'utenza della rete fissa con velocità pari o superiore a 1 Gigabit/s entro il 2026;
- supporto alla creazione di una rete Edge Cloud Computing per garantire migliore qualità dei servizi applicativi e significativi risparmi (fino al 60%) per gli operatori di telecomunicazioni italiani.

Tale strategia pone enfasi sull'implementazione della fibra ottica fino alle abitazioni (FTTH) e sull'espansione delle reti 5G, includendo anche preparazioni per l'adozione delle future tecnologie 6G.

In sintesi, la *Strategia italiana per la Banda Ultra Larga 2023-2026* è una prosecuzione e un'evoluzione della Strategia del 2021, con obiettivi più definiti e ambiziosi, un maggiore focus sulle tecnologie future e un contesto finanziario rafforzato grazie ai fondi PNRR.

1.5 Review della letteratura

Nonostante il presente elaborato si concentri sugli effetti della diffusione della banda ultra-larga sul mercato del lavoro, questo paragrafo si propone di fornire una panoramica dei principali studi che hanno analizzato il nesso causale tra le infrastrutture di telecomunicazione e diverse variabili macro e microeconomiche.

Fra i principali indicatori esaminati dalla letteratura si riportano *l'occupazione*, *la crescita economica* e *la produttività*.

I ricercatori hanno affrontato il tema da diversi punti di vista: alcuni studi hanno valutato gli effetti della disponibilità della banda larga su un determinato outcome economico, mentre altri ne hanno preso in considerazione il tasso di utilizzo. Nello specifico, la disponibilità della banda larga si riferisce alla presenza e accessibilità alle infrastrutture di rete da parte di cittadini, imprese e PA, quantificando le reali attività di investimento in infrastrutture da parte degli operatori di telecomunicazioni. Al contrario, il tasso di utilizzo si riferisce ai livelli di adozione e impiego della banda larga da parte dell'utenza finale (rapporto tra connessioni adottate e totale delle connessioni disponibili) ed evidenzia la disponibilità a pagare dei consumatori, poiché solo i consumatori o le imprese la cui disponibilità a pagare è sufficiente sottoscriveranno i servizi offerti (Bertschek et al., 2016). Inoltre, l'adozione è una metrica più informativa dal punto di vista del benessere (Briglauer e Gugler, 2019).

Gli articoli analizzati prendono in considerazione dati di diverse aree geografiche su orizzonti temporali differenti. Pertanto, in alcuni casi, sono presentati risultati non univoci o discordanti.

In generale, investire in connessioni ultraveloci è socialmente importante se i benefici generati da una maggiore velocità o capacità superano i costi di investimento. Tali costi aumentano in funzione della velocità/capacità stessa da raggiungere e, di conseguenza, emergono sfide rilevanti per misurare l'impatto socio-economico a causa dei diversi profili di costo tra le tecnologie (Kenny & Kenny, 2011). Va inoltre sottolineato che la banda larga non agisce sull'economia in quanto tale, ma come complemento ad altre tecnologie dell'informazione e comunicazione (Lehr et al., 2006).

1.5.1 Effetti della banda larga e ultra-larga sulla crescita economica

Generalmente, la letteratura concorda sull'impatto positivo della disponibilità e dell'adozione della banda larga sulla crescita economica.

Tra i primi studi ad analizzare l'influenza delle telecomunicazioni cablate sulla crescita del PIL a livello nazionale, si riporta quello di *Röller e Waverman (2001)*, che utilizzarono i dati di 21 Paesi dell'OCSE dal 1970 al 1990. I risultati mostrarono che i paesi con maggiori tassi di penetrazione delle infrastrutture di telecomunicazione registravano maggiori aumenti del PIL e che l'impatto di tali strutture sulla crescita economica non fosse lineare. I Paesi con un tasso di penetrazione superiore al 40% sperimentavano una maggiore crescita rispetto ai Paesi con tassi di penetrazione più bassi.

Basandosi sul lavoro di *Röller e Waverman (2001)*, *Koutroumpis (2009)* esaminò i dati di 22 Paesi OCSE dal 2002 al 2007 per individuare la relazione tra l'adozione della banda larga e la crescita del PIL, concentrandosi sul crescente numero di abbonati a Internet in tutto il mondo. L'autore rilevò la presenza di rendimenti crescenti dovuti agli investimenti in banda larga, sottolineando la presenza di esternalità di rete il cui impatto sulla crescita non era lineare. Nello specifico, si generava un aumento dello 0,023-0,025% della crescita del PIL a fronte di un aumento dell'1% nell'adozione della banda larga. Inoltre, le stime implicavano che i miglioramenti nell'infrastruttura fossero responsabili di quasi il 10% dei tassi di crescita annuali dei Paesi OCSE nel periodo osservato e identificavano un tasso di adozione di 30 linee di connessione ogni 100 abitanti come massa critica per avere maggiori tassi di crescita economica rispetto ai Paesi con tassi d'adozione inferiori.

Successivamente, *Czernich et al. (2011)* utilizzarono i dati panel di un campione di 25 Paesi OCSE dal 1996 al 2007, misurando il tasso di adozione come numero di abbonati ogni 100 abitanti. Scoprirono che un aumento di 10 punti percentuali del tasso di adozione aumentava la crescita del PIL pro capite da 0,9 a 1,5 punti percentuali all'anno sul periodo considerato, tanto che, dopo l'introduzione della banda larga, il PIL pro-capite è aumentato tra il 2,7 e il 3,9%. Poiché le infrastrutture di rete sono soggette a esternalità e il loro effetto sulla crescita può essere non lineare, gli autori hanno stimato che sia necessario raggiungere una massa critica di almeno il 10% di penetrazione della banda larga. Questo corrisponde al valore minimo necessario per realizzare il pieno impatto sulla crescita economica e risulta inferiore a quello stimato da *Koutroumpis (2009)*.

Basandosi sul modello di *Röller e Waverman (2001)*, *Gruber et al. (2014)* si concentrarono sui benefici e costi economici netti che sarebbero derivati dal raggiungimento degli obiettivi del DAE 2020, utilizzando i dati di 27 paesi dell'UE dal 2005 al 2011: le stime suggerivano che i tassi di adozione della banda larga avessero effetti significativamente positivi sul PIL, indicando come massa critica un tasso d'adozione del 15%. Inoltre, sono giunti alla conclusione che i benefici economici derivanti dalla realizzazione dell'Agenda digitale europea 2020 avrebbero avuto ripercussioni principalmente sugli utenti e sull'economia nazionale.

Nello stesso anno, *Arvin e Pradhan (2014)* svolsero la loro ricerca sui Paesi del G20 dal 1998 al 2011, dividendoli in Paesi sviluppati e in via di sviluppo. Dalla loro analisi emerse una relazione causale bidirezionale tra crescita economica e penetrazione della banda larga esistente solo per i Paesi sviluppati nel breve periodo, mentre per quelli in via di sviluppo emerse che solo la crescita economica avesse un impatto causale sulla penetrazione della banda larga.

Spostando il focus sulla disponibilità, *Bojnec e Ferto (2012)* ne studiarono gli effetti sulla crescita utilizzando i dati panel transnazionali per 34 paesi dell'OCSE nel periodo 1998-2009, tenendo in considerazione diverse variabili connesse alla disponibilità e non (ad es. gli investimenti interni e da fonti estere, la spesa pubblica, l'inflazione etc.). I risultati mostrarono una relazione positiva tra il miglioramento dei canali di accesso per abitante, la crescita lorda del capitale (investimenti) e la produttività del lavoro con la crescita economica.

Vista la diffusione piuttosto recente della fibra, non sono molti gli studi che analizzano gli effetti della copertura della banda larga ad alta velocità. Questo tema è stato studiato da *Briglauer e Gugler (2019)* e da *de Clercq, D'Haese e Buysse (2023)*.

Briglauer e Gugler (2019) hanno utilizzato un set di dati panel degli Stati membri dell'UE dal 2003 al 2015, stimando un effetto piccolo ma significativo dell'adozione di connessioni FTTx sul PIL, oltre agli effetti della banda larga di base. Le loro stime hanno suggerito che un aumento dell'1% nell'adozione della banda larga ultraveloce porta a un aumento dello 0,004-0,005% del PIL. L'effetto dell'adozione di tecnologie ibride in fibra rispetto alla banda larga di base è leggermente inferiore, di circa 0,002-0,003%. Inoltre, analizzando i benefici e i costi dei tre obiettivi della DAE per il 2025, hanno giustificato solo gli investimenti per garantire la copertura di almeno 30 Mbit/s al 50% della popolazione europea mentre i

benefici stimati per gli altri due obiettivi sono inferiori alle stime dei costi dello scenario migliore.

De Clercq, D'Haese e Buysse (2023) hanno invece stimato gli effetti regionali sulla crescita economica in un panel di 1.348 regioni in tutti gli Stati membri dell'UE tra il 2011 e il 2018. Hanno distinto tra diversi livelli di velocità di connessione, aggregando i dati regionali disponibili su tutte le tecnologie a banda larga esistenti. La loro analisi ha confermato i precedenti risultati con un impatto positivo e significativo a livello nazionale, ma raggiunta una determinata soglia di velocità e livello di copertura (livello di cut-off tra i 30 e i 100 Mbit/s), l'ulteriore aumento della velocità non si traduceva in una maggiore crescita economica per le regioni urbane. Al contrario, quella nelle aree rurali era rallentata dagli sforzi di recupero tra il 2011 e il 2018 e la loro copertura era caratterizzata da rendimenti di scala crescenti, spingendo gli autori a giustificare la necessità di eliminare il divario digitale tra le due aree.

Tutti gli studi fin qui presentati hanno esplorato gli effetti delle esternalità generate dalla banda larga aggregando i dati di diversi Paesi a livello nazionale, ignorando quelle provenienti dall'adozione nei Paesi adiacenti. *Briglaue et al. (2021)* scoprirono che le esternalità spaziali tra regioni vicine all'interno dello stesso Paese non fossero trascurabili. Utilizzando i dati di 401 circondari tedeschi tra il 2010 e il 2015, hanno scoperto che l'aumento di un punto percentuale della copertura della larghezza di banda a 50Mbit/s produceva un aumento del PIL regionale dello 0,05-0,09%. Questo effetto è quasi raddoppiato prendendo in considerazione le esternalità regionali.

In sintesi, gli studi suggeriscono che gli investimenti in banda larga incidano positivamente sulla crescita economica, anche se con effetti diversi da Paese a Paese. Tuttavia, emerge che il ritorno di tali investimenti diminuisca all'aumentare della velocità/capacità installata (Abrardi e Cambini, 2019).

1.5.2 Effetti della banda larga e ultra-larga sulla produttività

Esiste un filone della letteratura economica che esamina la relazione tra l'accesso alla banda larga e la produttività del lavoro e delle imprese, mostrando come l'infrastruttura tecnologica possa influenzare le loro performance. Anche in questo caso, molti autori

giungono alla conclusione che l'innovazione tecnologica e alte velocità di connessione portino effetti positivi sull'attività delle imprese.

Tecnologie come la banda ultra-larga, che costituisce la spina dorsale dell'ICT, il cloud computing, l'IoT, la robotica intelligente e collaborativa, l'apprendimento automatico o l'IA possono migliorare l'efficienza dei processi aziendali e informativi, portando a significativi incrementi di produttività (Briglauer et al., 2024).

Grimes et al. (2012) hanno esaminato l'impatto dell'adozione della banda larga sulla produttività del lavoro utilizzando i dati di 6060 aziende in Nuova Zelanda e ne hanno riscontrato un aumento del 7-10%. Tuttavia, questo aumento non andava a beneficio delle performance dell'azienda rispetto alle altre del settore, a causa delle elevate deviazioni standard della produttività all'interno dei settori stessi. Inoltre, non hanno riscontrato alcuna differenza sugli effetti della banda larga in funzione della tecnologia utilizzata.

Mack e Faggian (2013) hanno studiato l'interazione tra la disponibilità della banda larga e i livelli di competenza e istruzione dei lavoratori nelle contee statunitensi: dai modelli hanno dedotto che, in generale, la disponibilità aumenta la produttività, ma solo se si aggiungono i termini di interazione per l'istruzione e le competenze. Se questi non sono aggiunti, l'effetto della sola disponibilità diventa negativo e significativo. Tali risultati suggeriscono dunque che l'impatto della banda larga dipenda dallo stock di capitale umano e che sviluppi i suoi potenziali benefici solo con lavoratori qualificati. Allo stesso modo, secondo *Akerman et al. (2015)* una maggiore disponibilità di Internet a banda larga in Norvegia è associata a un sostanziale aumento dell'elasticità della produzione di manodopera qualificata. Le loro stime basate sulle imprese suggerivano che, nel breve periodo, circa il 20% dell'aumento della produttività marginale dei lavoratori qualificati fosse trasferito ai loro salari. Per i lavoratori non qualificati, questo passaggio era ancora più piccolo a parità di input. Sebbene questa previsione debba essere interpretata con cautela, gli autori hanno concluso che, fissati gli input, un aumento di 10 punti percentuali della disponibilità di banda larga aumenti la produzione dello 0,4%.

Al contrario, *Haller e Lyons (2015)* hanno analizzato i dati di 2.290 aziende in Irlanda tra il 2002 e il 2009, concentrandosi sugli effetti della DSL. Hanno scoperto che né la produttività delle imprese né la sua crescita sono influenzate in modo significativo dall'adozione della banda larga. I loro risultati rimangono invariati se si considerano solo velocità maggiori di 2

Mbit/s o altre tecnologie diverse dalla DSL, nonché quando si classificano le imprese in base alla dimensione.

Gallardo et al. (2020) hanno esaminato l'impatto di più indicatori della banda larga sulla produttività del lavoro, comprese misure innovative più ampie di inclusione digitale (es. distanza dai centri metropolitani, popolazione, diversità industriale ed etnica etc.), oltre che misure legate alla velocità o disponibilità. Utilizzando i dati dagli USA per il 2017, i risultati mostrano che esistono differenze geografiche dipendenti da diverse metriche e supportano ricerche precedenti che indicano che l'adozione della banda larga, rispetto alla semplice disponibilità, abbia un impatto maggiore sulle prestazioni economiche (Whitacre et al., 2014). Inoltre, le variabili a banda larga che sottolineano la disuguaglianza o l'uso del digitale mostrano tutti impatti significativi (e potenzialmente causali) sulla produttività del lavoro. I risultati mostrano anche esiti contrastanti in relazione all'accesso a 1 Gbps.

Gli effetti dell'accesso a Internet mobile sono studiati da *Bertschek e Niebel (2016)*, che analizzano i dati di 2.143 aziende tedesche nel 2014 per verificare se migliora la produttività dei lavoratori dipendenti. All'epoca solo il 26% dei dipendenti era dotato di dispositivi mobili in grado di connettersi a Internet. L'analisi econometrica ha mostrato che la produttività del lavoro delle imprese aumenta significativamente con la quota di dipendenti con accesso a Internet mobile, a scapito degli aspetti negativi come l'aumento dei costi di monitoraggio.

Tra le prime valutazioni dell'impatto della banda ultra-larga basata su fibra si cita *Fabling e Grimes (2016)*, che non hanno riscontrato alcun effetto tra le aziende neozelandesi nel periodo 2010-2012, ma solo per quelle che hanno effettuato investimenti complementari nel capitale organizzativo. *Cambini, Grinza e Sabatino (2021)* hanno invece studiato gli effetti sulla produttività delle imprese italiane fra il 2013 e il 2019: nel complesso, hanno individuato un effetto positivo e significativo da parte della banda larga ultraveloce, pur evidenziando delle eterogeneità tra settori industriali e aree geografiche. Gli autori hanno riscontrato impatti rilevanti e significativi solo nel settore dei servizi, che è quello predominante nell'economia italiana. Inoltre, hanno rilevato che i benefici della banda ultra-larga, in termini di aumenti della produttività, sono maggiori nelle macro-aree del Nord-Ovest e Sud Italia. Hanno anche indagato se il maggior contributo a migliorare la produttività sia dato dalle connessioni interamente in fibra (FTTH) o dalle connessioni

ibride in fibra e rame (FTTC): hanno individuato prove che le connessioni FTTH danno un'ulteriore spinta rispetto alle connessioni di base, giustificandone pertanto gli investimenti.

1.5.3 Effetti della banda larga e ultra-larga sul mercato del lavoro

Oltre a influenzare la crescita economica, l'accesso alla banda larga può avere un impatto anche sul mercato del lavoro, incidendo su occupazione e livelli salariali. Molti articoli riportano i risultati di analisi basate su dati provenienti dagli USA, caratterizzati da notevoli differenze relative alla diffusione della banda larga fra le diverse contee. Queste ultime sono facilmente suddivisibili in aree più piccole, ad esempio aree metropolitane o non metropolitane, consentendo una maggiore comprensione del ruolo che i diversi livelli di ruralità possono svolgere sulla diffusione della banda larga. Differenze così significative hanno permesso di isolare in modo più efficace gli effetti sull'outcome economico oggetto di studio. Molti autori hanno trovato una relazione positiva tra la disponibilità o l'adozione della banda larga con diverse variabili legate all'occupazione, mentre altri non hanno riscontrato alcun effetto significativo o addirittura negativo.

Tra i primi articoli a fornire importanti contributi sul tema c'è quello di *Kolko (2012)*, che ha utilizzato i dati a livello comunale e di contea per gli USA nel periodo 1999-2006 per analizzare l'impatto del numero di fornitori di banda larga, e quindi della disponibilità, sui risultati economici locali. Il suo lavoro si è concentrato principalmente sull'espansione disomogenea della banda larga, applicando regressioni dei minimi quadrati statiche a due stadi (2SLS) in cui il numero di fornitori era funzione della pendenza media del terreno in una certa area. Ha mostrato una relazione positiva tra la disponibilità di banda larga e l'occupazione, anche quando la crescita della popolazione era controllata. Inoltre, l'impatto positivo risultava maggiore nelle aree meno densamente popolate. Ha anche rilevato che l'espansione della banda larga era associata alla crescita della popolazione, ma sia il salario medio che il tasso di occupazione non ne erano influenzati, sottolineando una limitazione ai benefici economici per i residenti locali. L'autore ha anche incluso un'analisi su dati precedenti, dal 1992 al 1999, evidenziando effetti ambigui su altre variabili relative alle famiglie: nel periodo 1992-1999 c'era un'influenza positiva sul tasso di occupazione, retribuzione media per il dipendente e reddito mediano, mentre nel periodo 1999-2006

non ha rilevato effetti significativi sui primi due indicatori e addirittura un impatto negativo sul reddito mediano.

Anche *Lehr et al. (2006)* hanno confermato i risultati principali di *Kolko (2012)*. Hanno utilizzato un set di dati panel a livello statale e di comunità per studiare l'impatto della banda larga su occupazione, salari e struttura industriale negli USA tra il 1998 e il 2002. Partendo dall'ipotesi che la disponibilità di banda larga produca i suoi effetti con un ritardo temporale, hanno collegato i dati di disponibilità e velocità di connessione con altre variabili socioeconomiche. Le regressioni sulle comunità sono molto più significative di quelle a livello statale, il quale presenta forze contrastanti o compensative che portano a un livello troppo elevato di aggregazione. I risultati delle regressioni hanno rilevato un impatto positivo della disponibilità di banda larga sull'occupazione totale. Tuttavia, pur rimanendo significativo, la magnitudo dell'effetto stimato si riduce all'aumentare della complessità dei modelli di regressione, che presentano un numero sempre maggiore di variabili di controllo. In aggiunta, hanno registrato una crescita più rapida dell'occupazione totale nelle comunità che disponevano di banda larga da più tempo, evidenziando un ritardo temporale dei suoi effetti, ma non hanno rilevato alcun effetto significativo sui salari.

Al contrario, *Whitacre et al. (2014)* hanno scoperto che, sebbene l'adozione della banda larga abbia un impatto positivo sull'occupazione totale, lo stesso non vale per la sua disponibilità. Hanno utilizzato un dataset che combina dati sulla disponibilità e adozione della banda larga su connessioni wireline con variabili demografiche e socioeconomiche a livello di contea negli USA tra il 2008 e il 2011. Gli autori hanno eseguito una serie di regressioni OLS con dipendenza spaziale e regressioni per prima differenza. I risultati dei modelli spaziali hanno evidenziato che le aree non metropolitane con elevati livelli di disponibilità sono associate a una minore occupazione totale, probabilmente dovuta alla tendenza a esternalizzare elettronicamente il lavoro in queste aree. Tuttavia, alti livelli di adozione influenzano positivamente il numero di imprese e posti di lavoro, dimostrando l'importanza di distinguere tra accesso e adozione. Considerando gli effetti del tempo nelle regressioni per prima differenza, si rileva che l'aumento dell'adozione della banda larga, ma non della disponibilità, è associato all'aumento del reddito familiare medio e alla riduzione della disoccupazione, confermando che l'adozione ha un ruolo nello sviluppo

economico rurale. Gli autori hanno dunque concluso che solo l'aumento dell'adozione ha un impatto sui cambiamenti di varie misure nel tempo.

Tra gli studi più recenti legati agli effetti negli USA, si cita quello di *Isley e Low (2022)*, che hanno indagato gli effetti dell'adozione della banda larga cablata e non e di qualsiasi forma di adozione di Internet sul tasso di occupazione nelle contee rurali durante aprile e maggio 2020, ovvero durante l'apice delle interruzioni legate al COVID-19. Hanno utilizzato un dataset con dati di penetrazione e disponibilità della banda larga e, in generale, dell'eventuale adozione di Internet. Questi dati sono stato legati ad altri fattori che influenzavano l'occupazione, come la % di popolazione minorenni o in età pensionabile, la diffusione di COVID-19 oppure altre variabili sociodemografiche. Sono stati utilizzati modelli di regressione con 3 diversi stimatori: OLS, minimi quadrati ponderati (WLS) e 2SLS. I loro risultati hanno suggerito che, durante l'apice delle interruzioni legate al COVID-19, la maggiore disponibilità e adozione di banda larga cablata abbiano portato a tassi di occupazione più elevati nelle aree rurali degli Stati Uniti. Il modello 2SLS è risultato il migliore per le stime dell'adozione della banda larga e di quella cablata, i cui risultati hanno mostrato che un aumento di un punto percentuale della disponibilità di banda larga ha aumentato il tasso di occupazione dello 0,368%, mentre quella cablata dello 0,869%. Poiché l'adozione media della banda larga cablata è di circa il 50% nel dataset, si tratta di un risultato non trascurabile. Invece, i risultati per l'adozione di Internet sono stati inconcludenti.

Già *Czernich et al. (2011)* e *Whitacre et al. (2014)* hanno sostenuto nei loro articoli che non solo la presenza, ma anche le velocità disponibili possono essere importanti nello sviluppo di un Paese. Questo tema è stato indagato da *Lobo et al. (2020)* in America, mentre *Hasbi e Bohlin (2022)* si sono concentrati sugli effetti in Svezia.

Lobo et al. (2020) hanno sfruttato i dati di 95 contee dello Stato del Tennessee. Quest'area è stata la prima ad offrire la banda larga a velocità Gigabit a famiglie e imprese già nel 2011 e questo studio indaga gli effetti della banda ad alta velocità (definita come 100Mbit/s) e ad altissima velocità (1 Gbit/s) sui tassi di disoccupazione dal 2011 al 2016. Utilizzando un set di dati panel contenente le informazioni relative alle connessioni delle contee, al livello di ruralità, livelli di istruzione, reddito familiare, diversità, densità e frazione della popolazione in età lavorativa, hanno applicato modelli a effetti fissi bidirezionali per contea

e anno. Si è tenuto conto delle differenti velocità di connessione tramite variabili binarie o che catturavano la % di popolazione con accesso a determinate velocità. I risultati della regressione hanno mostrato che l'alta velocità della banda larga è importante e si traduce in una disoccupazione inferiore di circa 0,26 punti percentuali nelle contee ad alta velocità rispetto alle contee con banda larga di base; anche quella ad altissima velocità sembra ridurre i tassi di disoccupazione, ma il campione limitato impedisce di generare stime significative. In aggiunta, l'accesso ad una banda larga più veloce dà benefici che sono maggiori nelle aree rurali e, in generale, può diminuire la disoccupazione dello 0,2-0,3%. Dunque, gli autori concludono che la banda ultra-larga abbia effetti significativi sull'occupazione, ma che gli effetti tra le diverse velocità non siano così evidenti.

Hasbi e Bohlin (2022), invece, hanno utilizzato un dataset molto ricco con dati trasversali aggregati riferiti al periodo 2009-2017 per valutare la correlazione tra la qualità della banda larga e l'andamento dei redditi e della disoccupazione. Il set di dati usato dagli autori includeva un campione rappresentativo di 23 mln di test di misurazione della velocità di connessione effettuati dagli utenti Internet nei 296 tätort¹⁰ svedesi, a cui sono stati collegati i dati sulla disoccupazione, sul reddito e altri dati sociodemografici come la dimensione, la densità di popolazione, paese di nascita, fasce di età e livello di istruzione. Gli autori hanno diviso la velocità di connessione in 7 categorie e hanno applicato modelli OLS a effetti fissi utilizzando, sulla falsa riga di *Lobo et al. (2020)*, variabili esplicative ritardate di un anno per mitigare i problemi correlati all'endogeneità. Per tener conto del livello di istruzione e della dimensione della località, le stime sono state eseguite su sette sottocampioni, a seconda della dimensione e della percentuale di abitanti con un diploma superiore o inferiore alla mediana. Nel complesso, i risultati delle stime non hanno mostrato correlazioni significative tra velocità di connessione e reddito medio o disoccupazione, ma, distinguendo per dimensioni delle città, hanno mostrato effetti eterogenei. È emerso che la qualità di banda larga ha diminuito il reddito medio e ridotto la disoccupazione nelle piccole località. Al contrario, hanno riscontrato una relazione positiva con il reddito dei lavoratori qualificati nella città medie, mentre non ci sono stati effetti significativi in quelle grandi. Inoltre, hanno mostrato una relazione negativa tra velocità e tasso di disoccupazione nelle località con lavoratori high-skilled: questa relazione

¹⁰ Tätort: è un livello di aggregazione stabilito in Svezia. È definito come aree urbane con edifici contigui con non più di 200 metri tra le case e almeno 200 residenti.

negativa aumentava linearmente all'aumentare della velocità di connessione in confronto alle città senza banda larga. Invece, i lavoratori low-skilled sono sembrati essere più a rischio di disoccupazione solo nelle località con bassa velocità e non hanno riscontrato alcuna correlazione con il reddito. Nel complesso, hanno concluso che il tasso di disoccupazione fosse più basso nelle località più popolate per entrambe le tipologie di lavoratori e hanno dimostrato la presenza sia di effetti positivi che negativi, seppur dall'impatto economico piuttosto limitato.

Si può anche sostenere che la banda larga ha effetti diversi in base al settore o all'area geografica in esame. Ad esempio, *Kolko (2012)* ha anche individuato che i settori ad alta intensità tecnologica sono quelli a godere maggiormente della crescita dell'occupazione, mentre altri settori come la PA e l'estrazione mineraria sembrano non esserne colpiti. D'altro canto, *Canzian et al. (2015)* riportano che, indagando gli effetti dell'ADSL2+ sulle comunità rurali della provincia di Trento tra il 2008 e il 2012, hanno rilevato che la maggior parte dei settori osservati beneficiava in modo significativo della disponibilità della banda larga e che tali benefici fossero particolarmente ampi per i servizi professionali, scientifici, tecnici e amministrativi, nonché per alberghi e ristoranti. In questo loro studio hanno anche dimostrato una relazione positiva tra disponibilità della banda larga e performance delle aziende, che hanno visto aumentare il fatturato annuo delle vendite (+40%) e il valore aggiunto annuo (+25%).

Gli effetti della disponibilità di connessioni a Internet sono stati studiati anche da *Czernich (2014)* e *Hasbi (2017)*.

Hasbi (2017) si è concentrato sugli effetti delle reti a banda ultra-larga, adottando un approccio technology neutral. Il suo studio si è basato su dati panel per 36.000 comuni francesi dal 2010 al 2015, escluse Parigi, Lione e Marsiglia. Per ciascun comune era noto se fosse presente la banda larga ad alta velocità, nonché dati sugli stabilimenti aziendali, dati sociodemografici e statistiche economiche come il numero di famiglie, indicatori sul livello di istruzione della popolazione, il grado di urbanizzazione, il reddito medio o il tasso di disoccupazione. Applicando modelli a effetti fissi, l'autore ha trovato che la presenza di reti a banda larga ad alta velocità ha ridotto la disoccupazione in media di 7 punti percentuali. Inoltre, la disponibilità di banda ultra-larga ha indotto un aumento delle imprese in generale del 2,7%, del 4,7% nel settore delle costruzioni e del 2,7% nel settore terziario,

che si affida maggiormente alle tecnologie ICT. Ha anche osservato un effetto positivo sulle ditte individuali: i comuni in cui è stata implementata una rete a banda larga ad alta velocità sembravano fornire un ambiente favorevole per la creazione di società individuali, che aumentavano di circa il 2%. Questi risultati sono in linea con la letteratura economica, in particolare con lo studio di *Gruber et al. (2014)* e *Whitacre et al. (2014)*.

Al contrario, *Czernich (2014)* ha riportato risultati discordanti derivanti dalla banda larga basata su DSL nei circondari tedeschi tra il 2002 e il 2006. Utilizzando un modello OLS, ha indicato un effetto significativamente negativo da parte della disponibilità sul tasso di disoccupazione. Tuttavia, considerando nel modello anche la distanza dal punto di distribuzione più vicino al comune, questo risultato non era più valido. Utilizzando invece le regressioni dinamiche con variabili strumentali (IV), i risultati suggerivano che la disponibilità di DSL aumentasse la disoccupazione, seppur questo effetto non fosse statisticamente significativo. L'autore ha concluso che una maggiore disponibilità di banda larga non implica causalmente un tasso di disoccupazione più basso, andando in contrasto con i risultati di *Lobo et al. (2020)*.

