

Matricola s312845

POLITECNICO DI TORINO



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA GESTIONALE E DELLA
PRODUZIONE**

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

**Evoluzione ed Impatti delle
Infrastrutture di
Fibra Ottica
in Italia**

Tesi di laurea in Economia dei sistemi industriali

**Relatore
Prof. Carlo Cambini**

**Presentata da
Francesco Pasquariello**

**Sessione luglio
Anno Accademico 2023/2024**

Sommario

Introduzione	5
Capitolo 1: <i>Contestualizzazione e Stato dell'Arte</i>	7
1.1 Introduzione alle Infrastrutture Digitali	7
L'importanza delle infrastrutture digitali	7
How It's made?	9
Tipologie di connessione.....	18
Cos'è la fibra ottica?	20
Le generazioni della fibra ottica.....	22
I padri della Transizione Digitale.....	24
1.2 : Panoramica degli investimenti nell'UE	26
Competenze digitali	27
Difficoltà nella copertura totale nell'UE.....	30
Dinamiche di Investimento e Sviluppo	34
1.3: Panoramica degli Investimenti in Italia	35
Posizione Italiana a livello europeo	37
Il Caso Italiano: Sfide e Opportunità	40
Nature degli Investimenti: Pubblici vs Privati	41
Il ruolo di Open Fiber.....	42
Prospettive Future	44
1.4 Impatto della Fibra Ottica sulla Produttività.....	46
Impatto della Fibra Ottica sull'Innovazione e sulla Produttività.....	46
La Fibra Ottica come Motore di Innovazione	46
1.5: Ruolo della Collaborazione R&D e delle Reti di Innovazione.....	52
Impatto della fibra ottica sulla ricerca.....	52
I brevetti	53
Effetti dell'Accesso alla Fibra Ottica sulla Collaborazione R&D.....	55

1.6 Ostacoli e Sfide	59
Evoluzione Tecnologica e il Confronto con il 5G.....	59
Sostenibilità Ambientale	61
Gestione dei Progetti e normative.....	63
Cybersicurezza.....	65
Capitolo 2: Analisi della letteratura	67
Capitolo 3: Analisi del Database.....	79
Introduzione	79
Obiettivi e metodologia di analisi	80
Analisi della copertura in Italia.....	82
Analisi dei brevetti.....	90
Capitolo 4: Analisi econometrica.....	96
Introduzione	96
4.1: Introduzione al modello	97
Effetti fissi.....	99
Variabili di controllo	101
4.2: Costruzione retta di regressione.....	103
Effetti fissi.....	104
Variabili di controllo	106
Trasformazione log-log/lin.....	108
4.3: Distribuzione italiana	110
Sud e Isole.....	111
Centro.....	113
Nord-Est.....	115
Nord – Ovest.....	117
4.4: Divario digitale	118
Cluster 1	119
Cluster 2	121

4.5: Settori industriali.....	123
Conclusioni	128
Idee di sviluppo.....	130
Bibliografia	131
Sitografia.....	133
Appendice	135

Introduzione

Le infrastrutture digitali si ergono come pilastri invisibili ma indispensabili, che sostengono l'immenso edificio del progresso tecnologico e della connettività globale, nel vasto e intricato teatro dell'era dell'informazione. Le infrastrutture comprendono una moltitudine di tecnologie avanzate quali le onnipresenti reti di telecomunicazione, i data centers e il cloud computing. Tra questi colossi tecnologici, le reti di fibra ottica brillano per la loro importanza critica, costituendo le vere arterie della trasmissione dati ad alta velocità. La velocità di trasmissione degli impulsi ha innalzato la fibra ottica a icona della trasformazione digitale, abbattendo le barriere della comunicazione tradizionale e consentendo un flusso di dati quasi istantaneo che avvolge il globo. Questo ha portato con sé un'era di larghezze di banda senza precedenti, accompagnata da una drastica riduzione della latenza nelle comunicazioni. L'ascesa delle reti di fibra ottica, dal loro concepimento negli anni '70, segna una rivoluzione tanto nella tecnologia quanto nel tessuto socio-economico della nostra società; tale proliferazione ha alimentato l'esplosione dei servizi digitali, dalla visione in streaming di capolavori cinematografici, alle videochiamate che annullano le distanze tra individui separati da oceani. La fibra ottica ha reso il mondo più piccolo, più connesso, rendendo obsoleti quei metodi di connessione che una volta sembravano all'avanguardia.