Lo stesso vale per *Fabling e Grimes (2016)* che hanno studiato gli effetti della banda larga in fibra ottica, a livello di impresa per la Nuova Zelanda nel periodo 2010-2012. Costruendo un dataset sui redditi a partire dalle imposte mensili obbligatorie pagate dai dipendenti, a cui sono stati collegati dati sulla produttività (derivati da una combinazione di dati amministrativi e questionari), sull'uso efficace delle ICT, sul tipo di connessione e investimenti complementari di ciascun'impresa, hanno utilizzato modelli OLS e modelli IV basati sulla distanza dalle scuole primarie e secondarie. Le stime OLS non hanno mostrato alcuna relazione significativa tra l'uso della fibra e le prestazioni aziendali o l'occupazione. Considerando solo le imprese che effettuano investimenti complementari (es. spostamenti della produzione verso prodotti ad alta intensità di ICT, delocalizzazione delle attività commerciali online o formazione specifica dei dipendenti), gli autori hanno individuato una relazione causale tra l'adozione della fibra e investimenti organizzativi complementari, oltre ad un aumento dell'occupazione totale.

Un'analisi più dettagliata sui comuni italiani è stata condotta da *Abrardi, Cambini e Sabatino (2023)* per il periodo 2012-2019. I tre autori hanno costruito un set di dati che comprendeva informazioni sui comuni con accesso alla banda ultra-larga (fornita da TIM e

Open Fiber), redditi da lavoro dipendente, autonomo e pensione, e altre caratteristiche sociodemografiche relative al comune. Hanno applicato diverse tipologie di regressione e hanno ottenuto risultati diversi tramite un modello OLS, un modello di regressione Difference-in-Differences (DiD), che introduce un lag temporale dall'introduzione della banda ultra-larga, e un modello 2SLS, che riprende l'approccio di Freyaldenhoven, Hansen e Shapiro (2019), i quali utilizzarono una variabile correlata con fattori confondenti del reddito locale ma direttamente non correlata ad altri fattori che influenzano la diffusione dell'UBB. Per quanto riguarda i redditi totali da lavoro, i risultati hanno mostrato che l'UBB ne induce un aumento significativo (+1%) se non si effettuano controlli, ma, introducendo nella regressione una variabile che tenga conto delle pensioni, questo effetto è ridotto. L'effetto è addirittura annullato e non significativo se si esegue la stima tramite lo stimatore FHS. Distinguendo tra redditi dei lavoratori dipendenti e autonomi, si evidenzia un ritardo temporale degli effetti dell'introduzione dell'UBB, che induce un effetto a lungo termine di circa +2% sui redditi per i lavoratori dipendenti considerando gli effetti fissi, mentre un effetto nullo se si corregge con lo stimatore FHS. Al contrario, i lavoratori autonomi godono di un effetto positivo a lungo termine di +8%, che si riduce a +5% considerando lo stimatore FHS. Tra le stime dei modelli con effetti fissi, si evidenziano dunque relazioni positive e significative sui redditi di entrambe le tipologie di lavoratori, mentre usando il modello FHS l'effetto positivo diventa significativo solo per il reddito dei lavoratori autonomi (+1,3%), indotto dall'introduzione dell'UBB. Tuttavia, poiché questi ultimi corrispondono a circa il 7% della forza lavoro, tale effetto positivo non è catturato dal reddito da lavoro aggregato. È doveroso sottolineare però che non si rileva alcun aumento significativo del loro reddito pro capite. Ciò è infatti dovuto ad un aumento del numero di lavoratori autonomi, specialmente nei comuni appartenenti al quartile inferiore e superiore della distribuzione dei redditi, ovvero le zone povere, spinte maggiormente dalla necessità, e quelle più ricche, che offrono maggiori opportunità. Con il loro lavoro, gli autori forniscono evidenza di una relazione complementare tra flessibilità lavorativa e tecnologie a banda ultra-larga, in quanto sono i lavoratori autonomi a goderne maggiormente.

Rispetto allo studio appena presentato, *Abrardi, Cambini, Grinza e Sabatino (2024)* hanno indagato ulteriori effetti in un'analisi più recente con riferimento allo stesso periodo. Nello specifico, hanno spostato il focus sugli effetti della disponibilità di UBB sui livelli di

occupazione e sulla composizione della forza lavoro, partendo da un set di dati panel delle imprese italiane con più di 10 addetti, dei quali sono note alcune caratteristiche contrattuali e anagrafiche, nonché dati relativi all'azienda. A questi sono state collegate variabili relative alla presenza di connessioni UBB, il numero di anni dalla sua introduzione e la distanza dal nodo dorsale più vicino come fonte di variazione esogena. Formulati diversi modelli OLS con differenti controlli e una serie di stime IV-2SLS, gli autori hanno riscontrato delle endogeneità sulla prima tipologia di modello, spingendo a concentrarsi sui risultati IV, che hanno mostrato un impatto positivo del +2,7% sull'occupazione complessiva a livello d'impresa, aumentandone la dimensione. In riferimento ai contratti di lavoro, le stime IV hanno mostrato che l'introduzione dell'UBB ha indotto solo l'aumento dell'occupazione dei dirigenti intermedi e over 50. Questo risultato è valido soprattutto nelle aziende ad elevato contenuto tecnologico, che vedono un aumento dell'11% per i dirigenti intermedi e del 12% per i lavoratori over 50, a fronte di un aumento dell'8,2% e del 3,4% nelle aziende low-tech. Inoltre, hanno rilevato possibili effetti di sostituzione tra UBB e posizioni di basso livello. Spostando il focus sugli stipendi, i lavoratori a godere maggiormente dell'introduzione dell'UBB nelle aziende high-tech sono i colletti bianchi e i dirigenti intermedi ad alto salario. Con l'ipotesi che questa categoria di lavoratori abbia maggiori competenze e che la banda larga ne aumenti la produttività, questo risultato è in accordo con quanto previsto da Fabling e Grimes (2016). I lavoratori maggiormente penalizzati sono invece i colletti blu a basso salario nelle aziende low-tech, la cui occupazione diminuisce in presenza dell'UBB.

L'impatto sulla distribuzione dei redditi e disuguaglianza sociale è stato studiato da *Houngbonon e Liang (2017)*, che hanno analizzato gli effetti a breve termine dell'adozione e della qualità della banda larga nei comuni francesi dal 2009 al 2013. Lo studio ha previsto l'utilizzo di un panel di circa 5.000 comuni di cui si avevano informazioni relative all'adozione, tipologia e qualità della banda larga (intesa come velocità massima media del comune), nonché caratteristiche socio-demografiche e distribuzione dei redditi, inclusi i decili di reddito, il reddito medio e l'indice di Gini. I rapporti interdecili e l'indice di Gini sono stati utilizzati come misure di disuguaglianza. Gli autori hanno implementato un modello OLS e una strategia di stima della differenza di Wald (Wald-DiD), corrispondente al rapporto tra il DiD nella distribuzione del reddito e il DiD in Internet a banda larga.

L'utilizzo di uno stimatore di tipo Wald era dovuto al fatto che i comuni differivano solo per l'intensità del trattamento e, di conseguenza, non era possibile l'implementazione di un DiD netto. I risultati indicavano che un aumento di un punto percentuale nella penetrazione della banda larga aumentava il reddito medio dello 0,2% secondo la stima OLS, e dello 0,14%, secondo la stima Wald-DiD. Allo stesso modo, l'aumento di 10 Mbps della velocità di download aumentava il reddito medio rispettivamente dello 0,1% e dello 0,4%. La stima Wald-DiD sull'impatto dell'adozione della banda larga era inferiore alla corrispondente stima OLS, contrariamente alla stima dell'impatto della qualità. Ciò è dovuto al fatto che la variazione del reddito era correlata positivamente con la variazione dell'adozione, ma correlata negativamente con la variazione della qualità. Ciò era giustificato dal fatto che la maggiore variazione di reddito si osservava nelle città più povere, dove la variazione nell'adozione della banda larga era più forte, mentre la variazione nella qualità era più debole. Tuttavia, l'intervallo di confidenza delle stime dei due metodi si sovrapponeva, facendo concludere agli autori che sia l'utilizzo sia la qualità della banda larga impattano positivamente sul reddito, ottenendo risultati non lontani dalle stime di *Czernich et al. (2011)* nell'area OCSE. In conclusione, l'adozione e la qualità della banda larga in Francia hanno contribuito alla caduta dell'Indice Gini e all'aumento del reddito medio del 2° e 5° decile della distribuzione dei redditi. È inoltre doveroso sottolineare che hanno riscontrato una non linearità degli effetti dell'adozione della banda larga.

Un diverso tipo di analisi è stata svolta da *Bhuller et al. (2020)*, che hanno studiato gli effetti della banda larga sul punto d'incontro tra domanda e offerta di lavoro in Norvegia. La loro analisi empirica è iniziata a partire dalla combinazione di dati amministrativi a livello di individuo residente. Ogni osservazione coinvolgeva i dati ottenuti dai registri datore di lavoro-dipendente, da quelli delle persone in cerca di lavoro o disoccupate e da quelli delle offerte di lavoro, che includevano informazioni dettagliate anche sulle date di pubblicazione e sulla durata dei posti vacanti a livello di azienda e stabilimento. Erano note informazioni sull'utilizzo dei media per ciascun residente e sulla percentuale di famiglie coperte da Internet a banda larga in ogni comune, intesa come velocità di download superiore a 256 Kbit/s. Invece, i dati a livello di impresa sono stati ottenuti tramite dei sondaggi, che indagavano il comportamento di ricerca online, presentavano le differenze di informazioni riportate sugli annunci dall'azienda e dall'agenzia di collocamento e, infine,

esplicitavano se un'azienda avesse segnalato problemi di assunzione. Dall'analisi dei dati, gli autori hanno rilevato che le aziende con copertura completa della banda larga avevano il 20% di probabilità in più di utilizzare gli annunci di lavoro online per la pubblicazione di offerte di lavoro. Tramite un modello OLS a effetti fissi hanno constatato che la disponibilità di banda larga ha ridotto i problemi di reclutamento (-13%) e ha accelerato l'occupazione dei posti vacanti del 9%, da cui ne è conseguito un aumento dei tassi di assunzione di 0,6 punti percentuali. Focalizzandosi sui lavoratori, le stime hanno riportato che il tasso di occupazione tra le persone in cerca di lavoro con copertura totale era superiore di 1,6 punti percentuali rispetto a quelle senza copertura. Inoltre, nei casi di re-impiego, i lavoratori ottenevano un salario più alto del 3,5% alla stipula del contratto, confermando l'idea che Internet migliori l'efficienza del matching, in quanto offre al lavoratore un'opzione esterna più forte durante la contrattazione salariale con il datore di lavoro. Le evidenze hanno anche indicato che la durata del rapporto di lavoro tende ad allungarsi. Dal lato delle imprese, invece, la disponibilità di banda larga ha portato a una riduzione dei costi di assunzione dal 7 al 17%. Tutti questi aspetti hanno portato gli autori a concludere che la disponibilità di banda larga sia un fattore rilevante nell'influenzare il punto d'incontro tra domanda e offerta di lavoro.

Il tema del re-employment è stato affrontato anche da *Gürtzgen et al. (2021)*, che si sono proposti di identificare l'impatto di Internet ad alta velocità sull'incontro tra domanda e offerta di lavoro tra il 1998 e il 2008 in Germania. Gli autori hanno sfruttato la variazione della disponibilità DSL a livello regionale per quantificare l'effetto di Internet sulle probabilità di reimpiego, che deriva più da una riduzione degli attriti di ricerca piuttosto che da un aumento della domanda di lavoro, dimostrando che l'effetto positivo si manifesta solo qualche tempo dopo l'ingresso nella disoccupazione. Fissata la disponibilità di Internet come percentuale di famiglie a livello comunale per le quali la DSL è potenzialmente disponibile, gli autori hanno utilizzato i dati dell'Agenzia Federale per l'Impiego tedesca per misurare la durata della disoccupazione e le probabilità di re-employment, oltre a estrapolare informazioni biografiche sui singoli occupati. Seguendo un approccio OLS per l'intero campione e IV per diversi sottogruppi del campione, le stime hanno mostrato che si ha il 2,3% di probabilità in più di re-impiego se ci si trova in un comune con il quadro di distribuzione DSL a meno di 4,2 km di distanza (comuni definiti "fortunati"), in coerenza con l'idea che le persone maggiormente esposte a Internet cambino il proprio

comportamento facendo un uso più efficiente degli strumenti di ricerca di lavoro online. Inoltre, i lavoratori maschi hanno il 4% di probabilità in più di trovare lavoro già dopo il quarto mese se si trovano nei comuni fortunati. Il livello di istruzione è risultato insignificante, così come gli effetti di Internet sulla ricerca di lavoro offline. Gli uomini hanno dimostrato un uso più intensivo della ricerca online rispetto alle donne, ma questo non si è tradotto in un numero maggiore di colloqui. Tuttavia, una maggiore disponibilità di Internet ha mostrato un aumento dell'afflusso di disoccupazione, pur mantenendo costante la sua composizione e, di conseguenza, determinando un maggiore turnover del lavoro.

In un contesto in cui l'accesso alla banda larga è diventato cruciale per lo sviluppo economico e sociale, è essenziale comprendere come queste tecnologie influenzino diversi segmenti della popolazione. *Ahmad et al. (2024)* e *Kusumawardhani et al. (2023)* hanno dato un'attenzione speciale ai vari aspetti dell'occupazione femminile e della disparità di genere.

Per verificare la presenza di impatti dell'economia digitale sull'occupazione femminile e se i Paesi possano dare potere alle donne aggiornando l'infrastruttura digitale, *Ahmad et al. (2024)* hanno utilizzato i dati panel di 16 Paesi asiatici in via di sviluppo dal 1990 al 2021. Premettendo la presenza di forte variabilità tra i vincoli socioeconomici locali e culturali dei vari Paesi, gli autori hanno comunque sottolineato che i risultati ottenuti nel loro studio possono non trovare applicazione in tutti i contesti.

Utilizzando indicatori esplicativi per l'economia digitale come gli abbonamenti a banda larga fissa e mobile, gli utenti di Internet o numero di server Internet sicuri, gli autori sono riusciti ad estrapolare dati relativi al livello di connessione e al tipo di infrastruttura di numerose zone. Sfruttando il livello di istruzione e il PIL come variabili di controllo, hanno applicato un modello PARDL (Panel Autoregressive Distributed Lag) con il tasso di occupazione femminile come variabile dipendente. Questa tecnica è stata utile per stimare le relazioni a breve e lungo termine. I risultati hanno mostrato che gli abbonamenti alla banda larga fissa hanno indotto un aumento dell'occupazione femminile di 0,6 punti percentuali. Concentrandosi sugli effetti di lungo periodo, tutte le variabili in esame hanno avuto un impatto positivo sull'occupazione femminile, ad eccezione del numero di utenti Internet che ha impattato negativamente. Un aumento di un'unità degli abbonamenti alla

banda larga fissa ha mostrato una tendenza ad aumentare l'occupazione femminile dello 0,21% ogni anno. Anche il numero di utilizzatori di cellulari mobili, dei server Internet sicuri e le variabili di controllo (PIL e istruzione) hanno impattato positivamente. Se il livello di istruzione aumentava dell'1%, l'occupazione femminile poteva registrare un aumento dello 0,002%. Questi risultati hanno evidenziato quanto l'economia digitale possa essere rivoluzionaria nel promuovere sia l'espansione economica sia l'inclusione di genere.

Kusumawardhani et al. (2023) hanno invece analizzato l'impatto della disponibilità di Internet a livello distrettuale su diversi aspetti del mercato del lavoro femminile in Indonesia. Dati provenienti da un'area più circoscritta hanno permesso di giungere a conclusioni più puntuali e di essere meno vulnerabili a vincoli socioculturali differenti da area ad area come nel precedente articolo. La disponibilità di infrastrutture Internet è stata determinata tramite quattro rilevamenti censuari a livello di distretto tra il 2008 e il 2018. Questi dati sono stati poi collegati ai dati di partecipazione al lavoro, occupazioni full-time, lavori qualificati e formali, oltre che a variabili sociali come consumi e istruzione. Dato il contesto indonesiano, gli autori non hanno individuato fonti di variazione esogena e hanno quindi implementato un modello a effetti fissi. Nonostante la ricchezza di variabili di controllo variabili nel tempo, non hanno escluso potenziali fonti di distorsione, pur non trovandone prova nelle fonti che hanno analizzato. Nel complesso, i risultati del modello hanno mostrato una relazione positiva tra la disponibilità di banda larga e la partecipazione femminile alla forza lavoro: un aumento di + σ % dei villaggi con accesso a Internet ha indotto un aumento della probabilità che le donne entrino nella forza lavoro di 0,3 punti percentuali. L'effetto positivo sull'occupazione femminile era tuttavia trascurabile, mentre hanno trovato un effetto negativo sulla probabilità che le donne svolgano lavori qualificati o formali, determinando una riduzione del loro numero. La disponibilità di Internet ha impattato positivamente sull'impiego in lavori full-time ma, distinguendo per fasce d'età, le donne più giovani sembravano essere avvantaggiate. Dividendo la popolazione femminile in base al livello di istruzione, hanno riscontrato i seguenti effetti significativi per le donne poco qualificate: una maggiore probabilità che lavorino a tempo pieno e una minore probabilità che siano impegnate in lavori altamente qualificati o nel settore formale. Inoltre, hanno riscontrato un piccolo effetto negativo sulla probabilità che le donne high-skilled abbiano un lavoro formale, probabilmente per il passaggio a lavori di tipo gig o su piattaforme online, classificati come "informali" dagli standard indonesiani.

Per approfondire il tema sulla disparità di genere, gli autori hanno incluso i dati degli uomini al campione. Le regressioni non hanno dato prova che le donne siano spinte verso lavori poco qualificati e hanno addirittura evidenziato una maggiore probabilità rispetto agli uomini di avere lavori qualificati nei distretti con maggiore disponibilità di Internet. Nonostante i risultati, la partecipazione femminile alla forza lavoro resta bassa e stagnante, privando il Paese di una crescita economica più solida derivante dalla loro inclusione.

Tra i più recenti shock, la pandemia di Covid-19 è stata l'evento più significativo, sconvolgendo vite ed economie di tutto il mondo ed evidenziando il ruolo cruciale della connettività digitale nel mantenere il funzionamento delle nostre società. La letteratura economica ha portato alla luce diversi aspetti critici ma, mantenendo il focus sull'occupazione, uno dei maggiori fattori di resilienza economica in questo periodo è stato il telelavoro che, sebbene fosse compatibile con molti lavori, precludeva l'accesso a Internet da parte dei lavoratori. La situazione locale della banda larga era dunque diventata una condizione necessaria per consentire il lavoro da casa.

Nel loro studio, *Carvalho et al. (2022)* hanno analizzato l'impatto di diversi fattori, con particolare enfasi sullo smart working, nei primi 9 mesi della pandemia in 12 stati a sud-est degli Stati Uniti. A inizio 2020 il tasso di disoccupazione era al 3,6%, ad aprile era al 14,7%, mentre a dicembre era al 6,7%. Nello specifico, il 90% dell'ondata iniziale di disoccupazione proveniva da posti di lavoro che non potevano essere svolti a distanza (Kochnar e Passel, 2020; citato da Carvalho et al., 2022). Gli autori hanno combinato le informazioni relative a fattori specifici della pandemia con l'adozione della banda larga, disoccupazione, composizione settoriale a livello di contea, caratteristiche della popolazione e, infine, con le stime di lavori che potevano essere svolti da casa distinguendo per settore. Il periodo di raccolta dati comprendeva la fase pre-pandemica, la fase di crescita della disoccupazione fino ad aprile 2020 e quella di diminuzione fino a dicembre. Per ciascuna fase sono stati applicati un modello OLS e un modello con ritardi spaziali come controlli di robustezza. Tra febbraio e aprile, i fattori associati ad un contrasto all'aumento della disoccupazione sono stati gli alti livelli di istruzione e l'età inferiore a 18 anni o superiore a 64. I fattori associati invece a un ulteriore aumento della disoccupazione sono stati lo status di area metropolitana, i guadagni mediani e la popolazione femminile, ispanica o impiegata nel settore dell'informazione o della produzione. La possibilità di smart working non ha avuto

alcun impatto sui tassi di disoccupazione da febbraio ad aprile nelle contee con tassi di adozione della banda larga inferiori al 50%, mentre ha avuto un effetto di -0,21 punti percentuali nelle contee con tassi d'adozione maggiori. I risultati indicano generalmente che molti degli stessi fattori che hanno contribuito a un minore aumento della disoccupazione da febbraio ad aprile hanno anche contribuito a una maggiore riduzione della disoccupazione da aprile a dicembre, ad eccezione delle aree metropolitane che hanno registrato un calo maggiore durante questo periodo.

Questi risultati hanno evidenziato le vulnerabilità nelle comunità con caratteristiche specifiche e hanno mostrato che la capacità di telelavoro è stata un fattore cruciale nel cambiamento dei livelli di disoccupazione durante la pandemia, ma sono stati i livelli di adozione della banda larga locale a guidare questa relazione.

Con la pandemia, come riportato nel report ITU "Economic impact of Covid-19 on digital infrastructure", la chiusura dei luoghi di lavoro e la quarantena domiciliare hanno portato a un picco nell'utilizzo delle reti di telecomunicazione e ad un aumento del traffico Internet del 30% nelle zone residenziali. L'erosione di alcuni indici di qualità della rete e il fatto che alcuni dei modelli di traffico sarebbero diventati permanenti in futuro, hanno spinto i ricercatori a credere che la domanda di banda larga domestica di qualità sarebbe diventata sempre più importante.

La pandemia e i suoi impatti sull'economia hanno dunque spinto gli operatori a concentrare gli investimenti sulla capacità di rete e sulla correzione degli errori piuttosto che sull'innovazione delle tecnologie.

Le principali informazioni di questa sezione sono riassunte nella Tabella 1.1.

Tabella 1.1: impatti macroeconomici degli investimenti e della penetrazione della banda larga e ultra-larga.

Autori	Dati	Dati banda larga	Risultati principali	Metodologia
Lehr et al. (2006)	USA, livello statale e di comunità, 1998-2002	Banda larga (velocità > 200 Kbps)	La disponibilità di banda larga impatta positivamente sull'occupazione totale, soprattutto nelle comunità in cui è presente da più tempo. Non ci sono effetti significativi sui salari	Modelli a effetti fissi e regressioni statiche dei minimi quadrati a due stadi
Kolko (2012)	USA, livello di codice ZIP e di contea, 1992-2006	Banda larga	È presente una relazione positiva tra il numero di fornitori di banda larga con l'occupazione e la crescita della popolazione. Ci sono effetti diversi su tassi di occupazione, salario medio per dipendente e salario mediano	Regressioni statiche ordinarie e regressioni statiche dei minimi quadrati ponderati a due stadi
Czernich (2014)	Germania, livello di circondario (<i>Kreis</i>), 2002-2006	xDSL	Effetti discordanti sul tasso di disoccupazione in base al modello utilizzato. L'autore conclude che la maggiore disponibilità di banda larga non implica causalmente un tasso di disoccupazione inferiore	Equazioni di regressione dinamiche con metodo dei minimi quadrati ordinari e regressioni con variabili strumentali
Whitacre et al. (2014)	USA, livello di contea, 2001-2010	Disponibilità e adozione della banda larga su connessioni wireline	La disponibilità incide negativamente su occupazione, reddito familiare medio e sui redditi dei proprietari non agricoli nelle aree non metropolitane. L'adozione influenza positivamente il reddito familiare medio e riduce la disoccupazione	Regressioni OLS con dipendenza spaziale e per prima differenza
Fabling e Grimes (2016)	Nuova Zelanda, livello di impresa, 2010-2012	Fibra ottica (FTTDoor)	Non ci sono relazioni significative tra l'uso della fibra e le prestazioni aziendali o l'occupazione. Tuttavia, si individua un aumento della produttività del lavoro e dell'occupazione da parte delle aziende che usano la fibra ed effettuano investimenti complementari in ICT	Modelli OLS e modelli a variabili strumentali basati sulla distanza dalle scuole primarie e secondarie
Hasbi (2017)	Francia, livello comunale, 2010-2015	Fibra ottica (FTTH/LA)	La disponibilità di banda larga ad alta velocità ha ridotto la disoccupazione in media di 7 punti percentuali. Inoltre, impatta positivamente la crescita economica locale, induce un aumento del numero di imprese e delle ditte individuali operanti nei comuni	Regressioni con effetti fissi temporali e comunali e stimatori con tecniche DiD.
Houngbonon e Liang (2017)	Francia, livello comunale, 2009-2013	xDSL, FTTH e velocità max di download per comune	L'aumento di un punto percentuale nella penetrazione della banda larga aumenta il reddito medio dello 0,06%, mentre l'aumento di 10 Mb di download aumenta il reddito medio dello 0,1-0,4%, seppur non sia un effetto lineare. Sia l'adozione sia la disponibilità contribuiscono alla caduta dell'indice di Gini, riducendo la disuguaglianza di reddito	Modello OLS e strategia di stima della differenza di Wald (Wald-DiD)
Bhuller et al. (2020)	Norvegia, 2000-2014	Banda larga (velocità >256Kbit/s)	La disponibilità di banda larga ha ridotto i problemi di reclutamento del 13% e ha accelerato l'occupazione dei posti vacanti del 9%. Da ciò, ne è conseguito un aumento del tasso di	Modello OLS a effetti fissi

			assunzione dello 0,6%. La popolazione con copertura totale gode di un tasso di occupazione superiore del 1,6% rispetto a quella senza copertura. Nei casi di re-impiego i lavoratori che sfruttano Internet ottengono un salario del 3,5% più alto. Dal lato delle imprese, la disponibilità di banda larga riduce i costi di assunzione del 7-17%	
Lobo et al. (2020)	Tennessee, livello di contea, 2011-2016	Banda larga ad alta velocità (100 Mbit/s) e ad altissima velocità (1 Gbit/s)	Le contee con banda larga ad alta velocità hanno una disoccupazione inferiore dello 0,26% rispetto a quelle con banda larga di base. L'accesso a velocità di connessione più veloci beneficia maggiormente le aree rurali e, in generale, può diminuire la disoccupazione dello 0,2-0,3%	Modelli a effetti fissi bidirezionali per contea e anno
Gürtzgen et al. (2021)	Germania, livello regionale, 1998-2008	xDSL	La popolazione residente vicino a un quadro di distribuzione DSL ha maggiori probabilità di re-impiego e gli uomini hanno il 4% di probabilità in più di trovarlo dopo il quarto mese. La maggiore disponibilità di Internet aumenta l'afflusso di disoccupazione mantenendone costante la composizione, determinando un maggiore turnover del lavoro	Approccio OLS per l'intero campione e approccio a variabili strumentali per i sottogruppi del campione
Carvalho et al. (2022)	12 Stati a Sud-Est degli USA, febbraio-dicembre 2020	Banda larga con connessioni satellitari, fibra ottica, xDSL e abbonamento a Internet tramite cellulare	Gli alti livelli di istruzione, l'età inferiore a 18 anni e superiore a 64 hanno frenato la crescita della disoccupazione. Lo status di area metropolitana, i guadagni mediani e la popolazione femminile, ispanica o impiegata nel settore dell'informazione hanno impattato positivamente sull'aumento della disoccupazione tra febbraio e aprile, mentre quasi tutti hanno avuto l'effetto opposto da aprile a dicembre. La possibilità di smart working non ha invece avuto alcun impatto nelle contee con bassi tassi d'adozione, mentre ha avuto un effetto di -0,21 punti percentuali nelle contee con tassi d'adozione maggiori	Modello OLS e modelli con ritardi spaziali
Hasbi e Bohlin (2022)	Svezia, livello di tätort, 2009-2017	Campione di test di misurazione della velocità di connessione effettuati da utenti Internet	Maggiori velocità di connessione hanno diminuito il reddito medio e ridotto la disoccupazione nelle piccole località. Esiste una relazione positiva con il reddito dei lavoratori qualificati nelle città medie, mentre non è significativa in quelle grandi. Le città con più lavoratori high-skilled godono di una relazione negativa tra velocità di connessione e tasso di disoccupazione, mentre i lavoratori low-skilled sono più a rischio disoccupazione solo nelle città con bassa velocità. Non hanno riscontrato relazioni con il reddito	Modelli OLS a effetti fissi con variabili esplicative ritardate di un anno

Isley e Low (2022)	USA, aprile e maggio 2020	Adozione di banda larga e qualsiasi forma di adozione di Internet	Un aumento di un punto percentuale della disponibilità di banda larga ha aumentato il tasso di occupazione dello 0,368%, mentre quella cablata dello 0,869%. I risultati relativi all'adozione di Internet sono stati inconcludenti	Regressioni OLS, metodo dei minimi quadrati ponderati e dei minimi quadrati a due stadi.
Abrardi, Cambini e Sabatino (2023)	Italia, livello comunale, 2012-2019	Copertura ADSL, copertura UBB, FTTH/FTTC e distanza da OLT	Effetti discordanti sui redditi totali da lavoro in base al metodo utilizzato. I redditi dei dipendenti godono di un ritardo temporale degli effetti dell'UBB usando il modello a effetti fissi. I redditi dei lavoratori autonomi godono di un effetto positivo che varia dal +5 al +8% in base al metodo utilizzato. Non ci sono tuttavia effetti significativi sul reddito pro capite dei lavoratori autonomi	Modello OLS, modello di regressione DiD e modello dei minimi quadrati a due stadi con introduzione di stimatore FHS
Kusumawardhani et al. (2023)	Indonesia, livello distrettuale, 2008-2018	Disponibilità e utilizzo di infrastrutture Internet fisse e mobili tramite rilevamenti censuari	Un aumento di + σ % dei villaggi con accesso a Internet induce un aumento della probabilità che le donne entrino nella forza lavoro di 0,3 punti percentuali. L'effetto positivo sull'occupazione è tuttavia trascurabile, mentre è negativo sulla probabilità che le donne svolgano lavori qualificati. La disponibilità di Internet impatta positivamente sull'impiego in lavori full-time ma, distinguendo per fasce d'età, le donne più giovani sono avvantaggiate. Le stime hanno evidenziato una maggiore probabilità rispetto agli uomini di avere lavori qualificati nei distretti con maggiore disponibilità di Internet. Non riscontrano effetti sulle donne di età superiore a 45 anni o sulle donne altamente istruite	Modello OLS a effetti fissi e modello a doppia differenza
Abrardi, Cambini, Grinza e Sabatino (2024)	Italia, livello comunale e di impresa con più di 10 addetti, 2012-2019	Copertura ADSL, copertura UBB, FTTH/FTTC e distanza OLT	La copertura UBB ha un impatto positivo del +2,7% sull'occupazione complessiva a livello d'impresa. Ha un impatto positivo del +11% sull'occupazione dei dirigenti intermedi e del +12% per i lavoratori over 50 nelle aziende high-tech, a fronte di un aumento dell'8,2% e del 3,4% nelle aziende low-tech. Gli stipendi dei colletti bianchi e dei dirigenti intermedi ad alto salario sono quelli che crescono maggiormente con l'introduzione dell'UBB, mentre quelli più penalizzati sono i colletti blu a basso salario nelle aziende low-tech	Modelli OLS e stime IV-2SLS
Ahmad et al. (2024)	16 Paesi asiatici in via di sviluppo, 1990-2021	Abbonamenti a banda larga fissa e mobile, numero di utenti di Internet e numero di server Internet sicuri	Un aumento degli abbonamenti alla banda larga fissa ha indotto un aumento dell'occupazione femminile di 0,6 punti percentuali. Tutte le variabili in esame impattano positivamente l'occupazione femminile, ad eccezione del numero di utenti Internet. Un aumento dell'1% del tasso di istruzione femminile può aumentarne l'occupazione del 0,002%	Modello PARDL (Panel Autoregressive Distributed Lag) con tasso di occupazione femminile come variabile dipendente

CAPITOLO 2

ANALISI DESCRITTIVA DEI DATI

Questo capitolo è dedicato alla descrizione dei dataset utilizzati nell'analisi econometrica e presenta varie statistiche che delineano le caratteristiche dei dati.

Si inizia con una panoramica del mercato del lavoro italiano, che include le principali variabili relative all'occupazione e ai livelli salariali dei lavoratori. Successivamente, sono illustrati i dati relativi alla diffusione della banda ultra-larga sul territorio nazionale nel periodo compreso tra il 2012 e il 2022.

2.1 Analisi dell'occupazione in Italia

L'analisi è stata possibile grazie alla costruzione di un dataset ottenuto integrando i dati disponibili del Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF) a livello comunale con informazioni socio-demografiche ottenute da ISTAT. Tra queste, sono state riportate quelle relative alla disoccupazione e ulteriori suddivisioni per fasce d'età e classi di genere.

I file iniziali comprendevano un elevato numero di osservazioni relative a comuni e frazioni comunali. Tuttavia, l'attuazione di numerosi provvedimenti amministrativi da parte della Pubblica Amministrazione (PA) nell'intervallo di tempo considerato ha reso necessario modificare e allineare le informazioni relative agli stessi comuni o frazioni. Nello specifico, le principali variazioni amministrative hanno riguardato variazioni provinciali, soppressioni comunali, cambi di denominazione e di codici ISTAT. Utilizzando questi ultimi, univoci per ciascun comune, è stato possibile selezionare i comuni con informazioni disponibili per l'intero periodo di riferimento e collegarli ai dati di diffusione della banda ultra-larga presenti nei dataset forniti da Telecom Italia e Open Fiber.

I comuni considerati in questa analisi sono stati 7.765 comuni, un numero significativo se confrontato con i 7.904 comuni italiani secondo i dati ISTAT del 2022, rendendo questo campione rappresentativo del territorio nazionale. Alcune località italiane sono state escluse dall'analisi per la mancanza di informazioni o di continuità dei dati, dovute ai provvedimenti amministrativi precedentemente citati. Le rielaborazioni del dataset hanno comunque portato a un numero di osservazioni pari a 85.415.

Prendendo in considerazione i dati del MEF relativi ai lavoratori dipendenti e autonomi, è possibile ottenere il numero di occupati a livello italiano per ciascun anno: i dati aggregati mostrano che l'occupazione ha raggiunto il minimo nel 2013, con circa 21 mln di occupati, e il massimo nel 2022 con circa 23,5 mln.

Come mostrato in Figura 2.1, si possono individuare diverse tendenze dell'occupazione. I mercati del lavoro italiano ed europeo sono stati fortemente colpiti dalla crisi economica del 2008, portando a una tendenza discendente dell'occupazione quasi ininterrotta fino al 2013. Dal 2014 l'occupazione ha ripreso ad aumentare, toccando un picco di crescita nel 2017 pari a +2,7%.

Tra il 2014 e il 2019 ci sono state circa 1,5 mln di assunzioni, ma la pandemia di Covid-19 ha interrotto questa tendenza positiva, portando alla perdita di 250 mila posti di lavoro solo nel 2020. Tuttavia, si è assistito a una rapida ripresa negli anni successivi, le cui cause possono essere attribuite a vari fattori: incentivi e politiche di sostegno a favore di imprese e lavoratori, il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), riforme del lavoro per incentivare l'assunzione di giovani e disoccupati e, infine, un naturale rimbalzo dovuto alla ripresa delle attività economiche in seguito alla fase acuta della pandemia nel 2020.

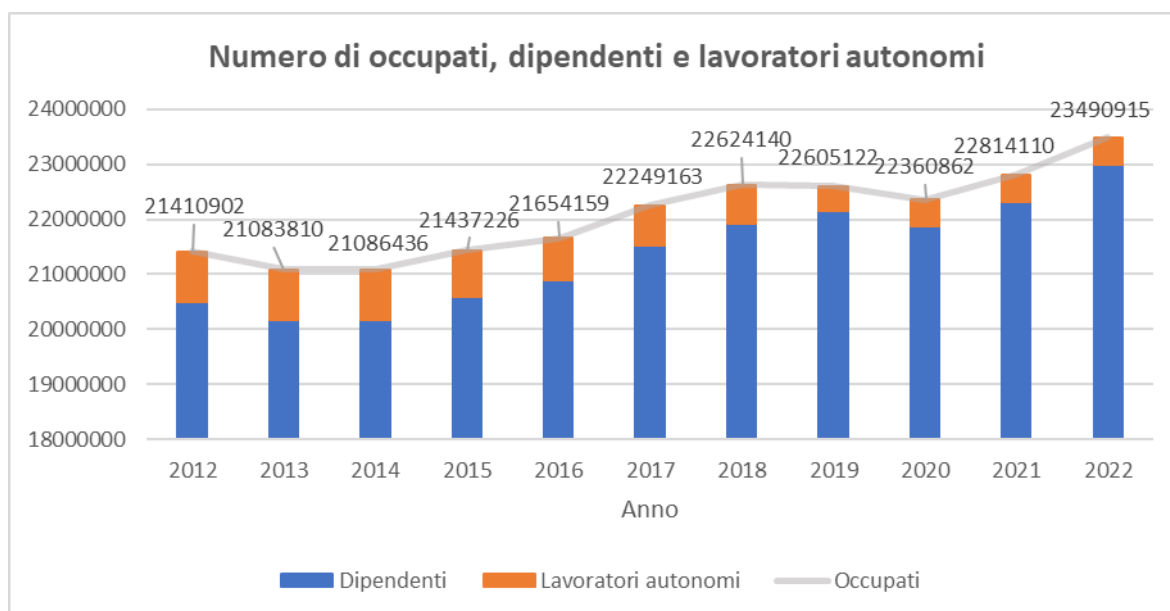


Figura 2.1: Numero di occupati, dipendenti e lavoratori autonomi tra il 2012 e il 2022.

Proseguendo l'analisi disaggregando i dati tra lavoratori autonomi e dipendenti, si possono fare diverse considerazioni. Se da un lato l'andamento dei lavoratori dipendenti è in linea

a quello degli occupati totali, non si può dire lo stesso dei lavoratori autonomi, il cui numero è diminuito fino al 2019, come mostrato in Figura 2.2.

Questa decrescita può essere ricondotta a diversi aspetti, come la transizione da settori tradizionali verso settori più tecnologici e digitali che richiedono nuove competenze, riforme del mercato del lavoro come il Jobs Act del 2016 che hanno dato maggiore attrattività al lavoro dipendente e la maggiore vulnerabilità dei lavoratori autonomi al rischio di precarietà e povertà, come riportato dal report ISTAT sull'occupazione del 2024.

La pandemia di Covid-19, al contrario, ha aumentato il numero di lavoratori autonomi: la perdita di molti posti di lavoro, infatti, può aver spinto molte persone a reinventarsi professionalmente, avviando attività freelance e di consulenza, rendendo il lavoro autonomo un'opzione più praticabile grazie alla flessibilità del lavoro da casa.

È interessante notare che, sebbene le variazioni percentuali di dipendenti e lavoratori autonomi siano spesso opposte, quella degli occupati è sempre molto vicina a quella dei dipendenti: questo è dovuto al fatto che i lavoratori autonomi costituiscono solo il 2-4,3% degli occupati e anche variazioni significative, come quella del 2019 (-36,5% di autonomi), non sono particolarmente evidenti a livello aggregato.

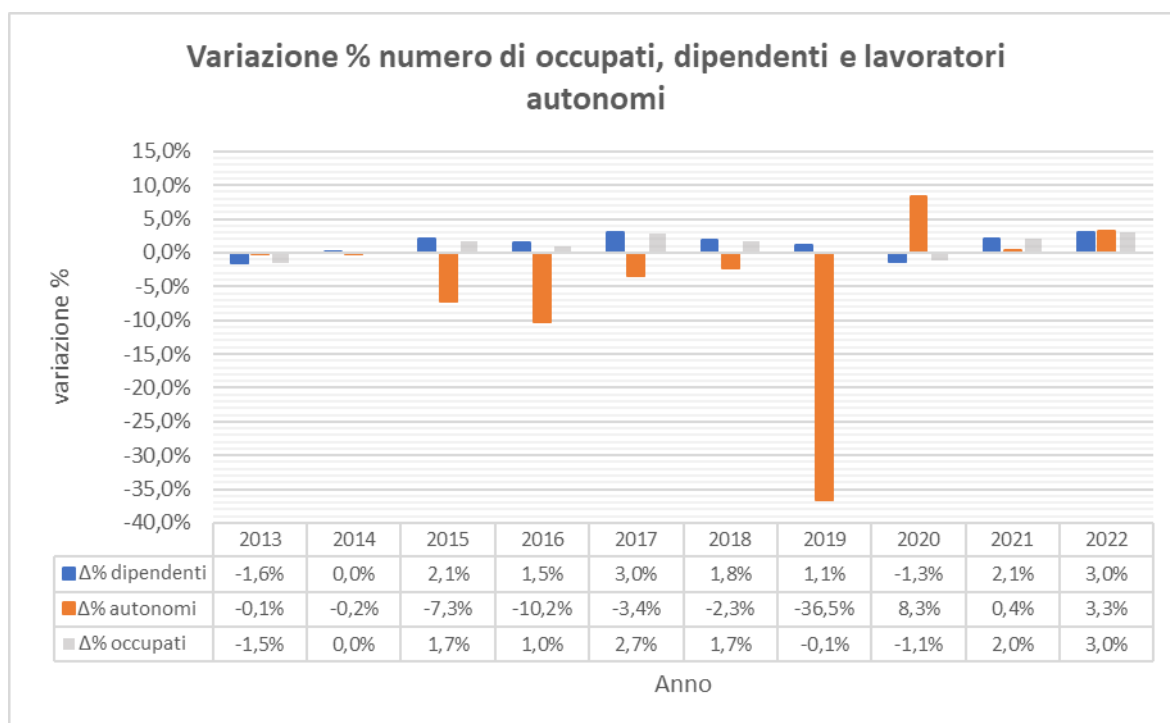


Figura 2.2: Variazione percentuale del numero di occupati, dipendenti e lavoratori autonomi rispetto all'anno precedente tra il 2012 e il 2022.

Alla fine del 2022, quasi il 40% della popolazione italiana era occupata¹¹, mentre restringendo l'analisi ai soli cittadini maggiorenni in età lavorativa (18 – 65 anni) ed escludendo gli studenti universitari regolarmente iscritti¹², la percentuale di occupati sale a 67,7%. Questi valori sono delle stime dei valori reali, in quanto non tengono conto degli studenti lavoratori e degli occupati residenti nei comuni esclusi dall'analisi.

La popolazione in età lavorativa non occupata si suddivide in tre categorie: lavoratori irregolari, inattivi e disoccupati.

I lavoratori irregolari rientrano nel lavoro nero, definito anche “sommerso” o “non dichiarato”, la cui definizione nell'Unione Europea è fornita dalla CE, sebbene non in via ufficiale: con il termine “lavoro non dichiarato” si intende qualsiasi attività retribuita lecita di per sé ma non dichiarata alle autorità pubbliche, con ogni conseguenza sotto il profilo retributivo, contributivo e fiscale. Il lavoro irregolare è una delle componenti dell'economia sommersa, quantificata come percentuale sul PIL: nel 2014 ha raggiunto un picco di 13,1 punti percentuali, ma da allora l'incidenza si è ridotta progressivamente portandosi al 9,5% negli ultimi anni dell'orizzonte temporale oggetto di studio.

Gli inattivi non fanno parte della forza lavoro e non sono né occupati né disoccupati, nel senso che non hanno un lavoro e non sono nemmeno alla ricerca di un impiego: secondo i dati ISTAT, il numero di inattivi tra i 15 e i 64 anni è costantemente diminuito a partire dal 2013, salvo un picco con l'apice della pandemia nel 2020, quando ha raggiunto i 13,8 mln. Da allora, il loro numero ha ripreso a diminuire fino a 12,8 mln nel 2022.

Quando ci si riferisce al tasso di disoccupazione, la percentuale è in rapporto alla forza lavoro, escludendo di conseguenza gli inattivi dal conteggio. Ciò che distingue i disoccupati dagli inattivi sono la condizione di ricerca attiva di un lavoro e la disponibilità immediata a lavorare. Secondo i dati ISTAT, il tasso di disoccupazione degli italiani in età lavorativa si attestava intorno all'11% nell'orizzonte considerato. Come mostrato in Figura 2.3, la sua evoluzione è in linea con l'andamento degli occupati: ha toccato un picco del 13% nel 2014 quando l'occupazione era al minimo ed è andato riducendosi man mano che è cresciuta. Distinguendo per categorie di genere, si può notare che, nonostante abbiano lo stesso

¹¹ Al 31 dicembre 2022 la popolazione in Italia contava 58.997.201 residenti. Fonte: Censimento ISTAT del 2022.

¹² Il numero di studenti iscritti a corsi universitari è riportato sul sito del Ministero dell'Università e della Ricerca ed è pari a 1.909.360 per l'a.a. 2022/2023.

andamento, il tasso di disoccupazione femminile è nettamente superiore a quello maschile lungo tutto il periodo analizzato.

Inoltre, dall'analisi dei dati emerge che, pur riscontrando trend simili tra le diverse macroaree, quella con il tasso di disoccupazione più alto è il Sud Italia con una media sul periodo di 18,5 punti percentuali, seguita dal Centro con 9,7%, Nord-Ovest con 7,6% e, infine, l'area con maggiore partecipazione alla forza lavoro è il Nord-Est con il 6,4% di disoccupati. La Figura 2.4 mostra le diverse declinazioni del tasso di disoccupazione sul territorio nazionale nel 2012 e nel 2022, evidenziando visivamente la riduzione generale della disoccupazione su tutto il territorio nell'arco di un decennio.

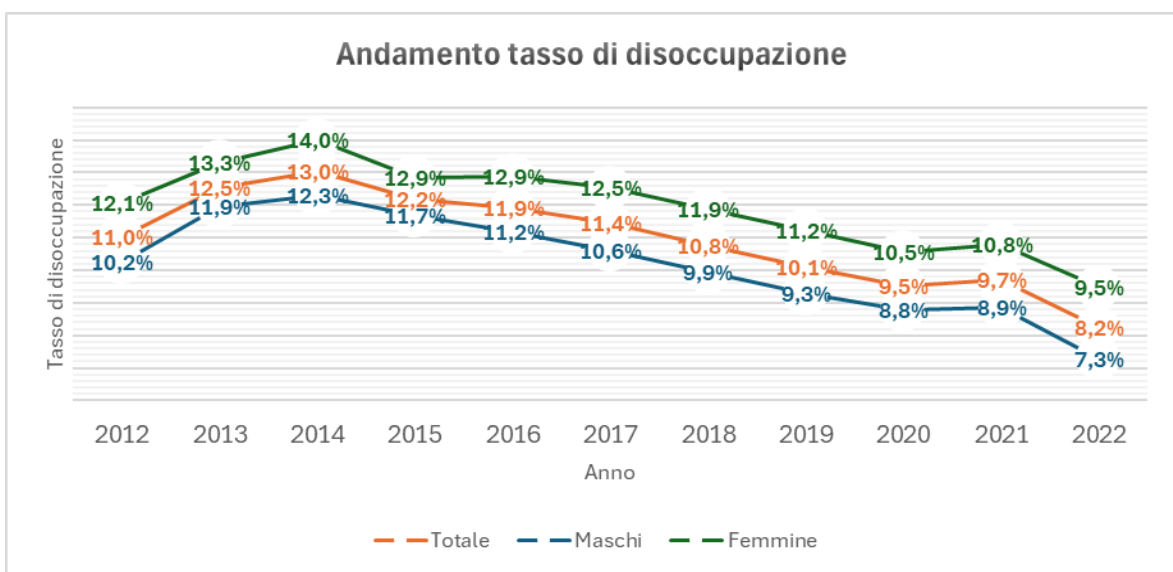


Figura 2.3: tasso di disoccupazione nazionale fra il 2012 e il 2022.

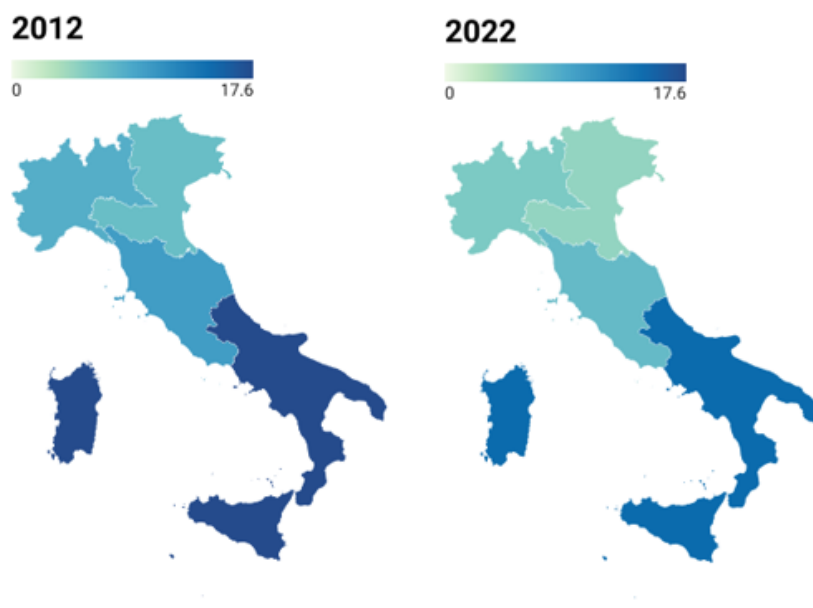


Figura 2.4: tasso di disoccupazione percentuale per macroarea nel 2012 e nel 2022.

Anche distinguendo per categorie di genere si ottengono risultati simili, con un'evoluzione del tasso di disoccupazione per ciascuna macroarea in linea a quello nazionale, come mostrato in Figura 2.5. Inoltre, ogni macroarea presenta un tasso di disoccupazione femminile superiore a quello maschile, con differenze molto marcate nel Sud Italia. È interessante notare che la più forte ondata di licenziamenti del 2013 e 2014 dovuti alla crisi economico-finanziaria siano avvenuti sempre nel Sud, con effetti più marcati sulla disoccupazione femminile.

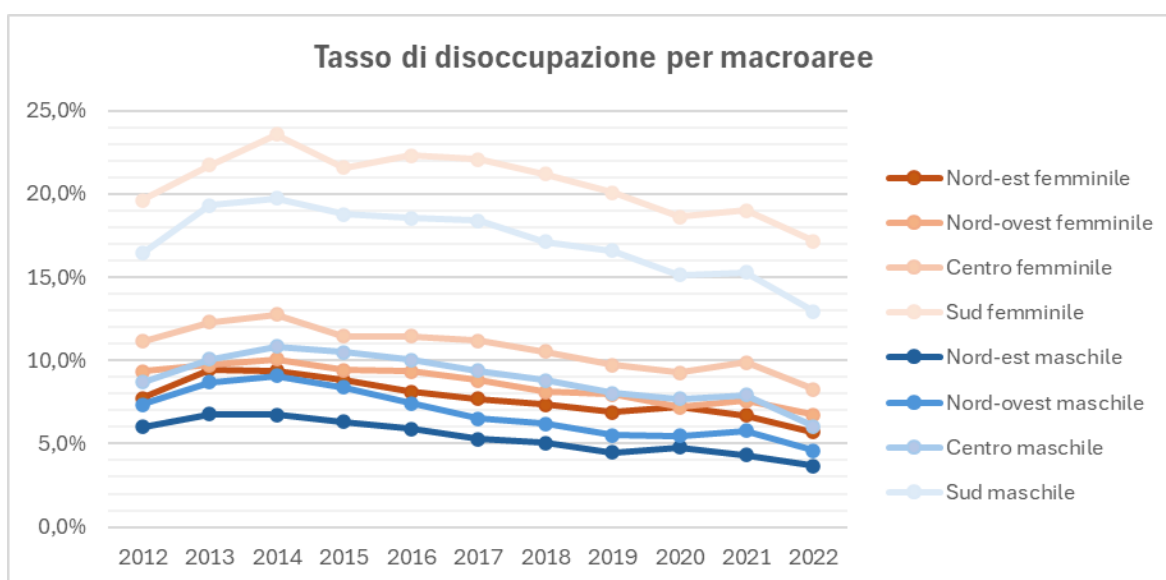


Figura 2.5: Evoluzione del tasso di disoccupazione per ciascuna macroarea e ciascun genere dal 2012 al 2022.

L'analisi per macroaree dell'occupazione rileva una distribuzione disomogenea dei lavoratori sul territorio italiano, come evidenziato in Figura 2.6. Facendo riferimento ai dati del 2022, si contano 6,8 mln di lavoratori al Sud (29% del totale nazionale), seguito dal Nord-Ovest con 6,7 mln (28%). Al Nord-Est si registrano 5,1 mln di occupati (22%), mentre il Centro conta 4,8 mln di lavoratori (21%). Questa distribuzione conferma una maggiore concentrazione di lavoratori nel Settentrione, in cui risiede circa 1 lavoratore su 2.

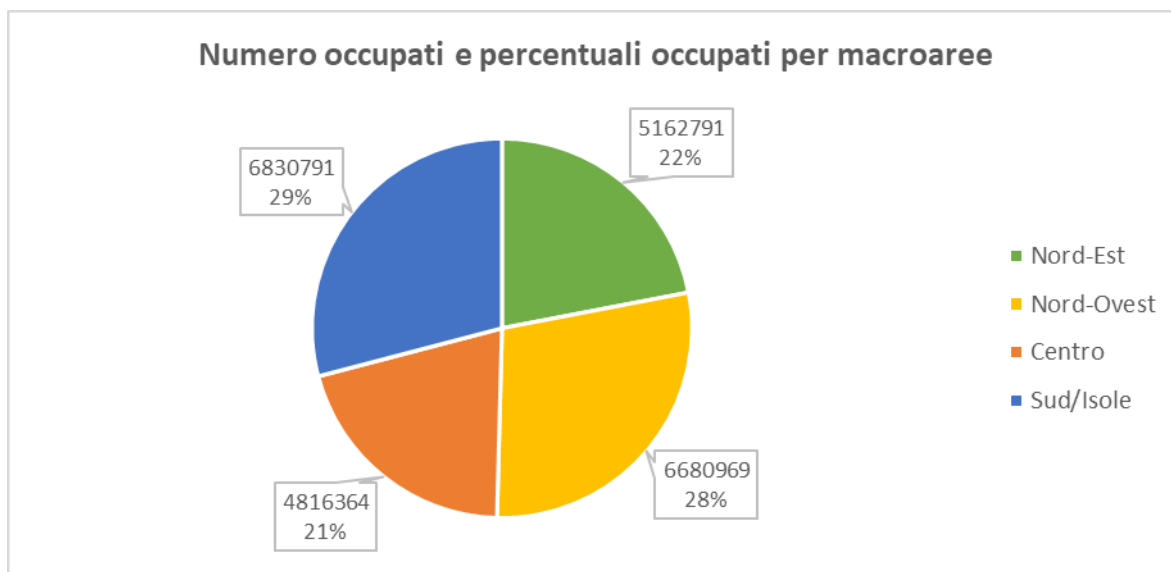


Figura 2.6: Numero di occupati in termini assoluti e percentuali per macroarea nel 2022.

Spostando l'attenzione sul saldo assunzioni-licenziamenti riportato in Figura 2.7, si nota chiaramente che il maggior numero di interruzioni di lavoro tra il 2012 e il 2013 è avvenuto al Sud, con quasi il 40% delle 327 mila cessazioni totali, seguito dal Centro e dal Nord. Questa tendenza negativa del Sud è continuata anche nel 2014, ma gli effetti sull'occupazione nazionale sono stati mitigati grazie alla ripresa delle regioni del Centro e del Nord-Ovest, che hanno mantenuto pressoché stabile il livello di occupazione complessivo.

Negli anni successivi, la crescita dell'occupazione ha interessato maggiormente il Nord-Est e il Nord-Ovest, tranne che per il 2015, in cui si è registrato il maggior numero di assunzioni al Sud, anche grazie ad un effetto di rimbalzo dai risultati negativi degli anni precedenti.

L'avvento della pandemia del 2020 ha avuto un forte impatto su tutto il territorio nazionale, con la maggiore ondata di licenziamenti nel Nord-Est, seppure anche le altre aree abbiano registrato valori simili. Nel 2021 la ripresa dell'occupazione ha interessato maggiormente il Centro e il Nord-Est con un tasso di assunzione medio di circa il 2% sul territorio nazionale, mentre nel 2022 gli occupati sono cresciuti maggiormente al Centro e al Sud.

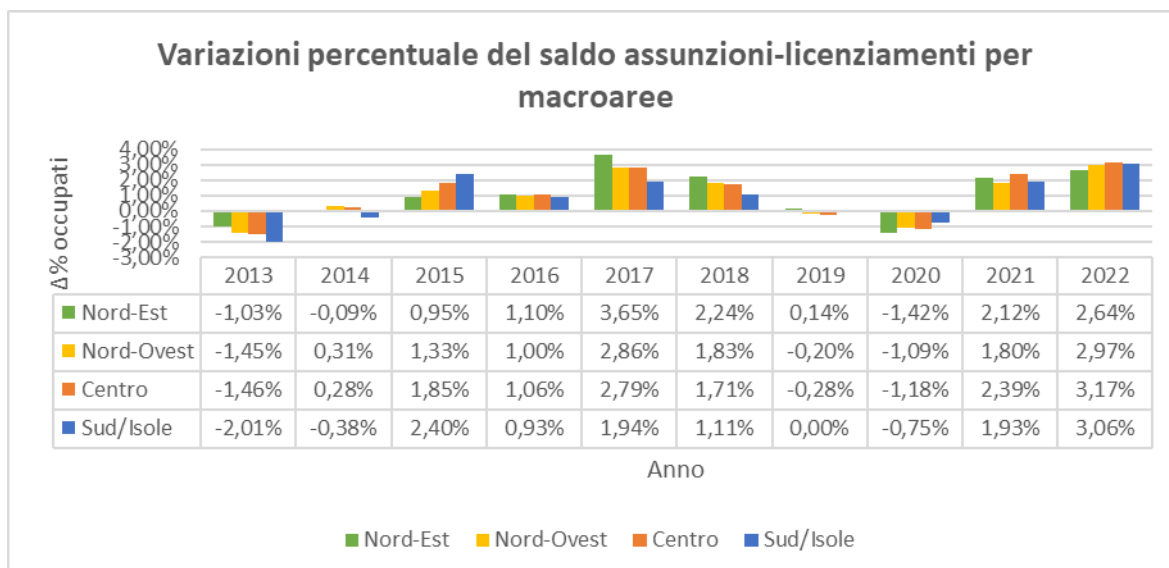


Figura 2.7: variazione percentuale del saldo assunzioni-licenziamenti rispetto agli occupati dell'anno precedente per macroarea.

Approfondendo l'analisi a livello regionale, si può notare che la Lombardia è la regione con il maggior numero di occupati in Italia, con circa 4,3 mln di lavoratori, pari al 18% del totale nazionale (Figura 2.8). Come termine di paragone, racchiude da sola la quasi totalità dei lavoratori residenti in Centro Italia (comprendente la Toscana, l'Umbria, il Lazio e le Marche), pari a circa 4,8 mln di occupati. Tale distribuzione del lavoro è coerente con la distribuzione geografica delle imprese sul territorio italiano: secondo i dati ISTAT del 2022, circa 876 mila imprese sono in Lombardia, mentre il Centro Italia ne ospita poco più di 1 mln.

La proporzionalità fra numero di imprese e numero di occupati si mantiene per la maggior parte delle altre regioni: il Lazio si pone al secondo posto per numero di occupati, con quasi il 10% del totale nazionale, seguito dal Veneto con il 9,1%. In fondo alla classifica si trovano invece il Molise, con lo 0,4% dei lavoratori, e la Valle d'Aosta, con lo 0,2%. Anche in questo caso, i dati sono coerenti con la distribuzione delle imprese, con 21,6 mila aziende in Molise e 11,4 mila in Valle d'Aosta, collocandosi anch'esse agli ultimi posti per numero di imprese.