Eppure, nonostante le sue meraviglie, l'adozione della fibra ottica riflette le disparità globali; alcuni paesi galoppiano verso il futuro digitale mentre altri faticano a tenere il passo. L'Italia, con il suo ricco patrimonio culturale e la sua geografia variegata, presenta una tela complessa di sfide e opportunità nella diffusione di queste infrastrutture; da un lato, il Paese abbraccia l'innovazione, dall'altro, si confronta con ostacoli geografici, economici e politici che ne rallentano l'avanzata verso una digitalizzazione completa.

Attraverso un intreccio tra analisi quantitative ed approfondimenti qualitativi, questa tesi dettaglierà l'effetto delle infrastrutture digitali sulla connettività tra persone e ricercatori. In particolare, verrà esaminato come tali infrastrutture abbiano influenzato la ricerca scientifica, concentrandosi sull'incremento delle citazioni dei brevetti in seguito alla diffusione della fibra ottica. La ricerca analitica si baserà su dati raccolti tra il 2013 e il 2018, utilizzando grafici per visualizzare i risultati e verificando le conclusioni attraverso analisi di regressione. Si dimostra che le infrastrutture digitali avanzate hanno favorito una maggiore interconnessione tra i ricercatori, facilitando la collaborazione internazionale e accelerando il progresso scientifico, con un conseguente aumento della domanda di brevetti. L'analisi mostrerà inoltre come la disponibilità di connessioni internet ad alta velocità abbia

avuto un impatto diretto e positivo sull'aumento delle citazioni dei brevetti, evidenziando il ruolo cruciale della connettività digitale nell'ecosistema della ricerca.

Capitolo 1: Contestualizzazione e Stato dell'Arte

1.1 Introduzione alle Infrastrutture Digitali

L'importanza delle infrastrutture digitali

La trasformazione digitale, ha portato alla creazione di una società in cui il libero accesso alle informazioni e la capacità di comunicare sono considerati essenziali al pari dei servizi di base; in una realtà sempre più interconnessa infatti, l'infrastruttura digitale, costituita da una serie di tecnologie come server, centri dati, reti in fibra ottica, satelliti e Internet, rappresenta l'impalcatura invisibile alla base dell'economia globale, delle relazioni sociali e delle dinamiche politiche.

Queste infrastrutture fungono da catalizzatori per l'innovazione e la crescita, consentendo lo sviluppo e la diffusione di nuove tecnologie e servizi, dalla telemedicina all'istruzione online, dal commercio elettronico alla governance digitale; esse influenzano tutti gli aspetti della vita moderna, consentendo modelli di business che fino a pochi decenni fa erano inimmaginabili, offrendo alle persone modi assolutamente nuovi di interagire, apprendere e lavorare.

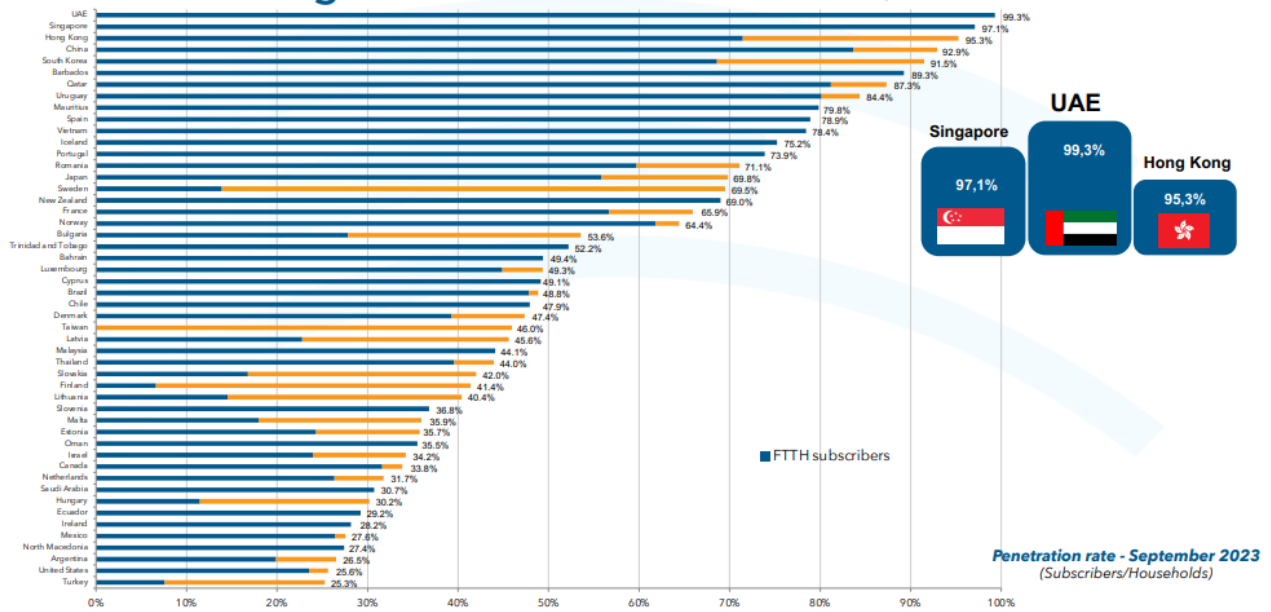
L'infrastruttura digitale è un fattore che favorisce l'inclusione sociale e l'uguaglianza; la digitalizzazione e l'accesso a Internet possono ridurre considerevolmente le disuguaglianze tra gruppi di reddito, regioni geografiche, garantendo a tutti la disponibilità di medesimi servizi e informazioni. In mancanza di accesso a tali infrastrutture si vanno ad acuire le disuguaglianze esistenti portando al cosiddetto "divario digitale".

Con l'aumento della dipendenza dalle reti digitali, aumenta però il rischio di interruzioni e attacchi informatici, che richiedono continui investimenti nelle politiche di sicurezza e di gestione del rischio; la resilienza di queste infrastrutture è quindi diventata una questione di sicurezza nazionale e global; se da un lato queste infrastrutture favoriscono il progresso e l'innovazione, dall'altro devono però evolversi per adattarsi alle nuove sfide, come i cambiamenti climatici e le esigenze di sostenibilità. L'efficienza energetica, l'uso di energie rinnovabili e il riciclaggio dell'hardware saranno elementi centrali nella progettazione e nel funzionamento di infrastrutture digitali sostenibili.

Per comprendere l'importanza di tali infrastrutture nella società moderna basta chiedersi: sarebbe stato possibile affermare una città come Dubai senza le infrastrutture digitali?

Il caso di Dubai offre un esempio emblematico del ruolo critico che tali infrastrutture assumono nello sviluppo urbano ed economico di una città; come dimostrano i dati sotto riportati, è ragionevole sostenere che, l'impressionante trasformazione di Dubai da un modesto insediamento a una metropoli globalmente riconosciuta, è stata facilitata soprattutto dall'innovazione in ambito digitale.

Global Ranking* - FTTH/B Markets - Countries with more than 25% penetration



(Figura 1- penetration rate settembre 2023)

(Fonte – FTTH Council - FTTH/B Global Ranking Sept 2023)

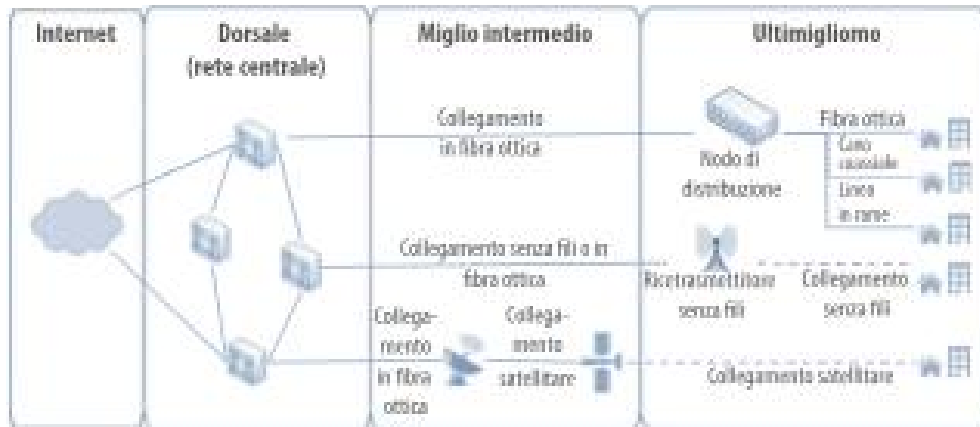
La mappa della penetrazione del FTTH/B evidenzia chiaramente il ruolo di leader che Dubai ha assunto nella rivoluzione digitale globale. Con una copertura di fibra ottica al 97.9%, Dubai si distingue per una delle più alte percentuali di penetrazione al mondo, simbolo di un'infrastruttura digitale quasi ubiqua. Questo elevato livello di accessibilità alla banda larga ultraveloce è un pilastro fondamentale per il supporto delle ambizioni digitali dell'Emirato, permettendo la creazione di un ecosistema favorevole all'innovazione tecnologica.