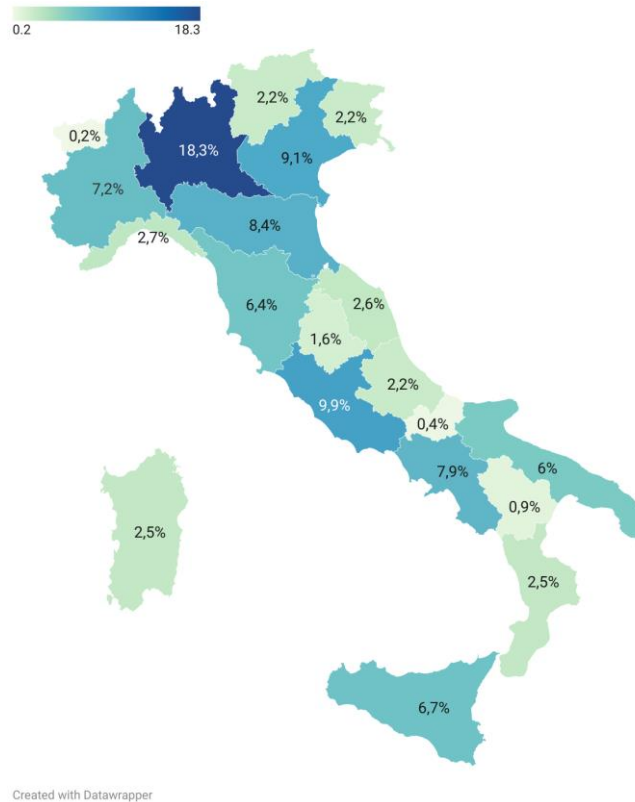


Figura 2.8: Percentuali degli occupati italiani divisi per regione

Invece, se si sposta l'attenzione sul rapporto tra il numero di occupati e la popolazione maggiorenne in età lavorativa (18-65 anni) di ciascuna regione, si ottengono risultati differenti. La Figura 2.9 mostra la percentuale di occupati per ogni regione nel 2012 e nel 2022. Facendo riferimento ai dati più recenti, il Trentino-Alto Adige si posiziona al primo posto con l'84% della popolazione che possiede un impiego, seguito dall'Emilia Romagna e dal Friuli-Venezia Giulia, entrambe con un tasso del 74%. La Lombardia, che primeggia per numero di occupati, scende al settimo posto con il 71% di popolazione occupata. In fondo alla classifica, Campania, Sicilia e Calabria presentano i valori più bassi, con circa 1 persona su 2 in età lavorativa senza un impiego. In generale, ciascuna regione ha registrato un miglioramento nella partecipazione al lavoro tra il 2012 e il 2022, con aumenti significativi in Umbria, Liguria e Toscana.

È importante sottolineare che questi risultati sono delle stime dei valori reali e non tengono conto degli inattivi, studenti universitari, studenti lavoratori e lavoratori irregolari.

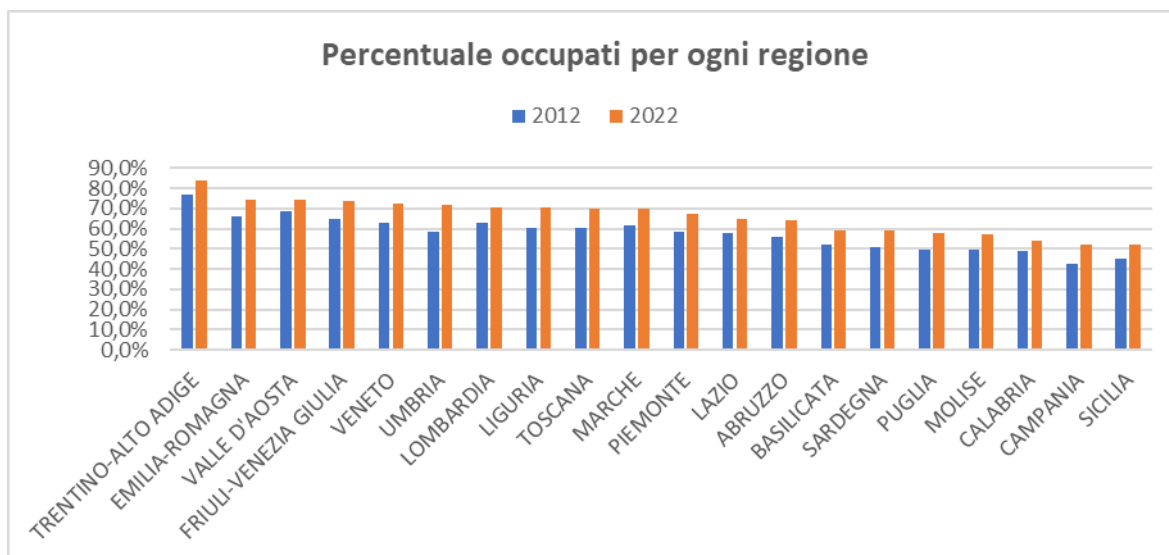


Figura 2.9: Percentuale di occupati su popolazione in età lavorativa per ogni regione del 2012 e 2022.

Tramite ulteriori rielaborazioni dei dati ISTAT, è possibile suddividere gli occupati italiani in tre fasce d'età: 20-34 anni, 35-49 anni e 50-64 anni. La Figura 2.10 mostra l'evoluzione di queste tre fasce tra il 2012 e il 2022. Gli effetti della crisi economico-finanziaria hanno colpito soprattutto i giovani, i quali sono diminuiti di quasi mezzo milione di unità tra il 2012 e il 2015. Dal 2016 è iniziata una lenta ripresa che si è interrotta in occasione della pandemia con la perdita di 330 mila posti di lavoro, completamente recuperati nel 2022.

Per quanto riguarda i lavoratori con età compresa tra 35 e 49 anni, si osserva un calo pressoché costante con un tasso medio annuo del 2% tra il 2012 e il 2022, con una perdita complessiva di 1,5 mln di occupati. Questo fenomeno è stato particolarmente evidente nel 2020, quando sono stati persi 400 mila posti di lavoro. Un possibile fattore che spiega tale diminuzione è il passaggio alla fascia Over 50 di molti lavoratori nati durante il boom demografico, che ha contribuito a far crescere il numero di occupati in questa fascia, con solo una lieve flessione nel 2020, completamente recuperata già nell'anno successivo. Questo andamento può anche essere attribuito all'aumento dell'età pensionabile e dalla tendenza delle imprese ad evitare l'interruzione del rapporto di lavoro con il personale maggiormente esperto.

Analizzando la composizione percentuale degli occupati per fasce d'età, mostrata in Figura 2.11, si nota un progressivo calo della quota degli Under 35 fino al 2020, nonostante il loro numero sia diminuito in termini assoluti solo fino al 2015. Tale dinamica è associata all'aumento degli occupati totali, i quali hanno ripreso ad aumentare circa nello stesso periodo. Il progressivo sbilanciamento verso le fasce più anziane è invece confermato dalla

composizione percentuale, che vede il raggiungimento nel 2022 di quasi il 40% per la fascia 35-49 anni e del 37,3% per gli Over 50. Come termine di paragone, nel 2012 le due quote erano rispettivamente al 47,7% e al 27,1%. La distanza numerica tra la fascia 35-49 anni e gli Over 50 si sta riducendo anno dopo anno, attestandosi intorno alle 550 mila unità secondo i dati più recenti.

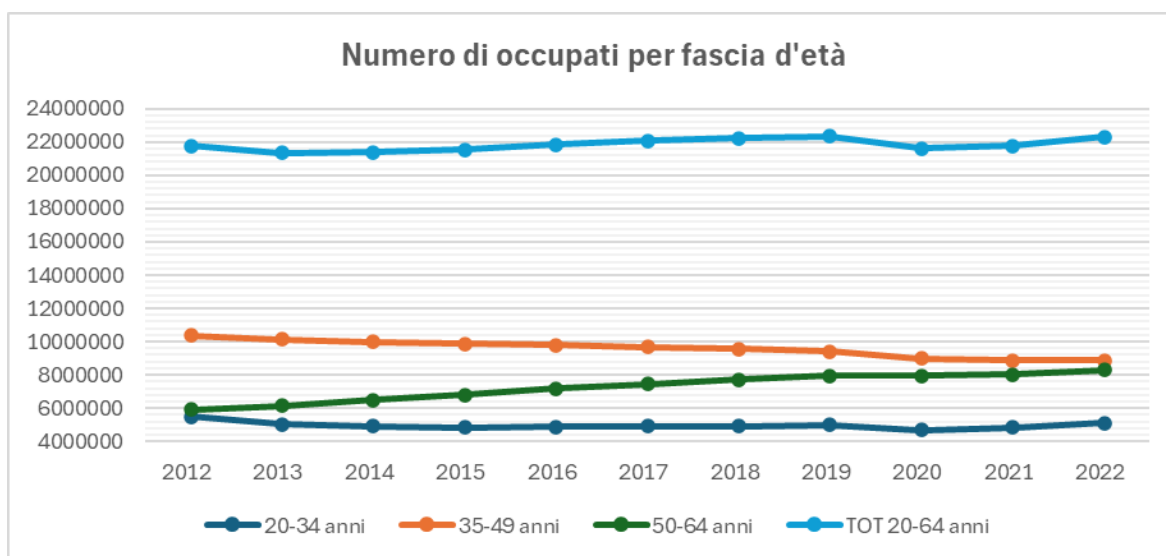


Figura 2.10: Numero di occupati totali e suddivisi per fascia d'età tra il 2012 e il 2022.

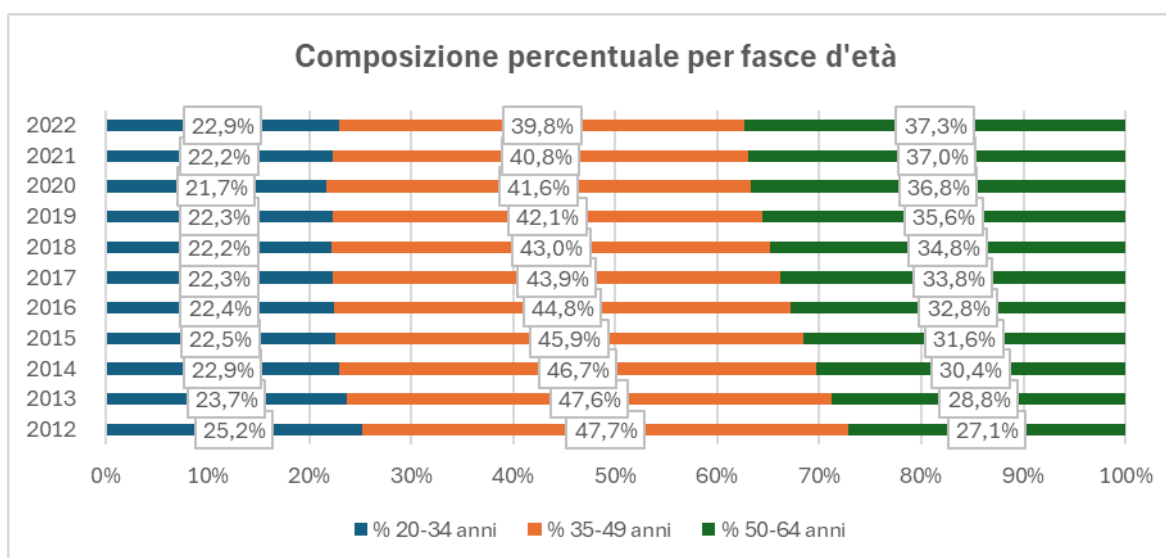


Figura 2.11: Composizione percentuale degli occupati italiani suddivisi in fasce d'età tra il 2012 e il 2022.

2.2 Analisi dei livelli salariali

Conclusa l'analisi sull'andamento dell'occupazione, è ora essenziale esaminare le dinamiche salariali, fondamentali per comprendere appieno le condizioni economiche dei lavoratori italiani.

Il dataset costruito a partire dai dati forniti dal Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF) ha permesso di analizzare i salari a livello comunale per ciascun anno dell'orizzonte considerato.

Il calcolo del salario medio italiano è stato effettuato a partire dal reddito complessivo totale dichiarato, che comprende tutte le dichiarazioni dei redditi di lavoratori dipendenti e autonomi in ciascun comune. Tale reddito ha raggiunto i 545 mld di euro nel 2022 e, dividendo questa somma per il numero di lavoratori, si è ottenuto il salario medio.

Come illustrato in Figura 2.12, il reddito medio italiano è rimasto pressoché stabile per buona parte del periodo analizzato: in generale, ha avuto una crescita media annua di circa l'1%, seppur con periodi di espansione e contrazione fino al 2019. La pandemia ha segnato un momento critico e ha determinato un calo del salario medio del -1,7%, principalmente a causa della chiusura temporanea di numerose attività economiche e della riduzione di ore lavorate, specialmente nel settore dei servizi. Anche l'uso della cassa integrazione ha portato a una riduzione dei redditi, sebbene già dall'anno successivo si sia assistito a una loro ripresa.

È interessante sottolineare che, nonostante i salari siano cresciuti del 4,3% nel 2021 e del 3,9% nel 2022, questi aumenti sono stati più che compensati dall'aumento dell'inflazione, facendo diminuire i salari reali.

Facendo un'analisi più approfondita, emerge che il salario medio dei dipendenti è nettamente inferiore rispetto a quello dei lavoratori autonomi: mentre il salario medio dei dipendenti è rimasto pressoché costante seguendo l'andamento generale, quello dei lavoratori autonomi ha registrato una crescita notevole, con incrementi rilevanti nel 2019 (+26%) e nel 2021 (+14%). Entrambe le categorie hanno subito un calo dei salari durante la pandemia nel 2020.

Va sottolineato che la maggior parte della forza lavoro italiana è costituita da lavoratori dipendenti. Nel 2012 i lavoratori autonomi rappresentavano il 4,3% dei lavoratori italiani, mentre nel 2022 la quota è scesa al 2,2%. Di conseguenza, l'andamento crescente dei redditi dei lavoratori autonomi non ha influenzato in modo particolare il salario medio complessivo a causa del loro numero ridotto.

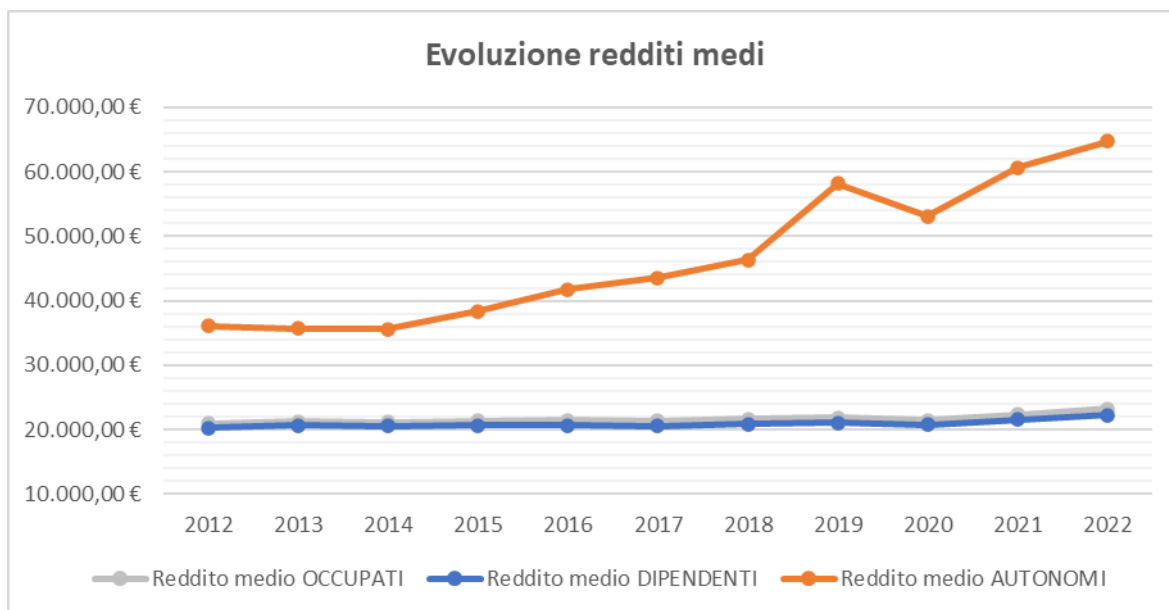


Figura 2.12: Evoluzione redditi medi tra il 2012 e il 2022.

Analizzando i livelli salariali, si possono notare notevoli differenze tra le regioni italiane. Focalizzandosi sui dati del 2022, la Lombardia primeggia con un salario medio di quasi 28 mila euro annui, seguita da Lazio (25 mila euro) e dall'Emilia Romagna (24,9 mila euro).

In fondo alla classifica, la Calabria presenta un salario medio di 17 mila euro, la Puglia 18,5 mila euro e la Sicilia 18,7 mila euro. Come mostrato dal grafico in Figura 2.13, emerge un forte divario salariale tra le regioni del Nord e quelle del Sud: regioni come Lombardia, Lazio, Emilia-Romagna, Piemonte, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Trentino-Alto Adige, Liguria, Toscana e Valle d'Aosta registrano salari medi al di sopra della media nazionale.

Queste differenze sono coerenti con la distribuzione di imprese sul territorio nazionale: il Nord possiede una maggiore concentrazione di imprese come multinazionali, utilities, società finanziarie, assicurative e imprese medio-grandi. Queste tipologie di aziende sono quelle che richiedono più frequentemente personale con alti livelli di istruzione, qualifiche professionali elevate e, di conseguenza, offrono retribuzioni importanti.

Al contrario, nel Mezzogiorno scarseggiano le grandi imprese, c'è una minore richiesta di impieghi qualificati e si accettano più di frequente posti di lavoro con salari più bassi, in nero o irregolari.

Un ulteriore fattore da considerare per spiegare queste disparità è il costo della vita, generalmente più elevata al Nord piuttosto che al Sud.

Confrontando i dati del 2022 con quelli del 2012, si evince un aumento di almeno il 10% dei salari medi in quasi tutte le regioni in un decennio.

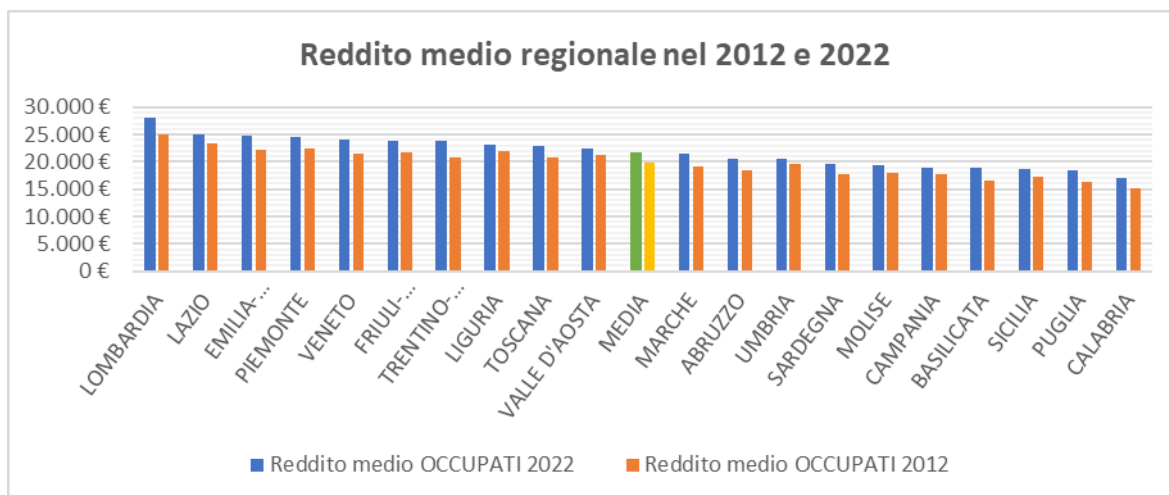


Figura 2.13: Reddito medio regionale nel 2012 e nel 2022.

La Figura 2.14 mostra, invece, i redditi medi regionali distinguendo fra lavoratori dipendenti e autonomi.

Per i dipendenti valgono le considerazioni generali fatte in precedenza. Invece, al primo posto per reddito dei lavoratori autonomi si ha il Trentino-Alto Adige con quasi 80 mila euro annuali, seguito da Lombardia (76,7 mila euro) e Veneto (71 mila euro). Il salario medio dei lavoratori autonomi è oltre il doppio del corrispettivo stipendio medio da dipendente.

Concentrandosi invece sull'evoluzione dei redditi nelle diverse macroaree, i lavoratori dipendenti del Nord hanno goduto di maggiori aumenti salariali e di condizioni economiche più favorevoli rispetto al resto d'Italia fino al 2019 (Figura 2.15), sebbene ci siano stati anni di espansione e contrazione su tutto il territorio nazionale. Il Meridione ha tuttavia mostrato una ripresa salariale più marcata tra il 2020 e il 2022 rispetto al Nord. Ciononostante, il Nord-Est è stata comunque la macroarea ad aver avuto il maggior aumento degli stipendi (+12%) nel decennio di riferimento, mentre il Centro Italia si è fermato al +7%.

Per quanto riguarda i lavoratori autonomi (Figura 2.16), le prime variazioni significative sono iniziate a partire dal 2015 e sono state sempre positive (ad eccezione del 2020), nonché nettamente superiori rispetto a quelle dei dipendenti. Questo fenomeno può essere spiegato dal calo di lavoratori autonomi iniziato nel 2015. A differenza del caso precedente, il Sud Italia ha spesso primeggiato per maggiori variazioni dei redditi rispetto alle altre macroaree: i salari degli autonomi sono aumentati dell'85% al Sud, 80% al Centro e 74% al Nord tra il 2012 e il 2022.

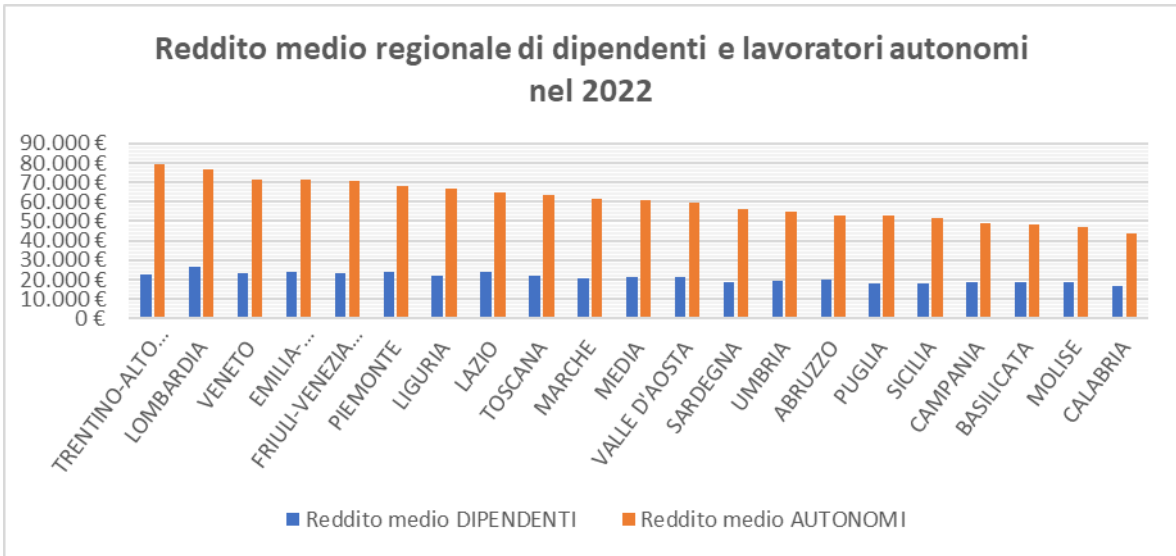


Figura 2.14: Reddito medio regionale di dipendenti e lavoratori autonomi nel 2022.

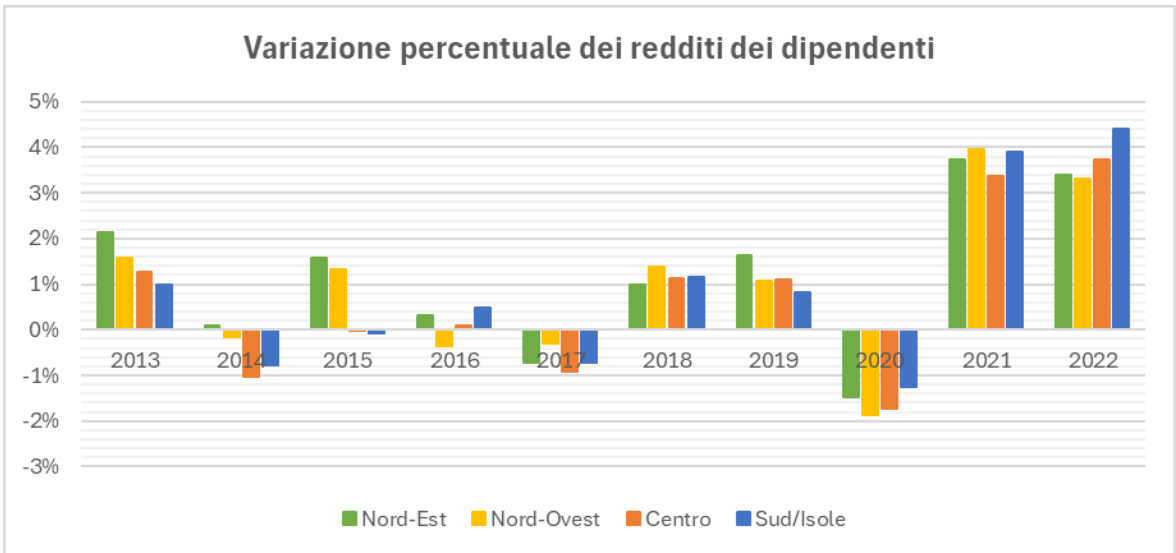


Figura 2.15: Variazione % dei redditi dei dipendenti per ciascuna macroarea

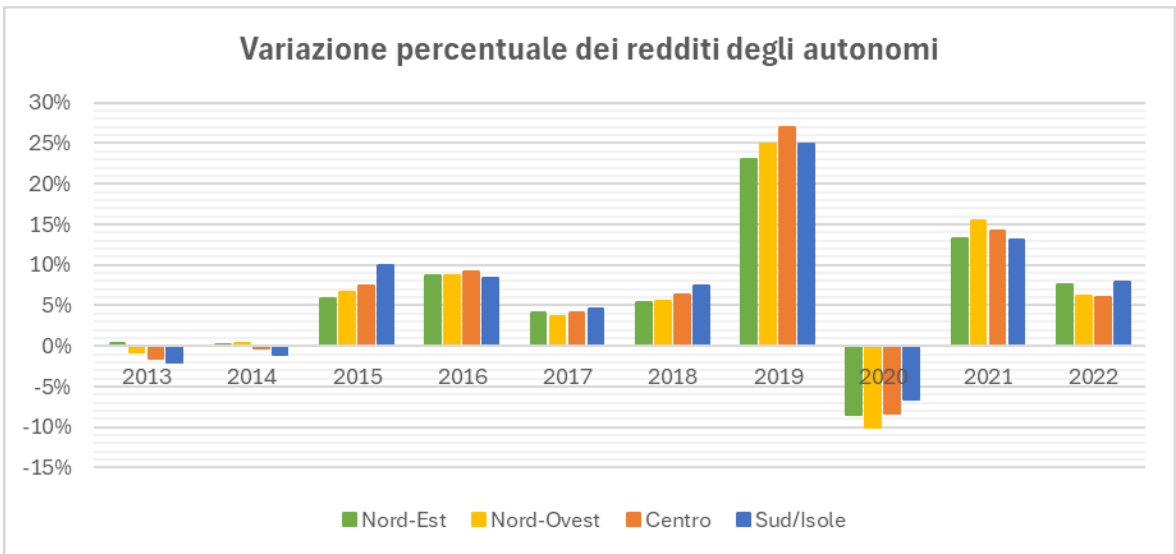


Figura 2.16: Variazione % dei redditi dei dipendenti per ciascuna macroarea

In aggiunta, il MEF propone una suddivisione dei contribuenti italiani in diverse fasce di reddito. Tuttavia, non tiene solamente conto dei dipendenti e lavoratori autonomi, bensì di tutte le tipologie di contribuenti.

Ai fini dell'analisi, questa classificazione offre comunque una panoramica della distribuzione dei redditi tra la popolazione italiana. Come mostrato in Figura 2.17, tale distribuzione è tutt'altro che omogenea. La maggior parte dei contribuenti ha dichiarato un reddito annuo inferiore ai 26 mila euro.

Secondo i dati ISTAT più recenti, la soglia di povertà è fissata a circa 16,2 mila euro, suggerendo che mediamente il 43% dei contribuenti sia stato a rischio povertà nel decennio analizzato. I lavoratori con reddito inferiore a 15 mila euro sono diminuiti con un tasso medio annuo del -1,6% tra il 2012 e il 2022, mentre quelli con reddito compreso tra 15 e 26 mila euro dello -0,2%.

Al contrario, si è assistito a un aumento dei contribuenti con reddito superiore a 26 mila euro, soprattutto nelle fasce più alte della popolazione: la fascia con il maggior tasso di crescita annuo è proprio quella dei lavoratori con reddito superiore a 120 mila euro, cresciuta di circa il 5,5% ogni anno, seguita dalle fasce di reddito tra 75 e 120 mila euro e tra 26 e 55 mila euro (+3,6% annui per entrambe).

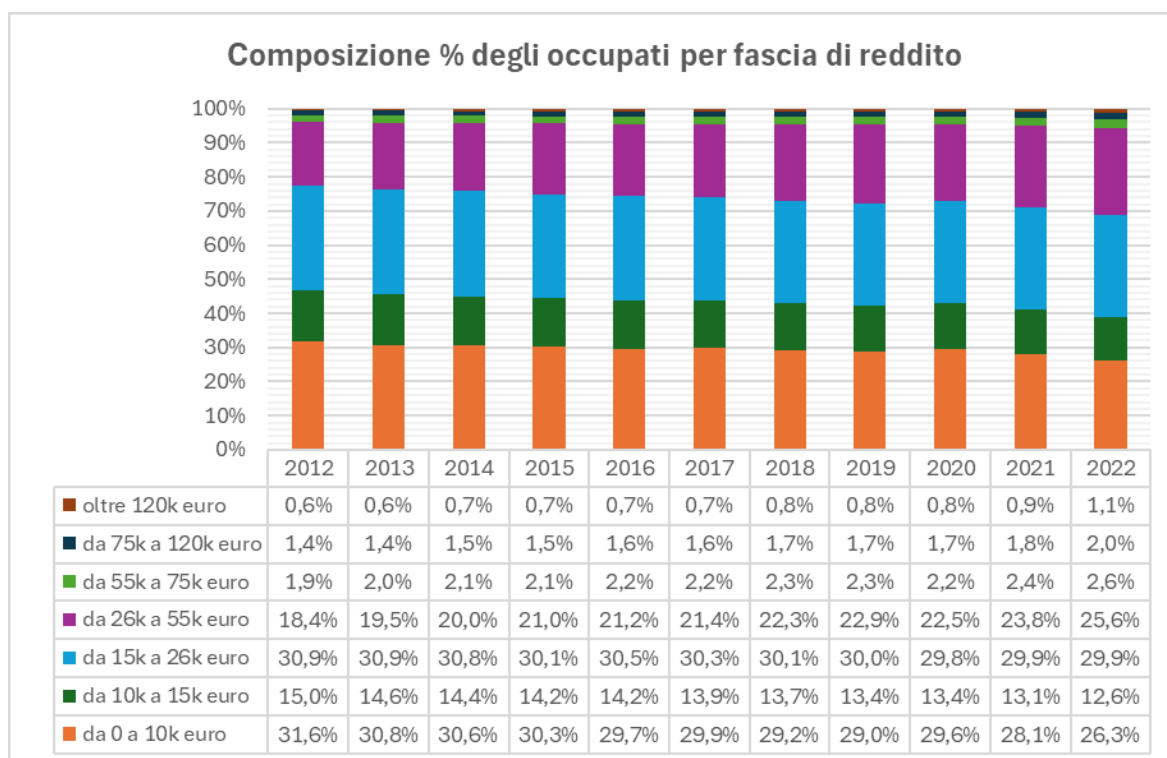


Figura 2.17: Composizione % dei contribuenti italiani per fasce di reddito.

Confrontando l'andamento dei redditi medi di ogni fascia tra il 2012 e il 2022, si possono fare alcune considerazioni. Come mostrato in Figura 2.18, si nota che, mediamente, i contribuenti appartenenti alla fascia di reddito più elevata hanno goduto di un forte incremento dei loro salari, mentre coloro che appartengono alla fascia di reddito più bassa hanno visto un peggioramento della propria situazione economica. I lavoratori residenti al Nord con reddito dichiarato inferiore ai 10 mila euro hanno registrato una maggiore riduzione del proprio salario medio rispetto al Sud. Al contrario, il salario medio della fascia di reddito più alta è aumentato maggiormente al Nord-Est (+8%) e Nord-Ovest (+7%). Nel complesso, i redditi delle fasce intermedie sono cresciuti o rimasti stabili, con impatti più marcati al Nord per la fascia 15-26 mila euro, e al Sud per la fascia 26-55 mila euro. Questi dati indicano un crescente divario economico, con un aumento delle disuguaglianze in tutte le aree del paese.

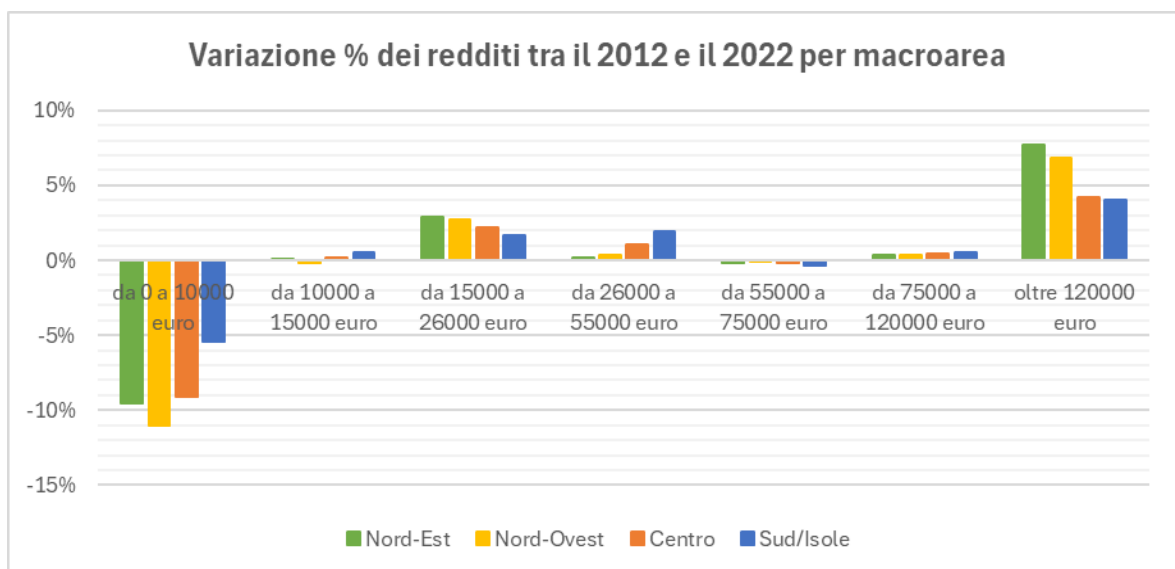


Figura 2.18: Variazione percentuale dei salari medi di ogni fascia tra il 2012 e il 2022.

2.3 Analisi della diffusione della banda ultra-larga sul territorio italiano

L'analisi della diffusione della fibra è iniziata con l'aggregazione di dati provenienti da diverse fonti in un unico dataset: le informazioni di diffusione della fibra rese disponibili da Telecom Italia, relative al periodo 2012-2019, sono state integrate con dati provenienti da Infratel e Open Fiber che coprono il periodo 2020-2022.

La diffusione della banda ultra-larga in fibra ha avuto inizio nel 2015, in seguito all'entrata in vigore della *Strategia Italiana per la Banda Ultra-larga*, che incorpora i principali obiettivi dell'Agenda Digitale Europea per il 2020.

Analizzando il numero di comuni coperti da infrastrutture a banda ultra-larga (Figura 2.19) e la relativa popolazione residente (Figura 2.20), si può osservare che, già dal primo anno, 1026 comuni erano raggiunti da tali tecnologie. Sebbene corrispondano solo al 13% dei comuni totali presenti nel campione, circa 33 mln di italiani erano residenti in questi comuni, equivalenti al 56% della popolazione.

Questo dato prova che gli operatori incaricati del roll-out della fibra come Telecom Italia, e successivamente Open Fiber, hanno dato priorità alla copertura delle aree urbane e maggiormente popolate, in cui vi era una maggiore domanda e, di conseguenza, una maggiore redditività. Si assiste a una forte crescita del numero di comuni coperti fino al 2017, anno in cui Infratel ha indetto i primi due bandi di gara, entrambi vinti da Open Fiber, per la realizzazione di reti a banda ultra-larga nelle aree bianche, costituite principalmente da comuni poco densamente popolati e situati in aree rurali.

Tra il 2015 e il 2017 Telecom Italia ha investito prevalentemente in soluzioni FTTC che, sfruttando le infrastrutture preesistenti, le hanno permesso di raggiungere alti livelli di copertura in tempi molto più rapidi, raggiungendo 3681 comuni nel 2017, corrispondenti a circa l'88% della popolazione.

Al contrario, l'operatore Open Fiber ha investito esclusivamente in infrastrutture FTTH negli anni successivi, portando la copertura mediamente in circa 540 comuni ogni anno.

Nel 2022, 5475 località erano ormai raggiunte dalla fibra, con una popolazione residente di circa 54,8 mln, ovvero il 94% della popolazione nazionale.

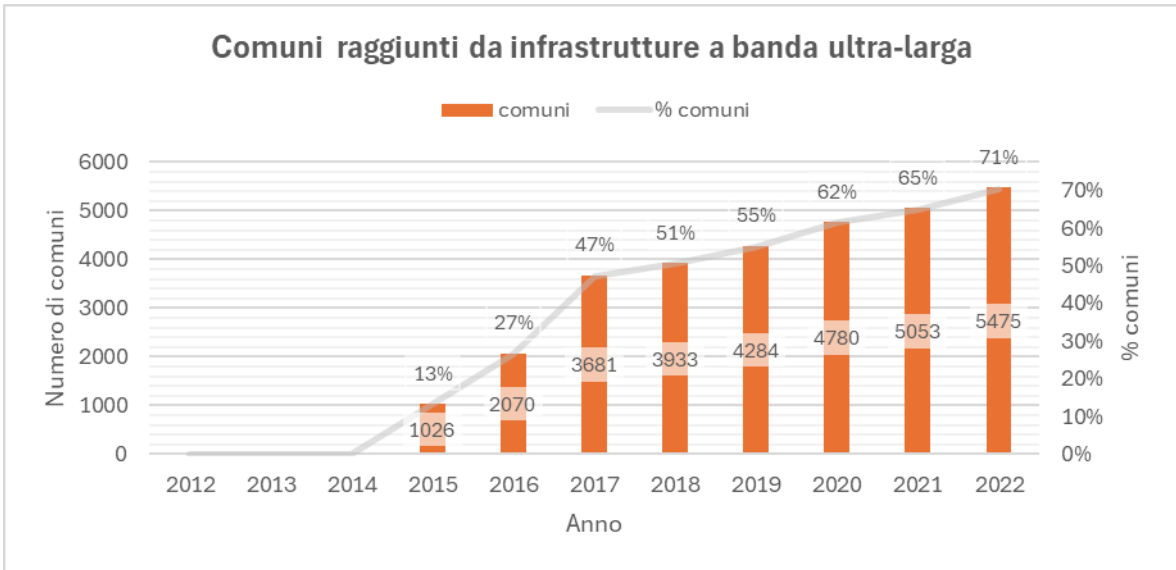


Figura 2.19: Comuni coperti da infrastrutture a banda ultra-larga e relativa percentuale tra il 2012 e il 2022

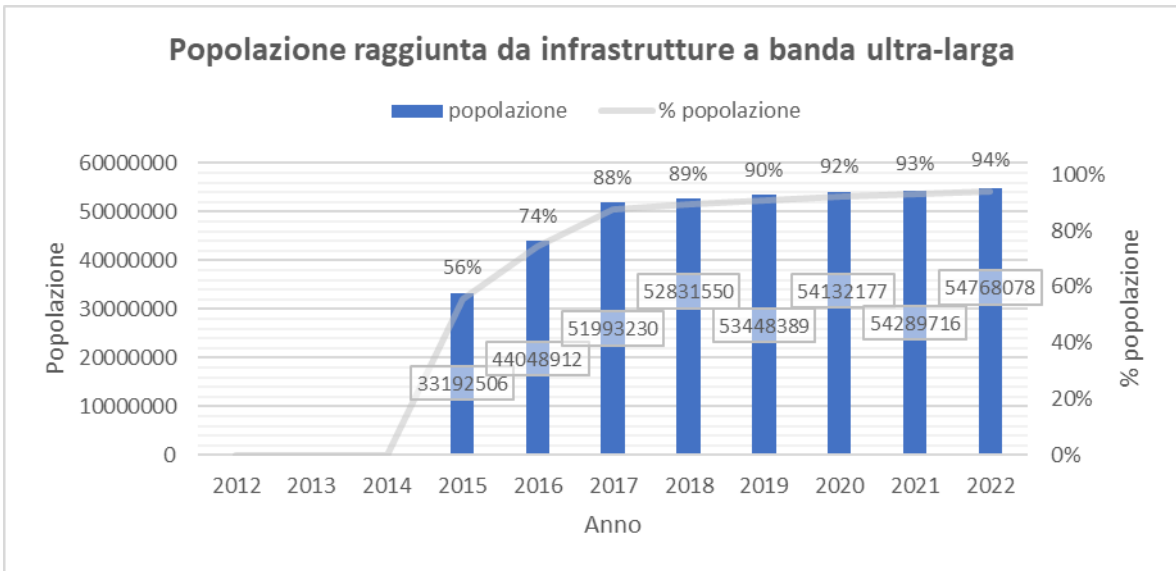


Figura 2.20: Popolazione e percentuale di popolazione raggiunta da infrastrutture a banda larga tra il 2012 e il 2022.

La diffusione delle soluzioni FTTH è iniziata più tardi rispetto alle altre tecnologie UBB e ha raggiunto un numero più limitato di abitanti. Il periodo tra il 2017 e il 2019 ha visto una crescita piuttosto lenta del numero di comuni coperti: sono state raggiunte solo 107 località il primo anno, 174 quello successivo e 479 nel 2019 (Figura 2.21), corrispondenti a circa 22,2 mln di residenti, pari al 38% della popolazione (Figura 2.22).

Dal 2019 in poi si assiste a una forte crescita del numero di comuni coperti: le connessioni FTTH hanno raggiunto 1405 comuni nel 2020, 1862 nel 2021 e 3238 nel 2022, coprendone così il 42% del campione. In termini di popolazione, hanno raggiunto quasi la metà della

popolazione nel 2021, mentre nel 2022 poco più di 43 mln di italiani risiedevano in comuni coperti da questa tecnologia, ovvero il 74% della popolazione.

Nonostante Telecom Italia abbia investito maggiormente in infrastrutture FTTC, ha investito anche in soluzioni FTTH. L'analisi dei dati dimostra che la totalità di connessioni FTTH del 2017 erano di proprietà di Telecom e, come mostrato in Figura 2.23, hanno interessato quasi esclusivamente aree nere o grigie. Negli anni successivi, la percentuale di aree bianche coperte sulle aree totali è aumentata, soprattutto grazie agli investimenti di Open Fiber, dedicati quasi esclusivamente a queste aree. Nel 2022 circa 3 su 4 tra i comuni raggiunti da connessioni FTTH erano aree bianche, mentre solo il 25% apparteneva ad aree nere o grigie.

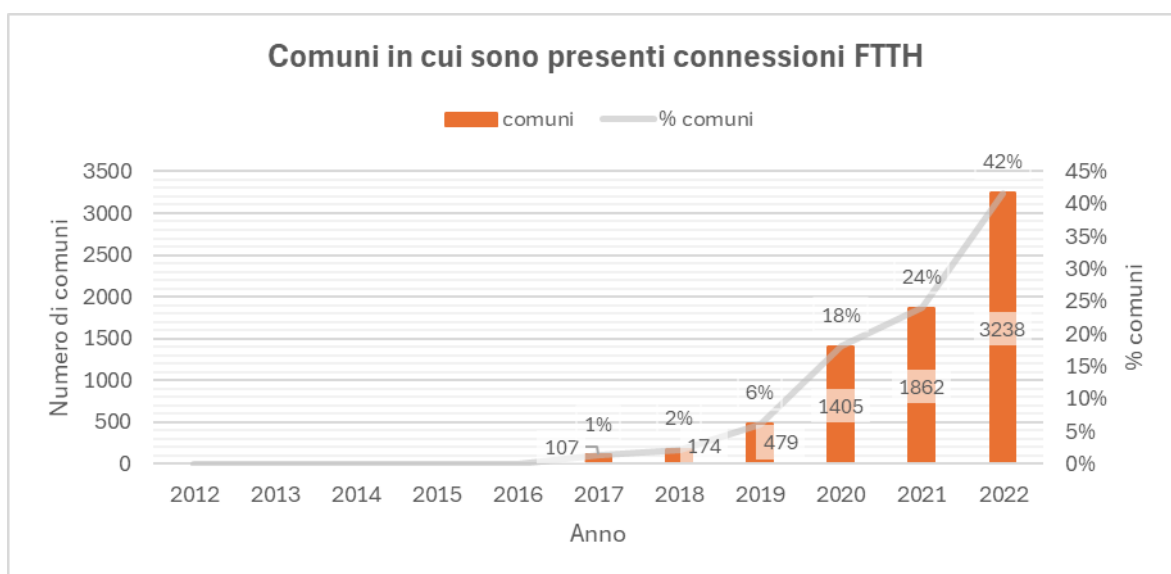


Figura 2.21: Comuni che presentano connessioni FTTH.

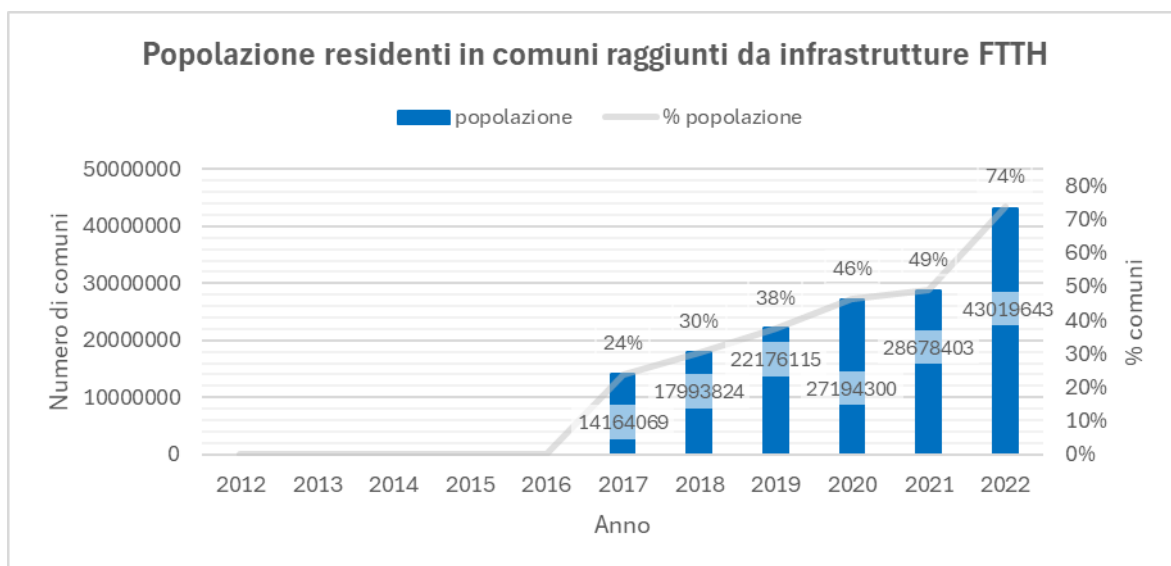


Figura 2.22: Popolazione residente in comuni raggiunti da connessioni FTTH.

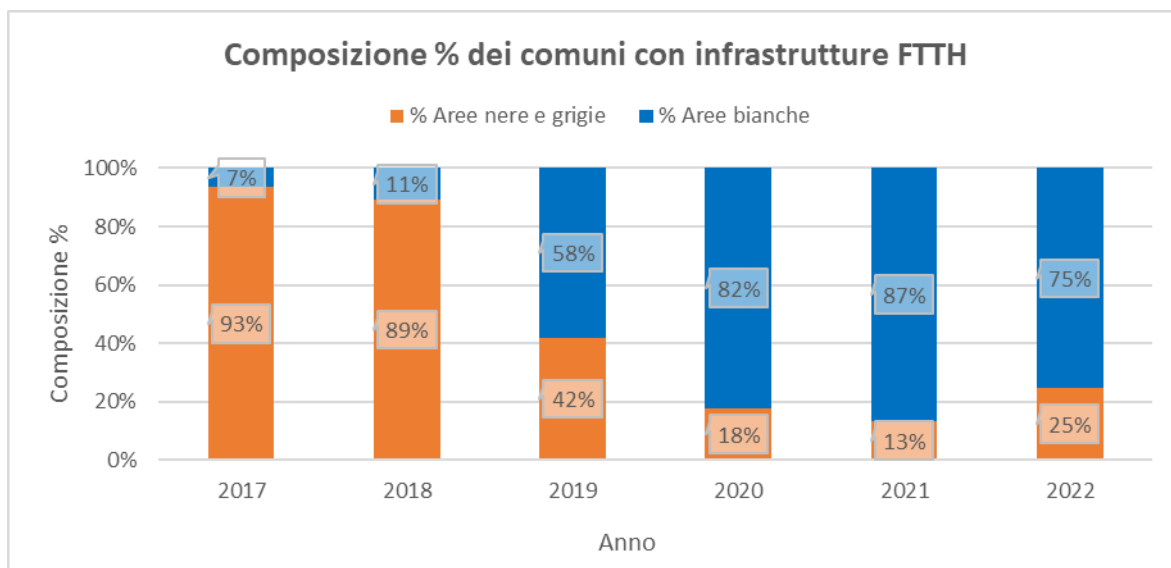


Figura 2.23: Composizione percentuale dei comuni raggiunti da infrastrutture FTTH distinguente fra aree bianche e aree nere o grigie dal 2017 al 2022.

Spostando l'analisi a livello territoriale, notiamo che la diffusione della banda ultra-larga non è avvenuta in modo omogeneo in tutte le regioni: secondo i dati del 2022, la regione con più comuni raggiunti dalla banda ultra-larga è la Lombardia, che conta 962 comuni, seguita da Piemonte (529) e Veneto (484). Al contrario, le regioni con il minor numero di comuni connessi sono la Valle d'Aosta, con soli 36 comuni, e l'Umbria con 84. A titolo di confronto, la Figura 2.24 mostra che la regione maggiormente coperta all'inizio della diffusione era la Calabria, con 242 comuni, seguita da Campania (167) e Sicilia (108). La Lombardia, invece, era solo al sesto posto, il Piemonte all'undicesimo e il Veneto al quarto, sottolineando il diverso livello di investimenti in ciascuna regione tra il 2015 e il 2022.

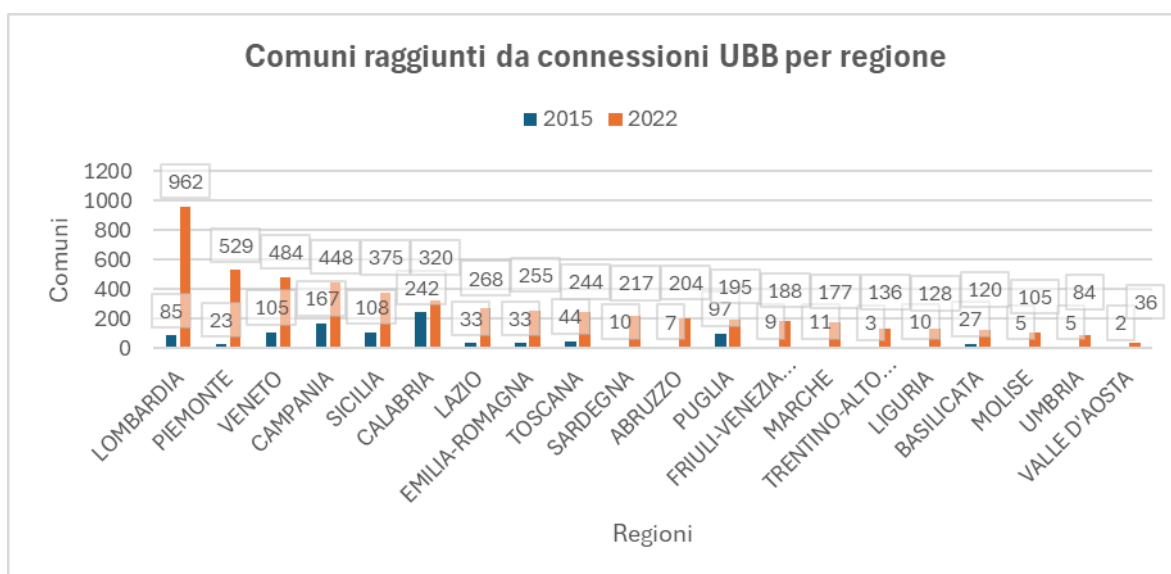


Figura 2.24: Comuni raggiunti da infrastrutture UBB per ciascuna regione

Tuttavia, se si rapportano i comuni coperti dall'UBB con quelli totali presenti in ciascuna regione, si ottengono risultati ulteriormente differenti. Questo approccio permette di individuare in modo più immediato quali sono le regioni maggiormente coperte da reti NGA e quelle che necessitano di ulteriori investimenti per raggiungere gli obiettivi imposti dalle politiche nazionali.

I dati più aggiornati, riferiti al 2022, mostrano che la Sicilia primeggia con il 96% dei comuni coperti dall'UBB, seguita dalla Toscana con il 94% e dalla Basilicata con il 92%. All'ultimo posto in classifica ritroviamo invece il Piemonte che presenta la copertura regionale più bassa (46%), per cui una possibile spiegazione può risiedere nel numero decisamente elevato di comuni presenti nella regione. Il Piemonte conta infatti 1158 comuni, secondo solo alla Lombardia che ne conta 1473. Al contrario, la Sicilia e la Toscana, che primeggiano in termini di copertura, ne contano solamente 390 e 259.

La Valle d'Aosta costituisce invece un caso particolare: solo 36 dei suoi 74 comuni erano raggiunti da reti NGA nel 2022, raggiungendo una copertura del 49%.

La Figura 2.25 costituisce una rappresentazione grafica della significativa disparità di copertura tra le diverse regioni.

Percentuale di comuni con copertura UBB per regione

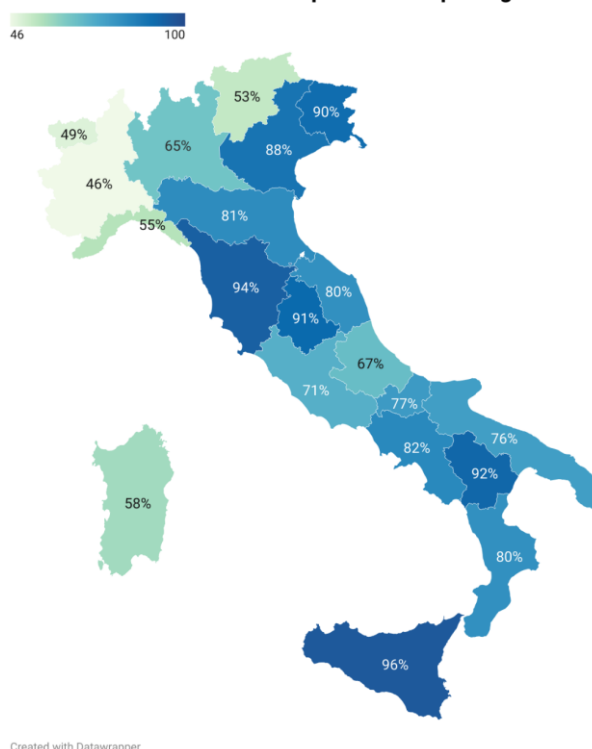


Figura 2.25: Percentuale di comuni coperti dall'UBB per ciascuna regione

Analizzando solo le soluzioni FTTH, le regioni che nel 2022 presentavano il maggior numero di comuni coperti restano le stesse appena presentate in riferimento alla banda ultra-larga, seppur con numeri più contenuti. Nello specifico, la Figura 2.26 mostra che la Lombardia si conferma al primo posto con 498 comuni coperti, seguita da Piemonte (392) e Veneto (318). Tuttavia, è doveroso sottolineare una sostanziale disparità di copertura fra le diverse regioni: si passa dal 74% in Friuli-Venezia Giulia e il 72% in Umbria, fino ad appena il 15% in Calabria e addirittura solo il 6% in Sardegna.

Confrontando i risultati con i dati del primo anno di diffusione, ovvero il 2017, la regione con più connessioni risultava essere la Campania, con 76 comuni, un numero decisamente elevato considerando che tutte le altre regioni disponevano al massimo di 4 località con infrastrutture di questo tipo.

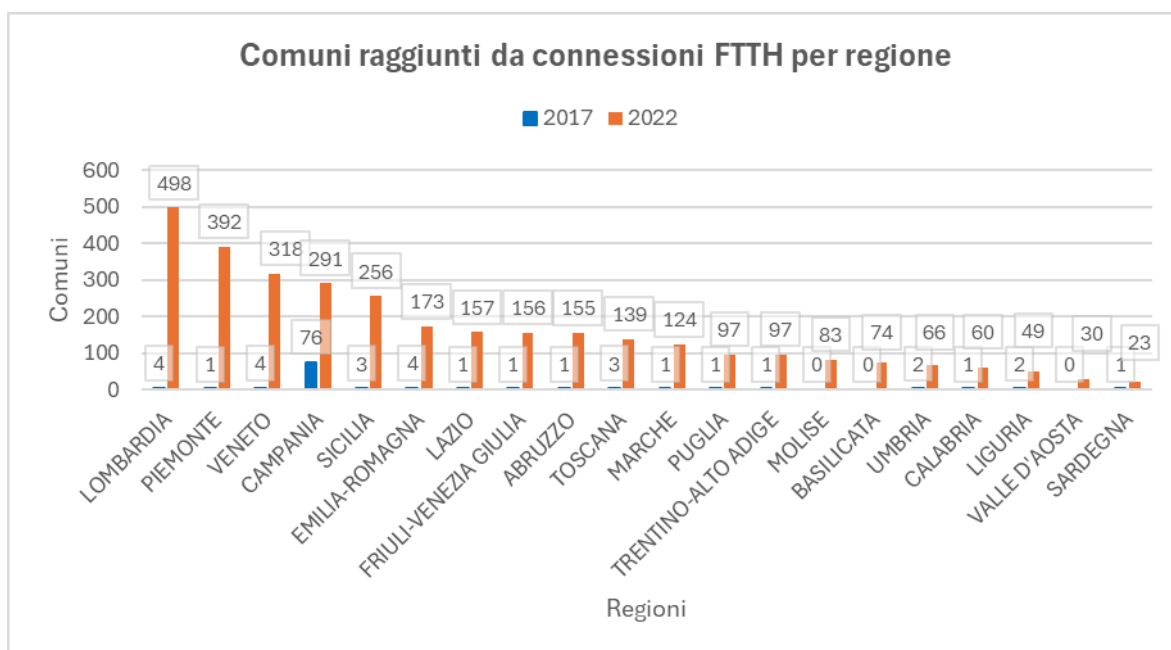


Figura 2.26: Comuni raggiunti da connessioni FTTH suddivisi per regione tra il 2017 e il 2022.