How It's made?

Da dove arriva la connessione del nostro pc o smartphone? come funziona?

C'è interconnessione tra i paesi?

Per rispondere a queste domande bisogna partire dal presupposto che le reti di telecomunicazione pubbliche, possono essere suddivise in: reti long haul interexchange network (o core network), metropolitan local-exchange network e access network (detta anche ultimo miglio).



(Figura 2 – struttura reti)

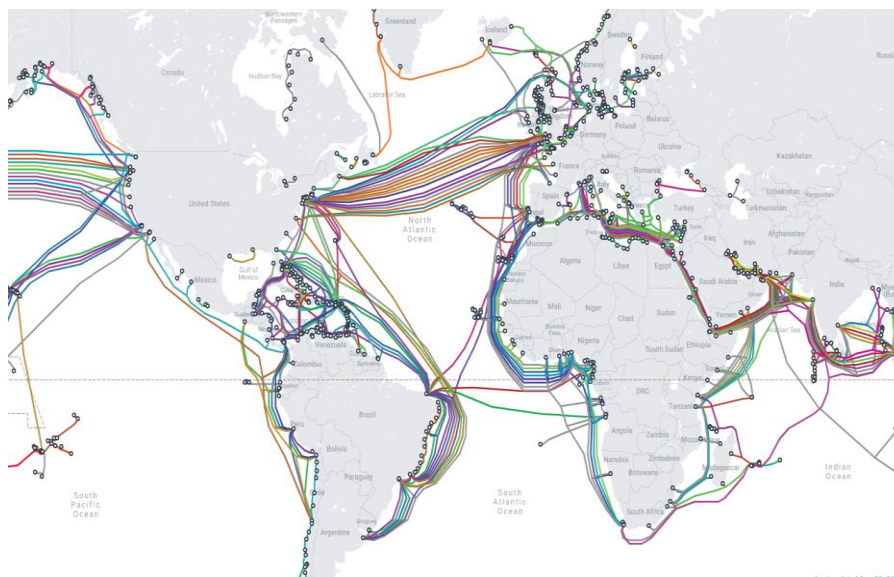
(Fonte- <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/broadband-12-2018/it/>)

Con un approccio top- down, si dettagliano ora tutte le fasi della trasmissione della rete via cavo, iniziando con le reti long haul interexchange, per terminare con gli access network.

Long Haul Interexchange Network

I cavi sottomarini in fibra ottica rappresentano le arterie di connettività più importanti del mondo; oltre il 99% del traffico dati transoceanico, comprese le comunicazioni internazionali, le transazioni finanziarie e lo scambio di informazioni, avviene infatti attraverso queste strutture posate sul fondo marino; dal loro avvento a metà del XIX secolo, quando vennero posati i primi cavi telegrafici nell'Oceano Atlantico, agli attuali sistemi intercontinentali ad alta capacità, i cavi sottomarini hanno svolto un ruolo fondamentale nell'evoluzione delle comunicazioni globali e dell'economia digitale; la loro importanza va al di là degli aspetti puramente tecnici, costituendo una risorsa strategica per quei Paesi che dispongono di nodi di cavi importanti.

Queste reti costituiscono la spina dorsale delle telecomunicazioni globali e sono caratterizzate da una capacità di trasmissione estremamente elevata e dalla scalabilità per gestire grandi quantità di traffico generate da miliardi di dispositivi. Progettate per essere altamente affidabili e resilienti, le reti a lungo raggio sono costruite su migliaia di chilometri di infrastrutture in fibra ottica, spesso con percorsi ridondanti per garantire la continuità del servizio in caso di guasti o interruzioni di corrente. In tale contesto, tecnologie avanzate come la multiplazione a divisione di lunghezza d'onda (DWDM), consentono di trasmettere simultaneamente più segnali ottici a diverse lunghezze d'onda, ottimizzando l'utilizzo della fibra e aumentando significativamente la larghezza di banda disponibile.