Per valutare se la diffusione della fibra sia stata favorita in specifiche aree del Paese piuttosto che in altre, i dati del dataset sono stati rielaborati e suddivisi per macroaree geografiche.

Come mostrato in Figura 2.27, il Sud ha goduto di un maggiore impulso iniziale rispetto alle altre aree. Solo nel primo anno di diffusione sono stati raggiunti 663 comuni del Mezzogiorno, mentre al Nord 270 comuni. Il Centro Italia è l'area che ha registrato gli investimenti minori, con infrastrutture che hanno coperto solo 93 località.

Il preesistente divario digitale tra Nord e Sud Italia del 2015 ha reso, infatti, il Meridione oggetto di priorità per lo sviluppo di infrastrutture a banda ultra-larga, supportato in parte da finanziamenti pubblici. Telecom Italia si era aggiudicata tutti i bandi di gara indetti dal MISE per lo sviluppo di infrastrutture di rete in Molise, Lazio, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria e Sicilia, allineando, grazie a questo intervento, il Sud alle aree più sviluppate d'Europa in termini di penetrazione della banda ultra-larga¹³: la Figura 2.28 mostra che più della metà dei comuni italiani coperti si trovava al Sud.

Con la vittoria di Open Fiber delle prime due gare per le aree bianche nel 2017, si assiste a una rapida crescita della disponibilità di UBB nel Nord-Ovest, seguito dal Nord-Est e dal Centro. Tuttavia, il Sud ha mantenuto il primato per numero di comuni raggiunti dalla fibra su tutto il periodo di analisi. Secondo gli ultimi dati disponibili, 1984 comuni del Sud disponevano della banda ultra-larga, pari al 36% del campione, 1655 erano del Nord-Ovest (30%), 1063 del Nord-Est (19%), 1063 del Nord-Est (19%) e, infine, 773 comuni del Centro (14%).

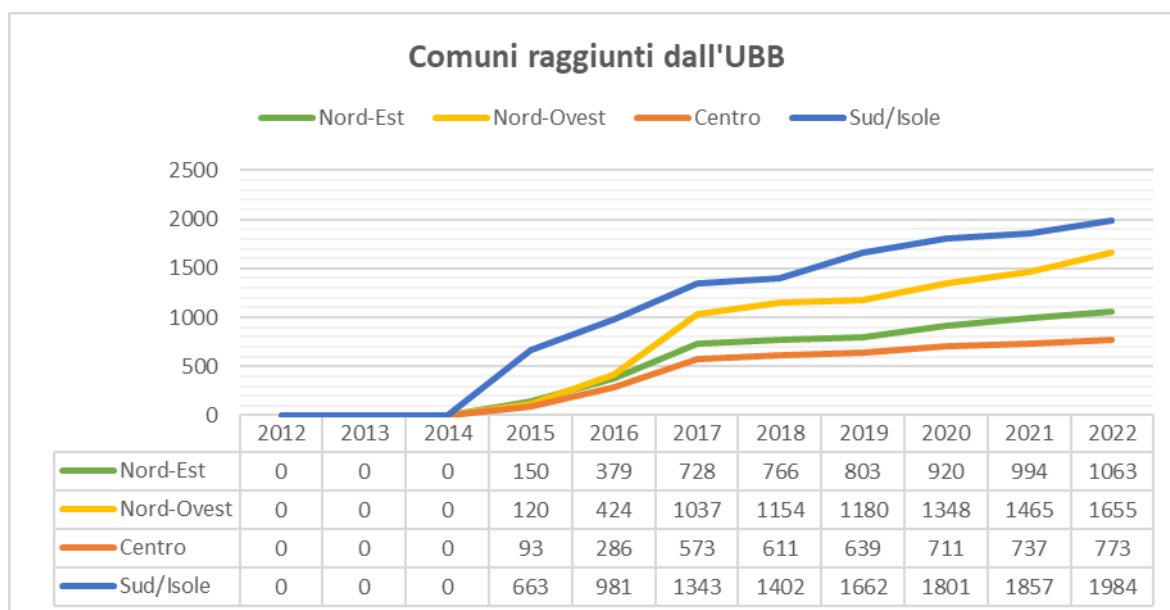


Figura 2.27: Comuni raggiunti da infrastrutture a banda ultra-larga suddivisi per aree geografiche tra il 2012 e il 2022.

¹³ Fonte: "Telecom Italia: con partnership pubblico-privato investiti 750 mln al centro-sud", Gruppo TIM, 2015.

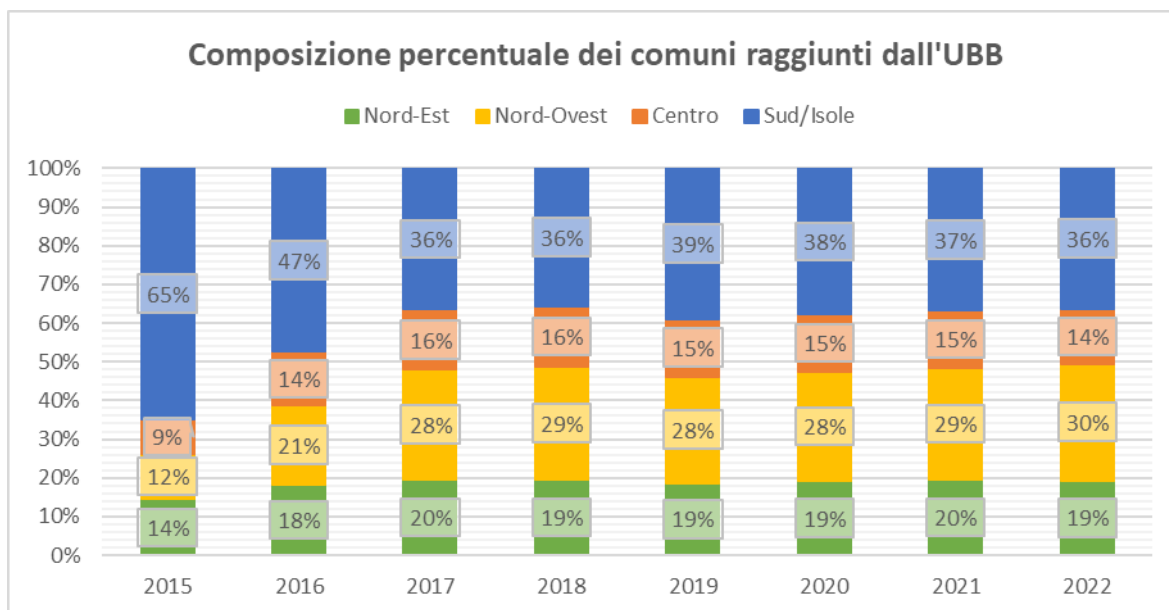


Figura 2.28: Composizione percentuale dei comuni raggiunti dalla banda ultra-larga distinguendo per aree geografiche.

Ripetendo l'analisi con focus ristretto sulle soluzioni FTTH, i grafici delle Figure 2.29 e 2.30 mostrano che la penetrazione di tali tecnologie abbia inizialmente interessato soprattutto il Sud. Nel 2017 la stragrande maggioranza dei comuni coperti si trovava nel Mezzogiorno, mentre le restanti infrastrutture erano distribuite in modo pressoché omogeneo tra le aree del Nord e del Centro.

Tuttavia, già nell'anno successivo la maggiore crescita di comuni coperti si è registrata nel Nord-Ovest, la cui quota è passata dal 7% al 24% di tutte le connessioni nazionali.

Dopo il terzo bando di gara e con l'avvento della pandemia, si assiste ad un'accelerata della diffusione: solo nel 2020 sono stati raggiunti poco più di 1400 comuni, di cui circa un terzo al Sud e un quarto al Nord-Ovest.

Inoltre, i dati più recenti del dataset mostrano che le infrastrutture FTTH hanno raggiunto 3238 comuni dei 7765 del campione, portando la copertura nazionale al 42%. Il 62% di essi si concentra al Sud e al Nord-Ovest, mentre il 23% si trova al Nord-Est e il 15% al Centro.

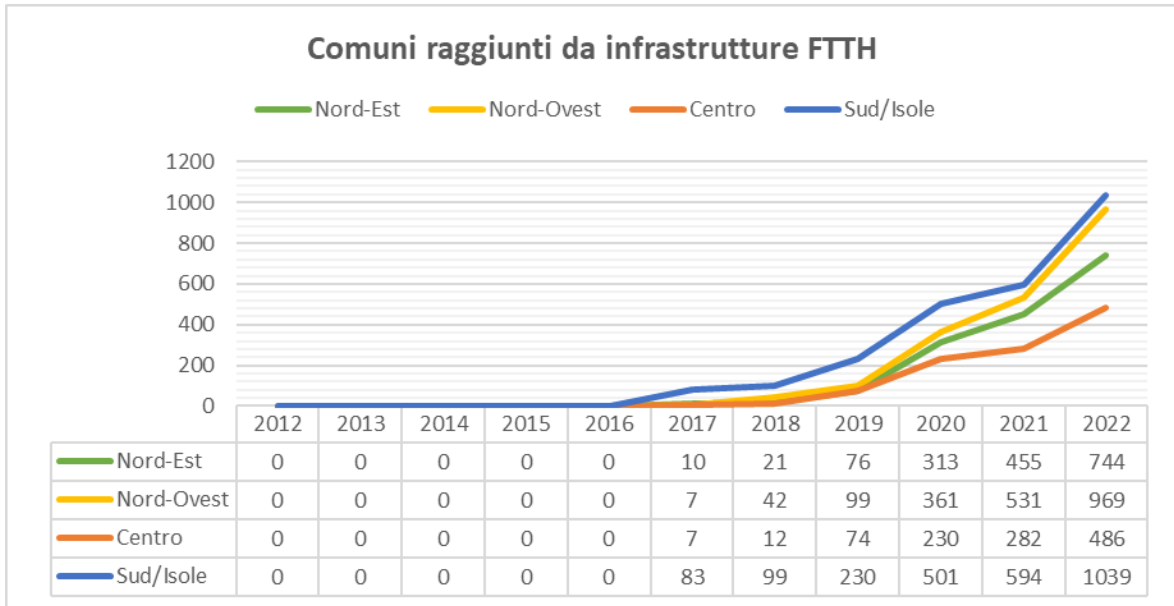


Figura 2.29: Comuni raggiunti da infrastrutture FTTH suddivisi per aree geografiche tra il 2012 e il 2022.

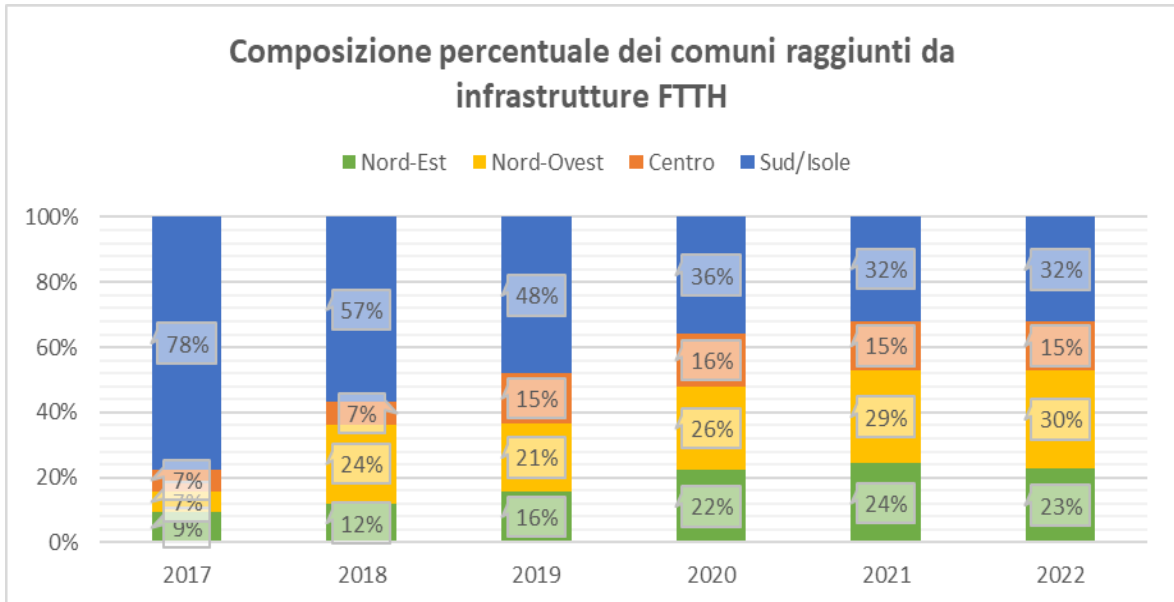


Figura 2.30: Composizione percentuale dei comuni raggiunti da infrastrutture FTTH distinguendo per aree geografiche.

In conclusione, i dati presentati nella seguente analisi forniscono una panoramica delle percentuali di copertura per diverse velocità di connessione in ciascun comune, indipendentemente dalla tecnologia utilizzata per erogare il servizio.

Le informazioni disponibili si riferiscono esclusivamente all'anno 2021 e, pertanto, non sono integrate nel dataset che sarà utilizzato nelle regressioni. Ciononostante, questi dati forniscono un quadro piuttosto recente della disponibilità di diverse velocità di connessione, permettendo di identificare le zone dove la connettività ultra-veloce è già ben sviluppata e quelle che necessitano di ulteriori investimenti infrastrutturali.

Per ciascun comune sono note le percentuali di unità immobiliari (UI) con velocità di connessione attese pari o superiori alle tre seguenti soglie: 30 Mbps, 100 Mbps e 1 Gbps. Per facilitare lo studio, le coperture sono state clusterizzate in 4 fasce: 0%-25%, 25%-50%, 50%-75% e, infine, 75%-100%.

Partendo da un'analisi a livello nazionale, la Figura 2.31 evidenzia che, come previsto, la penetrazione di connessioni con velocità superiori a 30 Mbps è mediamente più alta rispetto alle altre velocità. Il 43% dei comuni (circa 3300) presenta una copertura della banda larga piuttosto bassa, inferiore al 25%. Circa il 30% delle località italiane gode di una copertura compresa fra il 25% e il 75%, mentre il restante 27% dei comuni (2077) gode di una copertura quasi completa, con oltre 75% di UI servite.

Un dato interessante che emerge è la distribuzione simile a una "U" dei comuni in relazione alla copertura dell'UBB, sottolineando una distribuzione disomogenea delle infrastrutture e un netto divario digitale, con comuni altamente coperti e altri con copertura minima. Tuttavia, i progetti relativi alla connettività sul territorio nazionale sono ancora in fase di esecuzione e si ipotizza che questo divario si riduca col tempo. Altri aspetti che si possono considerare sono la priorità degli operatori a coprire le zone maggiormente popolate, e quindi redditizie, nonché l'utilizzo di tecnologie differenti: le soluzioni che garantiscono velocità superiori ai 30 Mbps sono diverse e alcune di esse permettono di raggiungere alte coperture in tempi molto brevi.

Diversa è la situazione per le velocità superiori a 100 Mbps e 1 Gbps, le quali presentano un numero di comuni decrescente all'aumentare della copertura. Questo è particolarmente evidente per velocità superiori a 1 Gbps, dimostrando che il raggiungimento di alte velocità di connessione richieda ingenti investimenti, specialmente se si vogliono raggiungere coperture elevate.

Per velocità superiori a 100 Mbps, il 56% dei comuni italiani (circa 4330) ha meno del 25% di UI coperte. Questa percentuale sale all'84% per velocità superiori a 1 Gbps, pari a 6495 comuni.

Le località con una copertura elevata sono davvero poche: solo 226 (3%) godono di alte coperture da tecnologie che garantiscono velocità di connessione superiori a 100 Mbps e solo 101 (1%) sono coperte da velocità superiori a 1 Gbps.

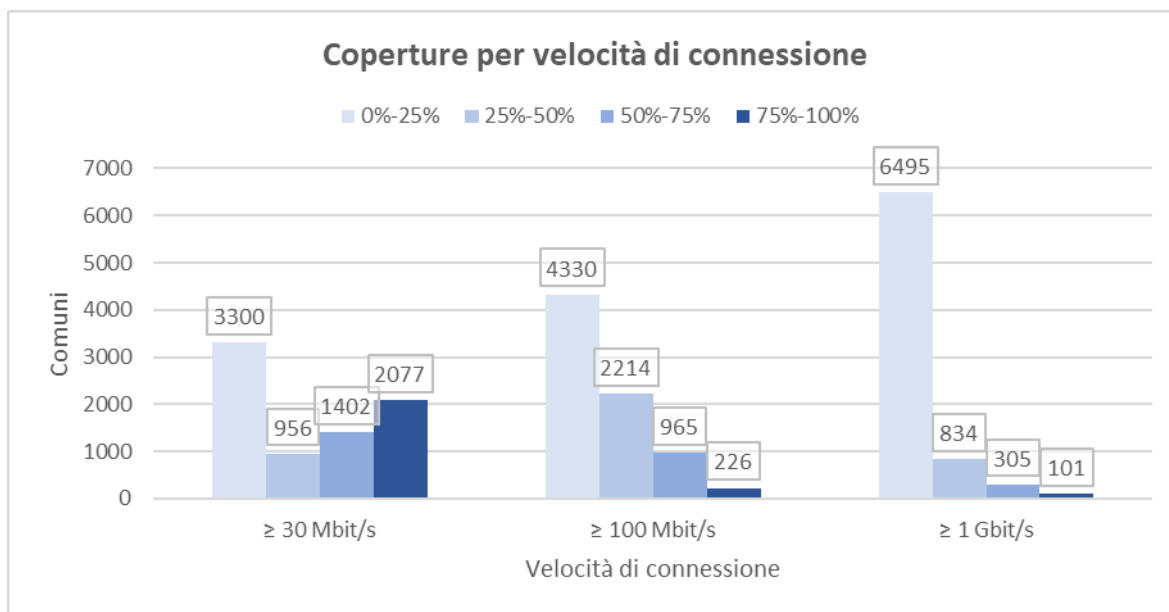


Figure 2.31: Numero di comuni coperti da velocità di connessione superiori a 30, 100 e 1000 Mbps per ciascuna classe di copertura.

Dopo aver esaminato il quadro generale, può essere interessante approfondire l'analisi considerando le differenze territoriali.

Mantenendo l'attenzione sulle velocità di connessione superiori a 30 Mbps, la Figura 2.32 mostra che il Meridione è la macroarea ad avere il maggior numero di comuni con coperture superiori al 75%, con ben 1095 comuni. Seguono il Nord-Ovest con 574, il Nord-Est con 254 e, infine, il Centro con 154. Nonostante sia la seconda macroarea con più comuni altamente coperti, il Nord-Ovest è anche la regione con più località a bassa copertura, seguito a sua volta dal Sud, Nord-Est e Centro. Questo divario può trovare spiegazione nel fatto che il Nord-Ovest comprende la prima e seconda regione con il maggior numero di comuni, molti dei quali situati in aree metropolitane, mentre altri sono situati in aree poco popolate o con difficile accesso fisico per le infrastrutture, limitandone la diffusione.

Spostando l'attenzione sulle velocità superiori a 100 Mbps, tutte le macroaree mostrano un numero di comuni decrescente all'aumentare della copertura. Anche in questo caso, il Nord-Ovest ha il maggior numero di comuni con poche o nessuna UI coperta, seguito dal Sud, Nord-est e Centro. I comuni maggiormente coperti si trovano al Sud, seguito dal Nord-Ovest, dal Nord-Est e dal Centro e questa tendenza vale per ciascuna classe con copertura superiore al 25% (Figura 2.33).

Infine, la Figura 2.34 mostra i comuni coperti da infrastrutture che garantiscono velocità superiori a 1 Gbps, ad esempio le soluzioni FTTH e FTTB. Come previsto, i comuni con più del 50% di UI che possono raggiungere tali velocità sono pochi: a livello nazionale sono appena 406, pari al 5% del campione. Di questi, circa la metà sono situati al Nord-Ovest, 124 sono situati nel Nord-Est, 59 al Sud e appena 22 in Centro Italia. Il restante 95% dei comuni presenta una copertura inferiore al 50%.

Approfondendo ulteriormente, l'84% dei comuni presenti nel campione, pari a circa 6500, presenta una copertura inferiore al 25% o addirittura nulla per velocità superiori a 1 Gbps.

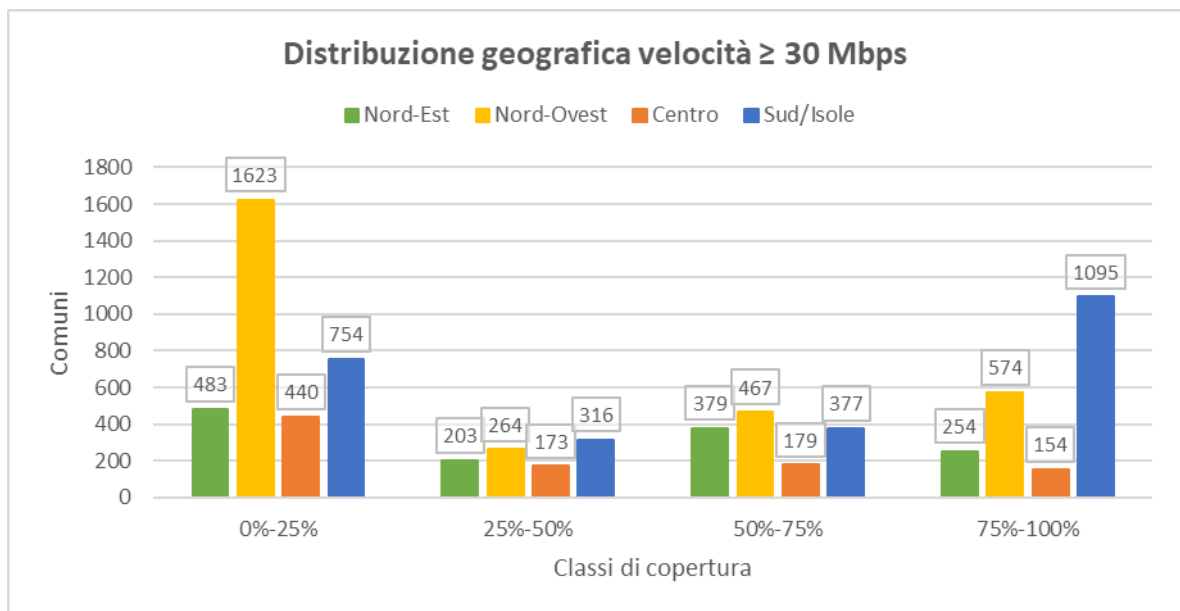


Figure 2.32: Comuni coperti da velocità di connessione ≥ 30 Mbps suddivisi per macroaree e classi di copertura

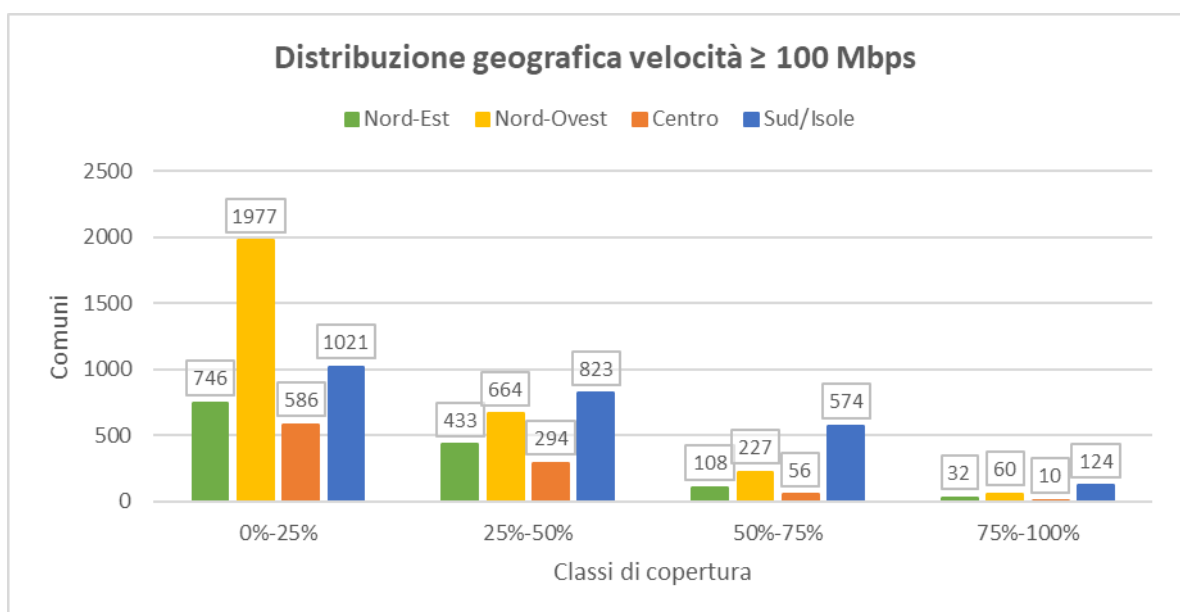


Figure 2.33: Comuni coperti da velocità di connessione ≥ 100 Mbps suddivisi per macroaree e classi di copertura

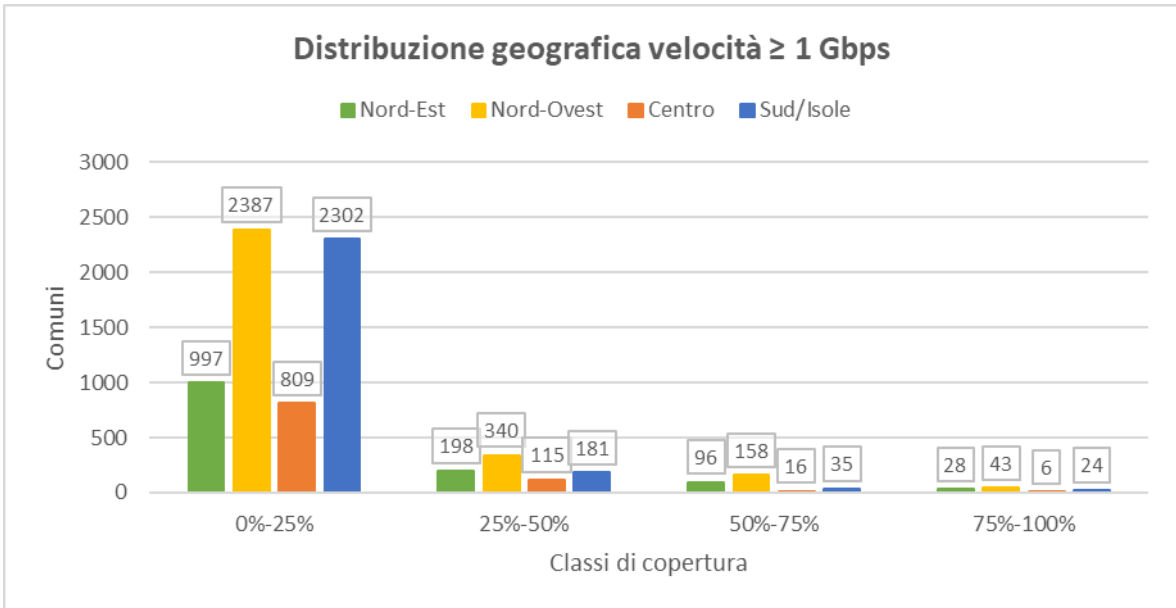


Figure 2.34: Comuni coperti da velocità di connessione ≥ 1 Gbps suddivisi per macroaree e classi di copertura

CAPITOLO 3

ANALISI ECONOMETRICA

Il presente capitolo è dedicato allo svolgimento di diverse analisi di regressione, con l'obiettivo di verificare l'esistenza di un effetto causale tra la presenza della banda ultra-larga e il mercato del lavoro e, se necessario, stimarne l'entità.

Le analisi sono state sviluppate grazie all'utilizzo di diversi modelli econometrici che hanno messo in relazione due o più variabili tramite una funzione e ne hanno stimato i parametri a partire dai dati campionari le cui statistiche sono state presentate nel capitolo precedente.

Si è partiti da un modello OLS con un'equazione lineare a singola variabile binaria, relativa alla presenza dell'UBB, a cui è stata successivamente aggiunta un'ulteriore variabile relativa alla presenza di connessioni FTTH. Infine, queste regressioni sono state ripetute includendo all'interno dei modelli gli effetti fissi sui comuni e sugli anni.

L'applicazione di questi modelli ha permesso di valutare l'impatto della fibra sul numero di lavoratori, sul reddito complessivo e sul reddito pro capite per ciascuna delle seguenti categorie di lavoratori: occupati, dipendenti e lavoratori autonomi.

Le regressioni di questo capitolo sono state realizzate tramite il software Stata.

3.1 Metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS)

Il metodo dei minimi quadrati ordinari (Ordinary Least Squares, OLS) è il metodo più semplice e ricorrente in econometria per stimare i parametri di un modello di regressione lineare. Trova applicazione sia nelle regressioni semplici, che quantificano la relazione tra due variabili (una dipendente e una indipendente), che nelle regressioni multiple, dove si analizzano gli effetti di più variabili indipendenti contemporaneamente. In entrambi i casi, il metodo si basa su dati campionari per identificare le relazioni tra le variabili.

Nella forma più semplice di questi modelli, ovvero con un solo regressore, il metodo OLS stima l'effetto di una variazione della variabile indipendente X sulla variabile dipendente Y , assumendo una relazione lineare fra le due. Tale relazione è espressa dalla seguente formula matematica:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Dove:

- Y_i rappresenta la variabile dipendente;
- X_i rappresenta la variabile indipendente o regressore;
- $i = 1, 2, \dots, n$ si riferisce all' i -esima osservazione generica delle coppie di variabili $(X_i ; Y_i)$ tra le n osservazioni del campione da analizzare;
- β_0 è l'intercetta della retta di regressione, mentre β_1 è il coefficiente angolare. Entrambi costituiscono i parametri del modello da stimare, ma quello che gode di maggiore interesse è β_1 , in quanto fornisce l'informazione sull'effetto che una variazione unitaria di X ha sulla Y ;
- ε_i è il termine di errore o residuo e cattura tutte le variazioni di Y non spiegate da X , comprese le variabili omesse e gli errori di misura. Una volta costruita la retta di regressione, i residui sono calcolati come differenza tra il dato osservazionale e la sua proiezione sulla retta stessa.

Il metodo OLS permette di stimare i parametri β_0 e β_1 individuando la coppia $(\hat{\beta}_0 ; \hat{\beta}_1)$ che minimizza la somma dei quadrati dei residui, definiti come differenza tra la variabile dipendente Y_i e il valore stimato grazie alla retta di regressione $(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i)$:

$$\min \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \min_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1} \sum_{i=1}^n [Y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i)]^2 \quad (2)$$

Questo problema di minimizzazione può essere risolto tramite il calcolo differenziale e le formule risultanti che permettono di calcolare gli stimatori OLS della retta di regressione sono:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} = \frac{s_{XY}}{s_x^2} \quad (3)$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X} \quad (4)$$

È importante sottolineare che gli stimatori OLS $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ permettono di avere delle stime dei parametri veri della popolazione, ma, essendo calcolati su base campionaria, sono soggetti all'incertezza campionaria.

I *test di significatività* hanno lo scopo di comprendere se le relazioni tra variabili da noi stimate sul campione siano statisticamente significative. Una volta stabilito a priori il livello di significatività α (su Stata è fissato al 10%, 5% e 1%), si verifica l'ipotesi nulla che il parametro β sia uguale a zero contro l'ipotesi alternativa che sia diverso da zero. Nel caso in cui si rifiuti l'ipotesi nulla, il parametro β risulta significativamente diverso da zero e, pertanto, si può affermare che la variabile indipendente abbia un'influenza reale su quella dipendente, la cui entità dipende dal valore del parametro.

Per stabilire se sia possibile rifiutare o meno l'ipotesi nulla, si possono seguire le seguenti opzioni:

- *Statistica t*: una volta definito a priori il livello di significatività α , ovvero la probabilità di rifiutare erroneamente l'ipotesi nulla, si definisce la statistica t come:

$$t = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_{1,0}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\hat{\beta}_1}^2}} \quad (5)$$

Se risulta che il valore ottenuto t sia maggiore del corrispondente valore della distribuzione t di Student con livello di significatività α e $(n-1)$ gradi di libertà, ovvero $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$, allora si può rifiutare l'ipotesi nulla, confermando l'effetto causale tra X e Y;

- *Intervallo di confidenza*: definito il livello di significatività α , è possibile definire l'intervallo di valori che racchiude il valore reale del parametro β nel $(1-\alpha)\%$ dei campioni estratti casualmente dalla popolazione. Gli estremi di questo intervallo si calcolano nel seguente modo:

$$\beta_1 = \left\{ \hat{\beta}_1 \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \sqrt{\hat{\sigma}_{\hat{\beta}_1}^2} \right\} \quad (6)$$

- *P-value*: indica la probabilità di rifiutare erroneamente l'ipotesi nulla quando questa è vera. Quando il valore del p-value è inferiore al livello di significatività α scelto a priori, allora si rifiuta l'ipotesi nulla.

Il software Stata è in grado di calcolare un elevato numero di statistiche e riporta tutte quelle appena presentate in ogni regressione.

Inoltre, il metodo OLS prevede tre assunzioni che devono essere rispettate per ottenere stimatori corretti e non distorti dei parametri veri, ma ignoti, della popolazione:

- La distribuzione di ε condizionata a X ha media nulla, ovvero il valore atteso dell'errore di regressione condizionato a qualunque valore di X è pari a 0, cioè $E(\varepsilon | X = x) = 0$. Ciò significa che l'errore ε , che include i fattori non osservati dal modello, non deve essere correlato alla variabile indipendente;
- La variabile indipendente e quella dipendente ($X_i; Y_i$) sono indipendenti e identicamente distribuite;
- Gli outlier in X e/o Y sono rari.

Secondo il Teorema di Gauss-Marcov, se valgono queste tre assunzioni e gli errori sono omoschedastici, allora lo stimatore OLS è il miglior stimatore lineare in termini di minima varianza. Il concetto di omoschedasticità si riferisce alla situazione in cui la varianza dei residui risulta costante per qualsiasi valore di X . Se questa condizione non è soddisfatta, si parla di eteroschedasticità e può portare a stime inefficienti e test statistici inaccurati.

Per questo motivo, nelle regressioni è stata utilizzata la formula degli errori standard robusti all'eteroschedasticità, valida anche nel caso in cui gli errori siano omoschedastici.

Una volta stabiliti i parametri della retta di regressione, nasce l'esigenza di stabilire se il modello si adatta bene ai dati. Generalmente, la regressione sarà considerata tanto migliore quanto maggiore è la sua capacità di spiegare la variabilità di Y attraverso gli effetti delle variabili esplicative.

Tra le misure di bontà maggiormente utilizzate si riporta:

- *SER* o *errore standard della regressione*: è una misura della dispersione della distribuzione degli errori. Tuttavia, essendo espressa nella stessa unità di misura della variabile dipendente, è poco informativa: riflette la precisione assoluta del modello piuttosto che la sua capacità esplicativa e questo la rende meno intuitiva rispetto al coefficiente di determinazione nello spiegare la variabilità dei dati e l'efficacia del modello stesso;

- R^2 o *coefficiente di determinazione*: è un indice che ci informa su quanta variabilità di Y è spiegata da X . È misurato come frazione della varianza della variabile dipendente rispetto a quella della variabile indipendente ed è compresa tra 0 e 1. Tanto maggiore è il valore di R^2 , tanto migliore è l'adattamento ai dati della retta OLS: se questo valore raggiunge l'unità, la stima fatta dal modello corrisponde esattamente alla Y e i residui sono tutti nulli;
- R^2 -*adjusted*: è utilizzato nelle regressioni lineari multiple ed è il coefficiente di determinazione corretto tenendo conto del numero di regressori e dell'ampiezza campionaria. R^2 e R^2 -*adjusted* tendono a coincidere all'aumentare del numero di osservazioni.

In generale, è davvero raro che il verificarsi di un fenomeno sia dovuto ad un'unica causa: in questi casi, l'errore ε si verifica a causa di fattori che influenzano Y ma non sono inclusi nella regressione. Di conseguenza, basarsi esclusivamente su una regressione lineare semplice sarebbe riduttivo, in quanto per spiegare la variabile Y si utilizzerebbe la sola informazione X , perdendo il contributo di altre variabili rilevanti.

Quando una variabile omessa Z è contemporaneamente determinante di Y e correlata con il regressore X , in statistica si parla di "distorsione da variabile omessa" e gli strumenti che permettono di eliminarla sono le regressioni lineari multiple.

Formalmente, questi modelli includono più regressori X_j (con $j= 1, 2, \dots, k$ regressori) ed associano a ciascuno di essi un coefficiente β_j . Tale coefficiente rappresenta la variazione attesa della variabile dipendente Y associata ad una variazione unitaria di X_j , tenendo costanti gli altri regressori.

Le assunzioni viste in precedenza continuano a valere anche per questi modelli e ad esse si aggiunge una quarta condizione: non deve esserci collinearità perfetta, ovvero nessun regressore deve essere funzione lineare esatta degli altri.

3.1.1 Modello OLS a effetti fissi

Quando si dispone di dati panel, come in questo studio, una tecnica utilizzata spesso in econometria è il modello a effetti fissi che, a differenza dei modelli OLS standard, tiene conto delle eterogeneità non osservabili che potrebbero influenzare i risultati: cattura i

fattori non osservati e costanti nel tempo per caratteristiche idiosincratice di ciascuna entità del campione, evitando di ottenere stime distorte.

A differenza dei modelli OLS standard, questa tipologia presuppone che queste caratteristiche non osservabili siano correlate con le variabili esplicative del modello. Tale correlazione è corretta grazie all'introduzione di intercette specifiche per ogni entità, dette "effetti fissi", che catturano l'effetto di queste caratteristiche. In questo modo, il modello elimina la loro influenza e si concentra sulla variazione interna.

Con questo modello si vuole eliminare la distorsione da variabile omessa che è costante per ciascun gruppo di osservazioni. Utilizzando un doppio pedice per distinguere le entità (i) e periodi temporali (t), la forma del modello OLS a effetti fissi si presenta nel seguente modo:

$$Y_{i,t} = \beta X_{i,t} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

Dove:

- $Y_{i,t}$ rappresenta la variabile dipendente riferita all'entità i e periodo t ;
- $X_{i,t}$ è il vettore di regressori riferito all'entità i e periodo t ;
- β è il vettore di coefficienti da stimare;
- α_i rappresenta l'effetto fisso specifico dell'entità i e cattura le caratteristiche idiosincratice invarianti nel tempo;
- γ_t rappresenta l'effetto fisso temporale e cattura l'effetto di fattori non osservabili che variano solo nel tempo;
- $\varepsilon_{i,t}$ prende il nome di errori o disturbi idiosincratice, in quanto cambiano sia tra le entità sia tra i periodi.

3.2 Specifiche dei modelli utilizzati

Nel presente studio sono state condotte diverse regressioni basate sui modelli econometrici appena presentati dal punto di vista teorico.

Le stime dei parametri sono state ottenute utilizzando un ricco dataset di dati panel con 85.415 osservazioni, relative a 7765 comuni italiani e riferite al periodo 2012-2022.

Per ciascuna osservazione erano note le seguenti informazioni a livello comunale e il relativo anno:

- dati demografici e territoriali, resi disponibili da ISTAT;
- dati sulla presenza di infrastrutture a banda ultra-larga e connessioni FTTH, resi disponibili da Telecom Italia, Open Fiber e Infratel;
- dichiarazioni dei redditi IRPEF e IVA presentate al Ministero dell'Economia e delle Finanze. Le metriche di interesse per questo studio sono state il reddito e il numero di occupati, dipendenti e lavoratori autonomi. Successivamente, rapportando queste due dimensioni, si è ottenuto il reddito pro capite per ciascuna categoria di lavoratori.

L'approccio utilizzato nella costruzione dei modelli econometrici è stato di tipo incrementale. Si è partiti, infatti, da un modello OLS con singolo regressore per identificare l'impatto causale della diffusione della fibra sul numero di lavoratori, sul reddito complessivo e sul reddito pro capite.

Per facilitare l'interpretazione dei risultati, l'effetto causale non è stato stimato direttamente su queste metriche, bensì sul loro logaritmo. Ciò ha consentito di esprimere gli effetti in termini percentuali e di rendere confrontabili variabili con ordini di grandezza differenti.

Il modello OLS con singolo regressore è stato così formulato:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Dummy_UBB_i + \varepsilon_i \quad (8)$$

Dove:

- $Dummy_UBB_i$ è la variabile di interesse binaria: assume il valore 1 quando il comune i presenta connessioni a banda ultra-larga, 0 altrimenti. Nel caso del nostro studio, l'impostazione a 1 di questa dummy è determinata dalla presenza di soluzioni FTTC o FTTH nel comune;
- Y_i è la variabile dipendente ed è espressa in forma logaritmica. Questo modello è stato ripetuto per tutte le variabili dipendenti, con l'obiettivo di determinare gli effetti causali della presenza della fibra su ciascuna di esse;

- β_0 rappresenta l'intercetta della retta di regressione. Tuttavia, il parametro di nostro interesse è β_1 , che quantifica la variazione percentuale della variabile dipendente generata dall'introduzione della fibra.

È importante sottolineare che l'impiego di una variabile binaria limita le informazioni rispetto a una variabile continua. Nel caso specifico di questo lavoro, l'utilizzo di una variabile continua come il livello di copertura della fibra avrebbe permesso di catturare le variazioni sulla variabile dipendente in modo più dettagliato. Tuttavia, la mancanza di continuità dei dati ha reso necessario l'uso di una variabile binaria, ragion per cui si è optato per una dummy che indicasse la presenza o assenza di tali tecnologie, piuttosto che la loro effettiva copertura.

Come illustrato nei capitoli precedenti, quando si parla di connessioni FTTx si fa riferimento a una famiglia di architetture di rete che sfruttano la fibra ottica per la trasmissione del segnale al cliente finale. Tuttavia, le informazioni disponibili nel dataset consentono di distinguere solo fra le tecnologie FTTC e FTTH: entrambe le soluzioni superano i requisiti minimi per essere considerate tecnologie a banda ultra-larga, ma FTTH offre prestazioni più elevate in termini di velocità di trasmissione dati.

Grazie all'aggiunta di un secondo regressore che identifica la presenza di connessioni FTTH nel comune i , può essere interessante valutare il contributo specifico di tali connessioni rispetto all'effetto generale dell'UBB. Il modello così impostato si presenta nella seguente forma:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Dummy_UBB_i + \beta_2 Dummy_FTTH_i + \varepsilon_i \quad (9)$$

In cui si hanno i seguenti elementi aggiuntivi:

- $Dummy_FTTH_i$ è la seconda variabile di interesse binaria: assume il valore 1 quando il comune i presenta connessioni FTTH, 0 altrimenti.
- β_2 è il parametro la cui stima quantifica la variazione percentuale della variabile dipendente oggetto di studio generata dall'introduzione di connessioni FTTH nel comune i .

Per ridurre il rischio di distorsione da variabile omessa, è molto utile includere variabili di controllo nel modello. Queste variabili aggiuntive devono essere correlate alla X e devono

controllare per fattori causali omessi che possono influenzare la variabile dipendente: nonostante non siano oggetto di studio, permettono di migliorare la stima dell'effetto della variabile di interesse.

Nel contesto di questa analisi, aggiungere gli effetti fissi significa includere variabili che controllano per fattori idiosincratici tipici del comune e per trend temporali che potrebbero influenzare i risultati. Gli effetti fissi sui comuni tengono conto di tutti quei fattori specifici di ciascun comune che restano costanti nel tempo, mentre gli effetti fissi sugli anni controllano i trend temporali lungo il panel in modo non parametrico.

Su Stata, questo approccio si traduce nella generazione di 7764 dummy per i comuni e 10 dummy per gli anni, ciascuna delle quali identifica rispettivamente un singolo comune o anno specifico. Per evitare problemi di collinearità perfetta, è necessario "dropparne" una in entrambi i casi, in quanto costituirebbe una combinazione lineare delle altre.

Il modello OLS con effetti fissi si presenta nel seguente modo:

$$Y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Dummy_UBB_{i,t} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

Dove:

- $Y_{i,t}$ è la variabile dipendente, in forma logaritmica, relativa alla metrica che si vuole misurare e si riferisce al comune i e periodo t ;
- $Dummy_UBB_{i,t}$ è la variabile di interesse binaria: assume il valore 1 quando il comune i presenta connessioni a banda ultra-larga nel periodo t , 0 altrimenti;
- β_0 e β_1 sono i parametri della retta di regressione da stimare;
- α_i rappresenta l'effetto fisso sul comune;
- γ_t rappresenta l'effetto fisso temporale.

Per distinguere l'effetto generale della presenza dell'UBB da quello delle connessioni FTTH, è sufficiente aggiungere un regressore per indicare la presenza di tali connessioni con il relativo parametro, come mostrato di seguito:

$$Y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Dummy_UBB_{i,t} + \beta_2 Dummy_FTTH_{i,t} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (11)$$

In entrambi i casi, gli errori standard sono stati clusterizzati per comune, rendendo le stime più robuste.

3.3 Risultati

Come accennato, questo studio si è posto l'obiettivo principale di individuare e quantificare l'effetto causale della diffusione della fibra su tre indicatori chiave del mercato del lavoro: il numero di lavoratori, il reddito complessivo e il reddito pro capite. L'analisi di regressione è focalizzata su determinate tipologie di lavoratori, distinguendo l'intera categoria degli occupati in lavoratori dipendenti e autonomi: questa distinzione ha permesso di misurare gli effetti della fibra su diversi segmenti del panorama lavorativo italiano in termini di reddito e di occupazione.

Le seguenti tabelle mostrano i parametri stimati dei modelli appena presentati e ne sono riportate due per ciascuna categoria di lavoratori: la prima è dedicata ai modelli OLS standard, mentre la seconda è dedicata ai modelli con effetti fissi associati a comuni e anni. Nelle colonne dispari sono presentati i coefficienti delle regressioni che modellizzano il solo effetto dell'UBB, con riferimento all'Equazione (8) per i modelli senza effetti fissi e all'Equazione (10) per quelli con effetti fissi.

Allo stesso modo, nelle colonne pari sono presentati i coefficienti delle regressioni che isolano l'effetto generico dell'UBB da quello specifico delle connessioni FTTH, con riferimento all'Equazione (9) per i modelli senza effetti fissi e all'Equazione (11) per quelli con effetti fissi.

I valori tra parentesi situati sotto i coefficienti stimati in ciascuna regressione rappresentano gli errori standard dei coefficienti stessi.

3.3.1 Effetti sugli occupati

Le prime analisi di regressione riguardano l'occupazione generale sul territorio italiano. Di conseguenza, le variabili dipendenti di queste regressioni sono state il:

- $\log(\text{occupati})$;
- $\log(\text{reddito degli occupati})$;
- $\log(\text{reddito pro capite occupati})$.

Tabella 3.1: Stime dei coefficienti dei modelli OLS senza effetti fissi per OCCUPATI.

VARIABLES	(1) LOG Occupati	(2) LOG Occupati	(3) LOG Redditi Occupati	(4) LOG Redditi Occupati	(5) LOG Redditi Occupati PRO CAPITE	(6) LOG Redditi Occupati PRO CAPITE
Dummy UBB	1.1247*** (0.0095)	1.1771*** (0.0097)	1.1537*** (0.0100)	1.1921*** (0.0103)	0.0290*** (0.0015)	0.0150*** (0.0017)
Dummy FTTH		-0.2184*** (0.0215)		-0.1599*** (0.0224)		0.0585*** (0.0027)
Constant	6.3983*** (0.0056)	6.3983*** (0.0056)	16.2379*** (0.0058)	16.2379*** (0.0058)	9.8396*** (0.0009)	9.8396*** (0.0009)
Observations	85,415	85,415	85,415	85,415	85,415	85,415
Adjusted R-squared	0.1417	0.1432	0.1372	0.1380	0.0044	0.0094
Fixed Effects	NO	NO	NO	NO	NO	NO
F-statistic	13973	7788	13284	7192	360.8	461

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Dall'output mostrato in Tabella 3.1, emerge che le stime dei parametri β_1 e β_2 sono altamente significative (all'1%) per ciascuna variabile dipendente, consentendo di rifiutare l'ipotesi nulla che β sia uguale a zero.

Osservando la colonna (1), si evince che la disponibilità di banda ultra-larga ha un effetto positivo e rilevante sul numero di occupati italiani. Tuttavia, il coefficiente di determinazione corretto, che si attesta intorno al 14,17%, suggerisce che la varianza del logaritmo degli occupati non è ben spiegata dalla varianza del regressore. L'introduzione della dummy sulla presenza di connessioni FTTH migliora R^2 -adjusted, seppur in modo quasi trascurabile, portandolo al 14,32%. L'aggiunta del nuovo regressore riduce leggermente l'effetto positivo della presenza dell'UBB, mentre il coefficiente associato alle connessioni FTTH mostra un impatto significativamente negativo (-21,8%).

A proposito del reddito complessivo si possono fare considerazioni analoghe, mentre i risultati delle regressioni sul reddito pro capite sono differenti e dall'entità più contenuta. Nonostante si attesti solo intorno all'1%, il coefficiente di determinazione migliore è dato dalla regressione multipla: la presenza della banda ultra-larga sembra indurre un aumento dell'1,5% del reddito pro capite dei lavoratori italiani, mentre la presenza di connessioni FTTH sembra incrementarlo addirittura del 5,85%.

Introducendo nel modello gli effetti fissi descritti nel paragrafo precedente, si ottengono modelli migliorati, con risultati in linea a quelli della letteratura economica e stime più affidabili.

Tabella 3.2: Stime dei coefficienti dei modelli OLS con effetti fissi per OCCUPATI.

VARIABLES	(1) LOG Occupati	(2) LOG Occupati	(3) LOG Redditi Occupati	(4) LOG Redditi Occupati	(5) LOG Redditi Occupati PRO CAPITE	(6) LOG Redditi Occupati PRO CAPITE
Dummy UBB	0.0107*** (0.0012)	0.0100*** (0.0012)	0.0137*** (0.0014)	0.0139*** (0.0014)	0.0029*** (0.0009)	0.0039*** (0.0009)
Dummy FTTH		0.0031** (0.0014)		-0.0008 (0.0016)		-0.0039*** (0.0010)
Constant	6.7886*** (0.0007)	6.7886*** (0.0007)	16.6008*** (0.0008)	16.6008*** (0.0008)	9.8122*** (0.0006)	9.8122*** (0.0006)
Observations	85,415	85,415	85,415	85,415	85,415	85,415
Adjusted R-squared	0.9988	0.9988	0.9986	0.9986	0.9592	0.9592
Fixed Effects	YES	YES	YES	YES	YES	YES
F-statistic	1363	1250	3625	3329	2226	2043

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Come mostrato dalla Tabella 3.2, l' R^2 -adjusted è nettamente superiore rispetto all'analisi precedente, indicando che gran parte della variabilità delle variabili dipendenti non sia spiegata dalle sole variabili esplicative del modello, ma anche da fattori tipici a livello di singolo comune e/o da fattori che cambiano nel tempo ma comuni a tutto il campione.

La colonna (1) mostra che l'introduzione dell'UBB aumenta il numero di occupati dell'1,07%. Isolando l'effetto delle connessioni FTTH (colonna (2)), emerge che la presenza di tali tecnologie contribuisce con un aumento dello 0,3%, riducendo leggermente l'effetto dell'UBB fino all'1%.

Tuttavia, è importante notare un diverso livello di significatività tra i due stimatori: se da un lato quello dell'UBB è altamente significativo, con un livello di significatività α dell'1%, dall'altro il coefficiente della variabile *Dummy FTTH* risulta significativo al 5%. Di conseguenza, lo stimatore dell'UBB gode di una maggiore rilevanza statistica e, in base al livello di significatività che si vuole accettare, si potrebbe non rifiutare l'ipotesi nulla che lo stimatore per le tecnologie FTTH sia pari a zero, concludendo che l'introduzione di tali

tecnologie non abbia un effetto rilevante dal punto di vista statistico sul numero di lavoratori.

Spostando l'attenzione sul reddito complessivo degli occupati, si può affermare che l'unico effetto altamente significativo sia dato dall'introduzione dell'UBB, con un aumento di circa l'1,4% sia nel caso della regressione singola, che in quella multipla.

Al contrario, come mostrato in colonna (4), l'introduzione di connessioni FTTH non produce impatti significativi sul reddito.

Infine, le regressioni sul reddito pro capite rivelano un effetto positivo della disponibilità di UBB (circa +0,3%): questo effetto è confermato anche nella regressione multipla, mentre l'introduzione di connessioni FTTH sembra avere l'effetto opposto, riducendo il reddito pro capite di circa 0,4 punti percentuali.

In generale, i risultati suggeriscono che la disponibilità di banda ultra-larga abbia un effetto positivo su tutte le dimensioni oggetto di studio, migliorando le condizioni economiche laddove implementata: tali infrastrutture possono, dunque, favorire le attività economiche locali migliorando l'accesso ad opportunità lavorative e incrementando la produttività, con un conseguente aumento dei lavoratori e, seppur in misura minore, dei redditi.

Al contrario, l'implementazione delle tecnologie FTTH, pur migliorando la qualità di connessione, non sembra generare un effetto altamente significativo sul numero di occupati e sul loro reddito alla pari delle generiche connessioni UBB, suggerendo quindi che i benefici addizionali offerti da queste soluzioni non si traducano in un miglioramento delle condizioni economiche degli occupati.

Un'altra possibile spiegazione potrebbe risiedere in un ritardo temporale dell'impatto economico di queste tecnologie: dato che la loro diffusione è iniziata più tardi ed è avvenuta più lentamente rispetto a quella dell'UBB, è plausibile che i benefici economici catturati dai dati disponibili siano ancora limitati.

3.3.2 Effetti sui lavoratori dipendenti

La presente sezione è dedicata all'analisi degli effetti della banda ultra-larga sul segmento più ampio del mercato del lavoro italiano: i lavoratori dipendenti che costituiscono dal 95,7 al 98% dei lavoratori italiani sul periodo analizzato.

La Tabella 3.3 mostra i risultati delle regressioni senza effetti fissi su questa categoria.

Tabella 3.3: Stime dei coefficienti dei modelli OLS senza effetti fissi per DIPENDENTI.

VARIABLES	(1) LOG Dipendenti	(2) LOG Dipendenti	(3) LOG Redditi Dipendenti	(4) LOG Redditi Dipendenti	(5) LOG Redditi Dipendenti PRO CAPITE	(6) LOG Redditi Dipendenti PRO CAPITE
Dummy UBB	1.1296*** (0.0095)	1.1810*** (0.0096)	1.1532*** (0.0099)	1.1907*** (0.0102)	0.0236*** (0.0015)	0.0097*** (0.0017)
Dummy FTTH		-0.2143*** (0.0214)		-0.1563*** (0.0222)		0.0580*** (0.0026)
Constant	6.3742*** (0.0056)	6.3742*** (0.0056)	16.1959*** (0.0058)	16.1959*** (0.0058)	9.8217*** (0.0009)	9.8217*** (0.0009)
Observations	85,415	85,415	85,415	85,415	85,415	85,415
Adjusted R-squared	0.1438	0.1452	0.1391	0.1398	0.0030	0.0082
Fixed Effects	NO	NO	NO	NO	NO	NO
F-statistic	14207	7909	13488	7295	248.8	410.9

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Come previsto, essendo la stragrande maggioranza di lavoratori composta da dipendenti, i coefficienti di determinazione risultano in linea a quanto ottenuto in precedenza e le stime dei parametri β risultano altamente significative in ciascuna regressione.

La colonna (1) mostra che l'introduzione dell'UBB ha un impatto positivo sul numero di lavoratori dipendenti e, anche in questo caso, l'inserimento del secondo regressore (colonna (2)) migliora, seppur marginalmente, la capacità esplicativa del modello, portando R^2 -adjusted da 14,4% a 14,5%.

Lo stesso fenomeno si ripete anche per i redditi complessivi, dove l'impatto della fibra è positivo e significativo, al contrario delle connessioni FTTH che sembrano portare un contributo negativo. Tuttavia, anche in questo caso il coefficiente di determinazione è molto basso, indicando che le variabili *Dummy UBB* e *Dummy FTTH* non sono sufficienti a spiegare la variabilità di $\log(\text{redditi dipendenti})$: è dunque consigliabile individuare nuove variabili che controllano per fattori omessi da inserire nel modello per ridurre la distorsione da variabile omessa.

Spostando l'attenzione sui redditi pro capite dei dipendenti, si riscontra una capacità esplicativa del modello ancora più bassa, con R^2 -adjusted pari allo 0,3% nel caso di singolo regressore e 0,8% nel caso di regressione multipla: valori così bassi indicano che la quasi

totalità della variabilità osservata è dovuta ad altri fattori non inclusi nel modello e che le variabili esplicative hanno una capacità estremamente limitata di spiegare la variabile dipendente. Ciononostante, le stime dei coefficienti risultano più verosimili: la colonna (5) mostra che l'introduzione della fibra porta ad un aumento del 2,36% dei redditi pro capite, mentre la colonna (6) identifica un effetto generale del +0.97% a fronte di un maggior effetto da parte delle sole connessioni FTTH, che si attesta intorno al 5,8%.

L'inclusione degli effetti fissi consente di ottenere delle stime più verosimili e, soprattutto, di avere dei modelli la cui capacità esplicativa è decisamente migliore, come si evince dagli R^2 -adjusted della Tabella 3.4.

Tabella 3.4: Stime dei coefficienti dei modelli OLS con effetti fissi per DIPENDENTI.

VARIABLES	(1) LOG Dipendenti	(2) LOG Dipendenti	(3) LOG Redditi Dipendenti	(4) LOG Redditi Dipendenti	(5) LOG Reddito Dipendenti PRO CAPITE	(6) LOG Reddito Dipendenti PRO CAPITE
Dummy UBB	0.0107*** (0.0012)	0.0098*** (0.0012)	0.0124*** (0.0014)	0.0125*** (0.0014)	0.0017* (0.0009)	0.0028*** (0.0009)
Dummy FTTH		0.0040*** (0.0014)		-0.0004 (0.0016)		-0.0044*** (0.0010)
Constant	6.7573*** (0.0007)	6.7573*** (0.0007)	16.5500*** (0.0008)	16.5500*** (0.0008)	9.7928*** (0.0006)	9.7928*** (0.0006)
Observations	85,415	85,415	85,415	85,415	85,415	85,415
Adjusted R-squared	0.9988	0.9988	0.9986	0.9986	0.9583	0.9583
Fixed Effects	YES	YES	YES	YES	YES	YES
F-statistic	1598	1468	3869	3555	2138	1963

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Anche in questo caso, l'introduzione degli effetti fissi ha permesso di controllare per trend temporali e per tutti quei fattori idiosincratici ed eterogenei tipici di ciascun comune, riducendo la distorsione da variabile omessa e isolando l'impatto delle variabili esplicative, ottenendo stime più affidabili.

Le prime quattro colonne della Tabella 3.4, dedicate alle regressioni con il *log (dipendenti)* e *log (reddito dei dipendenti)* come variabile dipendente, mostrano un coefficiente di determinazione prossimo a 1, suggerendo che quasi tutta la variabilità della Y sia spiegata dalla variabilità dei regressori.

Le ultime due colonne presentano un R^2 -adjusted leggermente inferiore, ma comunque molto alto, confermando la buona capacità esplicativa dei modelli.

I risultati ottenuti sono molto vicini a quelli osservati per gli occupati sia dal punto di vista della significatività, che per l'entità dei parametri. Tuttavia, essendo i dipendenti una sottocategoria degli occupati, si giunge a conclusioni leggermente diverse.

Le prime due colonne mostrano che l'introduzione della fibra è associata a un aumento di circa l'1% del numero di lavoratori dipendenti, mentre l'effetto delle soluzioni FTTH è più contenuto, attestandosi intorno allo 0,4%.

Anche il reddito complessivo dei dipendenti beneficia della disponibilità di banda ultra-larga: entrambe le regressioni mostrano che l'introduzione della fibra in generale è l'unico effetto altamente significativo, con un aumento di circa l'1,25% del reddito, mentre le soluzioni FTTH mostrano impatti statisticamente insignificanti.

Spostando il focus sul reddito pro capite, l'UBB comporta un incremento dello 0,17% nel caso di regressione singola, come mostrato in colonna (5). Ciononostante, è da evidenziare che tale stima risulta significativa solo con un α pari al 10% e, di conseguenza, potrebbe non essere possibile rifiutare l'ipotesi nulla secondo cui il β sia pari a 0. Al contrario, gli stimatori della regressione multipla presente in colonna (6) sono altamente significativi: l'impatto generico della fibra comporta un aumento dello 0,28% del reddito pro capite, mentre la presenza di FTTH porta a una riduzione dello 0,44%.

In sintesi, questi risultati indicano che la fibra può aumentare sia il numero di posti di lavoro dei dipendenti che il loro reddito complessivo, ma senza un impatto sostanziale sul reddito pro capite. Per giustificare questo fenomeno si possono formulare diverse ipotesi:

- Sebbene il reddito complessivo cresca, l'incremento del numero di lavoratori fa sì che il reddito pro capite rimanga pressoché stabile. Per questo motivo, non si registra alcun aumento sostanziale per singolo dipendente;
- L'incremento del numero di lavoratori dipendenti potrebbe essere accompagnato da una ridotta qualificazione dei nuovi assunti, i quali percepiscono salari inferiori alla media, mantenendo così il reddito pro capite quasi invariato. Allo stesso tempo, l'aumento del reddito complessivo e dell'occupazione potrebbero essere accompagnati dall'uscita dal mercato del lavoro di personale con redditi più alti (i lavoratori in età pensionabile hanno tipicamente redditi superiori), contribuendo a mantenere stabile il reddito pro capite;

- Nonostante l'aumento dei lavoratori e del reddito complessivo, il reddito pro capite resta quasi invariato in quanto i salari sono legati a contratti aziendali che presentano vincoli di medio e lungo periodo. L'aumento di produttività legato alla tecnologia potrebbe dunque non tradursi immediatamente in un aumento salariale.

3.3.3 Effetti sui lavoratori autonomi

Le ultime analisi di regressione hanno riguardato i lavoratori autonomi, che rappresentano il restante segmento del mercato del lavoro: nonostante costituiscano una minima parte della forza lavoro italiana, è interessante studiare gli effetti della fibra anche su questa categoria in quanto, a differenza dei lavoratori dipendenti, si assumono il rischio economico e imprenditoriale della propria attività e non percepiscono uno stipendio fisso. Di conseguenza, possono risultare maggiormente sensibili ai cambiamenti tecnologici rispetto ai lavoratori dipendenti.

La disponibilità di Internet veloce può infatti incrementare la produttività e le opportunità dei lavoratori autonomi, nonché ampliare la loro clientela, traducendosi in benefici economici più facilmente catturabili dai dati a disposizione rispetto ai lavoratori dipendenti. Gli stimatori delle regressioni senza effetti fissi sono presentati in Tabella 3.5.

Tabella 3.5: Stime dei coefficienti dei modelli OLS senza effetti fissi per AUTONOMI.

VARIABLES	(1) LOG Autonomi	(2) LOG Autonomi	(3) LOG Redditi Autonomi	(4) LOG Redditi Autonomi	(5) LOG Redditi Autonomi PRO CAPITE	(6) LOG Redditi Autonomi PRO CAPITE
Dummy UBB	0.6566*** (0.0099)	0.6739*** (0.0102)	0.9407*** (0.0108)	0.9205*** (0.0111)	0.2841*** (0.0032)	0.2466*** (0.0034)
Dummy FTTH		-0.0780*** (0.0229)		0.0911*** (0.0246)		0.1691*** (0.0057)
Constant	3.0959*** (0.0057)	3.0959*** (0.0057)	13.4725*** (0.0062)	13.4725*** (0.0062)	10.3766*** (0.0021)	10.3766*** (0.0021)
Observations	72,549	72,549	72,549	72,549	72,549	72,549
Adjusted R-squared	0.0602	0.0604	0.1001	0.1004	0.0919	0.1009
Fixed Effects	NO	NO	NO	NO	NO	NO
F-statistic	4395	2334	7654	3909	7809	4390

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Il primo aspetto che si nota osservando i risultati delle regressioni è il numero di osservazioni inferiore rispetto ai casi precedenti, passato da 85.415 a 72.549: questo fenomeno è dovuto al fatto che sono molti i comuni italiani, soprattutto di piccole dimensioni, che non hanno nemmeno un lavoratore autonomo residente e, per questo motivo, il software Stata ignora le osservazioni in cui tale dato risulta nullo.

Il modello OLS senza effetti fissi si conferma come modello poco adatto a spiegare la variabilità delle variabili dipendenti. Le regressioni relative al numero di lavoratori presentano un R^2 -adjusted che si attesta intorno al 6%, quelle relative al reddito complessivo intorno al 10% e quelle relative al reddito pro capite intorno al 9%. Di conseguenza, la capacità esplicativa dei modelli è molto bassa e buona parte della variabilità delle variabili dipendenti è attribuibile a fattori non inclusi nei modelli stessi.

Le colonne (1) e (2) indicano che l'introduzione della banda ultra-larga genera un effetto positivo e significativo sul numero di lavoratori autonomi, sia nel caso di regressione singola che multipla. Al contrario, l'introduzione di tecnologie FTTH genera un effetto negativo, inducendo una riduzione del 7,8% del numero di lavoratori.

Spostando l'attenzione sul reddito complessivo, entrambe le tecnologie hanno un impatto positivo e significativo: l'effetto generale della fibra sembra essere pari a +94% nel caso di regressione singola e pari a +92% nel caso di quella multipla, mentre quello delle connessioni FTTH si ferma a 9,1%.

L'introduzione della fibra sembra indurre un aumento del 28,4% del reddito pro capite. Tuttavia, isolando l'effetto delle connessioni FTTH, che inducono un aumento di quasi il 17% del reddito pro capite, l'effetto generico della fibra scende a 24,7%.

Come si evince dalla riga dedicata al coefficiente di determinazione della Tabella 3.6, l'introduzione degli effetti fissi migliora notevolmente le capacità esplicative dei modelli anche per i lavoratori autonomi.

Tabella 3.6: Stime dei coefficienti dei modelli OLS con effetti fissi per AUTONOMI.

VARIABLES	(1) LOG Autonomi	(2) LOG Autonomi	(3) LOG Redditi Autonomi	(4) LOG Redditi Autonomi	(5) LOG Redditi Autonomi PRO CAPITE	(6) LOG Redditi Autonomi PRO CAPITE
Dummy UBB	0.0005 (0.0039)	-0.0000 (0.0039)	0.0221*** (0.0055)	0.0220*** (0.0054)	0.0216*** (0.0045)	0.0220*** (0.0044)
Dummy FTTH		0.0025 (0.0048)		0.0003 (0.0070)		-0.0022 (0.0058)
Constant	3.6604*** (0.0020)	3.6604*** (0.0020)	13.9498*** (0.0030)	13.9498*** (0.0030)	10.2894*** (0.0025)	10.2894*** (0.0025)
Observations	72,549	72,549	72,549	72,549	72,549	72,549
Adjusted R-squared	0.9853	0.9853	0.9742	0.9742	0.8068	0.8068
Fixed Effects	YES	YES	YES	YES	YES	YES
F-statistic	4031	3704	741	681.3	1904	1748

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Dall'analisi dei dati emergono dei risultati interessanti: per la prima volta, le prime due colonne mostrano che l'introduzione della fibra non ha alcun impatto statisticamente significativo sul numero di lavoratori. Lo stesso vale anche per la disponibilità delle connessioni FTTH: il p-value risulta superiore al 10% per ciascuno dei coefficienti presi in esame. Come si nota dal coefficiente di determinazione, l'output di queste regressioni è più affidabile rispetto a quelle dei modelli senza effetti fissi: R^2 -adjusted è passato dal 6% al 98,5%, dimostrando un notevole miglioramento della capacità esplicativa del modello. Si conferma questo fenomeno anche per il reddito complessivo, che vede aumentare il coefficiente di determinazione da circa 10% a 97,4%.

Tuttavia, analizzando l'output delle colonne (3) e (4), emergono risultati differenti: solo l'introduzione della banda ultra-larga porta ad un aumento del reddito complessivo. Lo stimatore della regressione singola mostra che l'introduzione dell'UBB porta ad un aumento del reddito pari a 2,21%. Invece, l'output della regressione multipla indica che, separando il contributo generale della fibra da quello delle connessioni FTTH, queste ultime non hanno alcun effetto significativo sulla variabile dipendente, mentre l'UBB impatta positivamente con un incremento del 2,2%.

Anche per il reddito pro capite si ottengono risultati simili: osservando la colonna (5), si evince che l'introduzione della fibra è in grado di indurre un incremento del reddito pari a 2,16%. Tuttavia, spostando l'attenzione sulla colonna (6) che mostra l'output della regressione in cui è stata inserita la dummy per la presenza di connessioni FTTH, questo effetto cresce fino a 2,2%. Come nel caso del reddito complessivo, l'introduzione di infrastrutture FTTH non ha alcun effetto significativo.

È importante evidenziare che l'aggiunta degli effetti fissi ha migliorato, anche in questo caso, la capacità del modello di descrivere la variabilità della variabile dipendente. Infatti, R^2 -adjusted è passato da 9-10% a 80,7%: nonostante sia comunque un valore molto alto, è il coefficiente di determinazione più basso riscontrato fra tutte le regressioni eseguite in questo studio tenendo conto degli effetti fissi. Se ne deduce che il modello ha sì una buona capacità di spiegare la variabilità del *log (reddito pro capite autonomi)*, ma è consigliabile individuare nuove variabili che controllano per fattori omessi, in modo da ridurre la distorsione da variabile omessa e migliorare la capacità esplicativa del modello.

In generale, si può concludere che gli investimenti in infrastrutture in fibra non abbiano un effetto causale significativo sul numero di lavoratori autonomi. Nonostante le grandi opportunità e vantaggi offerti da queste tecnologie, la maggiore vulnerabilità al rischio di precarietà ha dato maggiore attrattività al lavoro dipendente piuttosto che a quello autonomo (Report ISTAT, 2022). Inoltre, è da considerare che i profili dei lavoratori autonomi sono molto differenti da quelli dipendenti: gli autonomi sono composti principalmente da lavoratori in proprio o liberi professionisti che non operano in settori digitali e, di conseguenza, la presenza della fibra non è un fattore determinante per l'avvio di nuove attività.

Al contrario, la fibra si conferma come valido asset per migliorare i livelli di produttività del lavoro e come promotore di opportunità di business senza vincoli territoriali (Report ISTAT, 2022). Ciò è dimostrato dall'aumento del reddito complessivo e del reddito pro capite, i quali sono una diretta conseguenza del lavoro svolto. Infatti, è plausibile ritenere che la disponibilità di UBB permetta di operare in modo più efficiente, favorendo un miglioramento della qualità dei servizi offerti, un'espansione del proprio mercato e, di conseguenza, un aumento del proprio reddito.

Inoltre, si può affermare che la presenza di connessioni FTTH, che garantiscono una qualità della connessione migliore, non ha un impatto significativo su nessuna delle variabili

oggetto di studio. Le connessioni FTTH potrebbero dunque non essere un fattore determinante per i lavoratori autonomi, suggerendo che le loro esigenze tecnologiche possono essere soddisfatte anche da altre tipologie di connessioni UBB meno avanzate. Si può così concludere che le soluzioni FTTH garantiscono un livello di qualità della connessione che non apporta ulteriori benefici significativi rispetto alle altre tecnologie esistenti per questa categoria di lavoratori.

CONCLUSIONI

L'obiettivo principale del presente lavoro di tesi è stato quello di fornire prove empiriche sul ruolo che le infrastrutture a banda ultra-larga hanno avuto nell'influenzare gli aspetti chiave del mercato del lavoro in Italia: in particolare, l'analisi ha mirato a comprendere se e quanto la diffusione di tali infrastrutture sia stata determinante per la creazione di nuovi posti di lavoro e per il miglioramento dei livelli salariali.

In primis, sono stati analizzati gli aspetti tecnologici delle infrastrutture di rete a banda larga e ultra-larga e sono stati approfonditi gli aspetti principali delle strategie e piani, europei e nazionali, volti alla diffusione di tali tecnologie. In seguito, sono stati esaminati numerosi articoli e studi che hanno affrontato il tema degli impatti socioeconomici della disponibilità e adozione di Internet a banda larga e ultra-larga, offrendo una panoramica dei risultati già ottenuti in letteratura.

L'indagine è iniziata con il reperimento di dati da diverse fonti per la costruzione di un dataset unico, contenente informazioni riguardanti 7765 comuni sul periodo 2012-2022. Completata l'analisi dei dati in possesso, le statistiche descrittive hanno delineato un trend pressoché crescente del numero di dipendenti italiani occupati, accompagnato da un calo del numero di lavoratori autonomi, seppur con alcune fluttuazioni sul periodo considerato. Allo stesso modo, è stato identificato un andamento pressoché flat del reddito medio dei dipendenti, mentre quello degli autonomi ha registrato una crescita notevole. Il comportamento del numero di occupati e dei relativi redditi risulta simile a quello dei dipendenti, in quanto costituiscono la stragrande maggioranza dei lavoratori totali.

Tali statistiche hanno suggerito che la diffusione della fibra abbia effetti eterogenei sui diversi segmenti della forza lavoro italiana. Per verificare queste ipotesi e identificare gli effetti causali tra le variabili sono stati utilizzati dei modelli OLS, a cui sono stati successivamente aggiunti gli effetti fissi a livello comunale e per trend temporali. Tuttavia, i risultati ottenuti con i modelli che includono tali effetti sono considerati più affidabili, in quanto presentano una maggiore capacità esplicativa e stime più attendibili: le variabili esplicative dei modelli senza FE, infatti, sono in grado di spiegare una porzione minima delle

variabilità osservata, evidenziando la necessità di includere nei modelli variabili che catturino i fattori omessi contenuti nei residui.

L'analisi dei modelli OLS standard mostra che l'introduzione di infrastrutture a banda ultra-larga stimola sia l'occupazione dei dipendenti, sia il loro reddito complessivo, mentre l'effetto sul reddito pro capite risulta molto più contenuto. La presenza della fibra impatta positivamente anche sui lavoratori autonomi, inducendo un aumento di tutti gli indicatori oggetto di studio, in particolare del reddito complessivo.

Distinguendo gli effetti generici della presenza dell'UBB da quelli delle connessioni FTTH, i risultati mostrano un contributo della banda ultra-larga circa simile a quanto appena riportato, mentre le soluzioni FTTH sono associate a una diminuzione del numero e del reddito complessivo dei dipendenti, pur avendo un impatto positivo sul reddito pro capite. Per i lavoratori autonomi, l'inclusione nei modelli della dummy FTTH ha permesso di individuare un effetto negativo di tali infrastrutture solo sul numero di lavoratori, mentre si identifica un contributo positivo su entrambi gli indicatori di reddito. Al contrario, l'introduzione dell'UBB continua ad avere gli stessi effetti generali sopra presentati.

È importante sottolineare che gli output delle regressioni svolte tramite i modelli OLS standard mostrano effetti causali perlopiù coerenti con quanto inizialmente ipotizzato, ma presentano stime poco affidabili e l'entità di questi risultati è da interpretare con una certa attenzione. Per questo motivo, si fa maggiore affidamento sui risultati ottenuti tramite i modelli OLS con effetti fissi.

Gli output di questi modelli mostrano che l'introduzione dell'UBB e delle connessioni FTTH impatta in modo eterogeneo sugli indicatori economici dei diversi segmenti della forza lavoro italiana. La disponibilità di banda ultra-larga aumenta sia il numero di dipendenti (circa +1%), sia il reddito complessivo (circa +1,25%), ma tali incrementi non si traducono in un aumento proporzionale del reddito pro capite, che registra variazioni più contenute: +0,17% nella regressione singola e +0,28% in quella multipla. Al contrario, la presenza di infrastrutture FTTH ha effetti limitati: impatta significativamente solo il numero di dipendenti con +0,4% e riduce il reddito pro capite del -0,44%.

La spiegazione più plausibile per questi risultati potrebbe risiedere:

- nei contratti aziendali, che spesso presentano vincoli di medio o lungo termine sul reddito. Di conseguenza, l'aumento di produttività legato alla fibra può non tradursi immediatamente in un adeguamento salariale;
- nella maggiore assunzione di giovani, che possiedono più familiarità con le nuove tecnologie ma risultano meno qualificati e percepiscono un salario generalmente inferiore alla media, accompagnata dall'uscita dal mercato del lavoro di personale in età pensionabile, che di norma percepisce un salario più elevato.

Questi fenomeni possono spiegare il mantenimento pressoché stabile del reddito pro capite e la crescita del numero di lavoratori dipendenti, con conseguente aumento del reddito complessivo.

Per quanto riguarda i lavoratori autonomi, i risultati ottenuti dai modelli OLS con effetti fissi indicano una situazione differente. La presenza di connessioni FTTH risulta statisticamente irrilevante in qualsiasi regressione, mentre l'introduzione di infrastrutture UBB è in grado di generare un effetto positivo, pari a circa +2,2%, sia sul reddito complessivo che sul reddito pro capite. Al contrario, non si registra alcun impatto sul numero di lavoratori: nonostante le opportunità e vantaggi offerti dalle nuove tecnologie, i lavoratori autonomi operano spesso in settori diversi da quello digitale e i risultati indicano che la presenza della fibra non sia un fattore determinante per la creazione di nuove attività. Inoltre, la maggiore vulnerabilità al rischio di precarietà rende il lavoro in proprio meno attrattivo rispetto a quello dipendente.

Al contrario, l'aumento dei redditi può essere dovuto alla maggiore produttività legata alla fibra, che si conferma come fattore chiave per migliorare l'efficienza operativa e si pone come promotore di opportunità di business.

I risultati relativi alla categoria degli occupati, che include sia i dipendenti che i lavoratori autonomi, mostrano effetti e stime molto simili a quelli osservati per i lavoratori dipendenti. Considerando che quest'ultimi costituiscono la stragrande maggioranza della forza lavoro, le considerazioni precedentemente discusse valgono anche per l'intera categoria degli occupati, sia per i modelli OLS standard che per quelli con effetti fissi.

A valle del presente studio, si può concludere che la diffusione della banda ultra-larga impatti positivamente sia sull'occupazione che sui livelli di reddito, ma con effetti eterogenei in base alla tipologia di lavoratore in esame.

Al contrario, la presenza di connessioni FTTH ha effetti più contenuti rispetto alle generiche tecnologie UBB e risultano significativi solo per il numero e il reddito pro capite dei dipendenti, suggerendo l'esistenza di benefici decrescenti oltre un certo livello di qualità della banda larga.

Tuttavia, è importante sottolineare che la diffusione delle infrastrutture FTTH è iniziata più tardi e con un ritmo più lento, facendo presumere che i benefici economici di lungo periodo non siano stati catturati dai dati a disposizione.

BIBLIOGRAFIA

1. Abrardi L., Cambini C. & Sabatino L. (2023). The impact of ultra-fast broadband on labor income: an event study approach, *Economics of Innovation and New Technology*;
2. Abrardi L. & Cambini C. (2019). Ultra-fast broadband investment and adoption: A survey. *Telecommunications Policy*. Volume 43, Issue 3, pages 183-198;
3. Abrardi L., Cambini C., Grinza E. & Sabatino L. (2024). Advanced digital technologies and firm-level employment outcomes.
4. Ahmad R. et al. (2024). Does the digital economy improve female employment? A cross-county panel data analysis. *Heliyon* 10 (2024) e33535;
5. Akerman, A., Gaarder, I., & Mogstad, M. (2015). The Skill Complementarity of Broadband Internet. *Quarterly Journal of Economics*, 130(4), pp. 1781-1824, Article 102579;
6. Arvin B. M. & Pradhan R. P. (2014). Broadband Penetration and Economic Growth Nexus: Evidence from Cross-country Panel Data. *Applied Economics*, 46(35), pp. 4360-4369;
7. Banda Larga e Reti di Nuova Generazione, Studio di Settore 02, Cassa Depositi e Prestiti, agosto 2012;
8. Bhuller, Manudeep, Andreas R Kostøl, and Trond C Vigtel. (2020). "How Broadband Internet Affects Labor Market Matching";
9. Bojnec S. & Ferto I. (2012). Broadband availability and economic growth. *Industrial Management & Data Systems* Vol. 112 No. 9, 2012, pp. 1292-1306;
10. Briglauer W. & Gugler K. (2019). Go for gigabit? First evidence on economic benefits of high-speed broadband technologies in Europe. *Journal of Common Market Studies*, 57(5), 1071–1090;
11. Briglauer W., Dürr N. & Gugler K. (2021). A retrospective study on the regional benefits and spillover effects of high-speed broadband networks: Evidence from German counties. *International Journal of Industrial Organization*, 74, Article 102677;
12. Briglauer W., Kraemer J. & Palan N. (2024). Socioeconomic benefits of high-speed broadband availability and service adoption: A survey. *Telecommunications Policy*;

13. Cambini, C., Grinza, E., & Sabatino, L. (2021). Ultra-Fast Broadband Access and Productivity: Evidence from Italian Firms (No. 21-020). ULB--Universite Libre de Bruxelles;
14. Canzian, G., Poy, S., & Schüller, S. (2015). Broadband Diffusion and Firm Performance in Rural Areas: Quasi-Experimental Evidence, IZA Discussion Papers no. 9429;
15. Carvalho M., Hagerman A. D. & Whitacre B. (2022). Telework and COVID-19 Resiliency in the Southeastern United States. *Journal of Regional Analysis & Policy*, 52(1), 19-34;
16. Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni, COM(2010)245, Commissione europea, Bruxelles, 19.5.2010;
17. Connettività per un mercato unico digitale competitivo: verso la società di Gigabit entro il 2025, COM(2016) 587, Commissione europea, 2016;
18. Czernich N. et al. (2011). Broadband Infrastructure and Economic Growth. *The Economic Journal*, 121: 505-532;
19. Czernich, N. (2014). Does Broadband Internet Reduce the Unemployment Rate? Evidence for Germany. *Information Economics and Policy*, 29, pp. 32-45;
20. De Clercq M., D'Haese M. & Buysse J. (2023). Economic growth and broadband access: The European urban-rural digital divide. *Telecommunications Policy*, 47(6);
21. Economic impact of COVID-19 on digital infrastructure. International Telecommunication Union (ITU) , ITU Publications;
22. Europa 2020: la strategia dell'Unione europea per la crescita e l'occupazione, COM(2010) 2020 final, European Union Law;
23. Fabling R. & Grimes A. (2016). Picking up speed: Does ultrafast broadband increase
24. Fibre to the Home Council Europe, Flash News, "Costs for fibre based Gigabit Society significant but achievable", conferenza FTTH, Marsiglia, 16.2.2017.
25. Gallardo R., Whitacre B., Kumar I. & Upendram S. (2020). Broadband metrics and job productivity: a look at county-level data. *The Annals of Regional Science* (2021) 66:161–184;
26. Grimes A., Ren C. & Stevens, P. (2012). The need for speed: Impacts of internet connectivity on firm productivity. *Journal of Productivity Analysis*, 37(2), 187–201;

27. Grötschel M., Raack C. & Werner A. (2014). Towards optimizing the deployment of optical access networks, *EURO Journal on Computational Optimization*, Volume: 2, Issue: 1, Pages: 17-53;
28. Gürtzgen, N., A. D., Pohlan, L., & van den Berg, G. J. (2021). Do digital information technologies help unemployed job seekers find a job? Evidence from the broadband internet expansion in Germany. *European Economic Review*, 132, 1-20. Article 103657.
29. Haller, S. A., & Lyons, S. (2015). Broadband Adoption and Firm Productivity: Evidence from Irish Manufacturing Firms. *Telecommunications Policy*, 39(1), pp. 1-13;
30. Hasbi, Maude, and Erik Bohlin (2022). "Impact of Broadband Quality on Median Income and Unemployment: Evidence from Sweden." *Telematics and informatics* 66;
31. Hasbi, Maude (2017). Impact of Very High-Speed Broadband on Local Economic Growth: Empirical Evidence, 14th Asia-Pacific Regional Conference of the International Telecommunications Society (ITS): "Mapping ICT into Transformation for the Next Information Society", Kyoto, Japan, 24th-27th June, 2017, International Telecommunications Society (ITS), Calgary;
32. Hounghonon G. V. & Liang L. (2017). Broadband Internet and Income Inequality. 2017. Hal-01653815;
33. Kusumawardhani N. et al. (2023). Heterogeneous impact of internet availability on female labor market outcomes in an emerging economy: Evidence from Indonesia. *World Development*, Volume 164, 2023, 106182, ISSN 0305-750X;
34. Impresa comune "Reti e servizi intelligenti", sito Unione Europea. URL: <https://european-union.europa.eu/> ;
35. Irene Bertschek et al. (2016). The Economic Impacts of Telecommunications Networks and Broadband Internet: A Survey. Discussion Paper No. 16-056;
36. Isley C. & Low S. A. (2022). Broadband adoption and availability: Impacts on rural employment during COVID-19. *Telecommunications Policy*, 46 (2022), 102310;
37. Kenny R. & Kenny C. (2011). Superfast: Is it really worth a subsidy? *Info*, 13(4), 3–29;

38. Kolko J. (2012). Broadband and Local Growth. *Journal of Urban Economics*, 71(1), pp. 100-113;
39. Koutroumpis P. (2009). The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach. *Telecommunications Policy*, vol. 33, issue 9, 471-485;
40. La banda larga in Europa: investire nella crescita indotta dalla tecnologia digitale, COM(2010) 472, Commissione europea, 2010;
41. La banda larga negli Stati membri dell'UE (12/2018), Relazione speciale n.12 2018, Corte dei Conti Europea;
42. La Strategia italiana del 2015 e la sua realizzazione, Camera dei Deputati, 2021. Sito: <https://temi.camera.it/leg18/post/la-strategia-italiana-del-2015.html>
43. Lehr W. H., Osorio C., Gillett S. E. & Sirbu, M. A. (2006). Measuring broadband's economic impact;
44. Lobo, B., Alam, R. and B. Whitacre (2020). "Broadband Speed and Unemployment Rates: Data and Measurement Issues," *Telecommunications Policy*, 44;
45. Mack E. & Faggian, A. (2013). Productivity and Broadband: The Human Factor. *International Regional Science Review*, 36(3), pp. 392-423;
46. Orientamenti dell'Unione europea per l'applicazione delle norme in materia di aiuti di Stato in relazione allo sviluppo rapido di reti a banda larga, COM2013/C 25/1, Commissione europea, 2013;
47. Raccomandazione (UE) 2020/1307, Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, L 305/33;
48. Roller L. & Waverman L. (2001). Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach. *American Economic Review*. 91(4): 909-923;
49. Strategia Italiana per la Banda Ultra Larga 2023-2026, Dipartimento per la Trasformazione Digitale, Governo italiano, luglio 2023. Sito: https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/1622021525_strategia_bul.pdf
50. Strategia Italiana per la Banda Ultra-larga - "Verso la Gigabit Society", Ministero dello Sviluppo Economico, maggio 2021. Sito: https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/1622021525_strategia_bul.pdf

51. Strategia Italiana per la crescita digitale, Consiglio dei Ministri, 2015. Sito: https://presidenza.governo.it/GovernoInforma/documenti/piano_crescita_digital_e.pdf
52. “Telecom Italia: con partnership pubblico-privato investiti 750 mln al centro-sud”, Gruppo TIM, 2015;
53. The socio-economic impact of bandwidth, Commissione europea, 2013;
54. Whitacre B., Gallardo R. & Strover, S. (2014). Broadband’s Contribution to Economic Growth in Rural Areas: Moving Towards a Causal Relationship. *Telecommunications Policy*, 38(11), pp. 1011-1023;
55. Whitacre et al. (2014). Does rural broadband impact jobs and income? Evidence from spatial and first-differenced regressions. *Ann Reg Sci* (2014) 53:649–670.
56. Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*.

SITOGRAFIA

1. <https://www.europarl.europa.eu/>
2. <https://european-union.europa.eu/>
3. <https://op.europa.eu/>
4. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content>
5. <https://ec.europa.eu/>
6. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/>
7. <https://bandaultra-larga.italia.it/>
8. <https://temi.camera.it/>
9. <https://www.mef.gov.it/>
10. <https://www.mimit.gov.it/>
11. <https://presidenza.governo.it/>
12. <https://leg16.camera.it/>
13. <https://library.weschool.com/>
14. https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_subscriber_line#Further_reading
15. <https://www.etsi.org/standards>
16. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/>
17. <https://publications.europa.eu/resource/>
18. <https://openfiber.it/>
19. <https://www.vodafone.it/privati/area-supporto/>
20. <https://www.istat.it/>
21. <https://ec.europa.eu/eurostat>
22. https://it.wikipedia.org/wiki/Jobs_Act
23. <https://www.gruppotim.it/it/>

RINGRAZIAMENTI

Alla conclusione di questo percorso di studi, che con le sue sfide mi ha permesso di sviluppare molte competenze e, soprattutto, di crescere come persona, devo esprimere la mia più sincera gratitudine al Prof. Carlo Cambini e al Prof. Lorien Sabatino, non solo per la loro grande capacità di suscitare curiosità e interesse per gli argomenti trattati in aula, ma soprattutto, per la preziosa guida e infinita pazienza dimostrata in questi mesi di redazione della tesi.

Infine, un grande grazie alla mia famiglia e agli amici più cari, il cui aiuto e incoraggiamento in questi anni hanno fatto la differenza.