(Figura 3 – cavi sottomarini)

(Fonte-<https://www2.telegeography.com/submarine-cable-map-trivia>)

L'immagine soprastante illustra una mappa complessa delle rotte dei cavi sottomarini in fibra ottica che costituiscono l'infrastruttura dorsale delle telecomunicazioni globali. Ogni colore traccia il percorso di un diverso cavo, che, estendendosi tra i vari nodi, identificati da piccoli cerchi, dimostra

l'interconnettività tra nazioni e continenti. Questa rete sottomarina è il pilastro su cui si basano i moderni scambi di dati, sostenendo l'intera architettura dell'internet globale e delle comunicazioni intercontinentali.

La mole di dati trasmessi aumenta quotidianamente; con l'incremento delle informazioni presenti in rete e con l'aumentare della loro dimensione, le infrastrutture sono obbligate ad adeguarsi. L'evoluzione delle infrastrutture digitale è “meno tangibile” dell'evoluzione delle infrastrutture stradali, nonostante il fatto che il progresso della connettività vada di pari passo con il progresso dell'umanità.

A dimostrazione del fatto che la connettività e il suo fitto scheletro di cavi è in continua evoluzione riporto sotto la mappa dei cavi marini nel 2016.



(Figura 4 – cavi sottomarini)

(Fonte-<https://www.dire.it/27-01-2016/33895-internet-la-seconda-vita-dei-cavi-sottomarini/>)

Dal confronto di questa immagine del 2016 con la medesima mappa nel 2024 (Figura 3) si nota come negli anni l'infrastruttura è decisamente mutata, arrivando quasi a raddoppiare le connessioni precedentemente esistenti; un aspetto che non va trascurato nella trattazione del long haul interexchange network è certamente la loro importanza strategica.

La sicurezza dei cavi sottomarini è fondamentale per la stabilità delle reti di comunicazione globali e la loro vulnerabilità può quindi avere importanti conseguenze a livello internazionale. La minaccia di disastri naturali è sempre presente. Incidenti, come il sabotaggio compiuto dai militanti Houthi nel Mar Rosso, dimostrano l'importanza di proteggere i cavi; tali attacchi non solo interrompono le comunicazioni, ma comportano anche effetti economici e politici destabilizzanti su scala globale.

Nel 2006, un terremoto a Taiwan ha interrotto molti cavi, con gravi interruzioni nelle comunicazioni tra Asia e Nord America.

Esempio di sabotaggio intenzionale è rappresentato da un episodio risalente al 2013 che vide un subacqueo tentare di tagliare il cavo SEA-ME-WE 4 nel Mar Mediterraneo. Per contrastare queste minacce, le aziende investono in tecnologie di monitoraggio come i sensori di rilevamento che segnalano i tagli e le interruzioni dei cavi; inoltre, la cooperazione tra gli Stati attraverso esercitazioni di risposta alle emergenze e accordi di protezione delle infrastrutture critiche è essenziale per ridurre al minimo i tempi di inattività e garantire la resilienza della rete. tali misure sono essenziali tanto per prevenire quanto per ridurre al minimo i danni e garantire continuità delle comunicazioni globali in ogni circostanza.

I danni causati dall'uomo possono però non essere intenzionali; frequentemente attività di dragaggio e ormeggio hanno danneggiato accidentalmente i cavi.

Il futuro dei cavi sottomarini è già ben definito. L'indotto economico creato è di 4,3 miliardi di dollari l'anno fino al 2030. Si stima che tra il 2022 e il 2024 verranno attivati nuovi cavi per un valore superiore a 6 miliardi di dollari, destinati a collegare l'Asia con l'Oceania; molti di questi cavi seguiranno tracciati inediti. si pensi a Echo e Bifrost che saranno i primi a realizzare una connessione diretta tra Singapore e gli Stati Uniti.

Il cavo Apricot sarà pioniere nel connettere il Giappone a Singapore attraverso una rotta che passa a est delle Filippine.

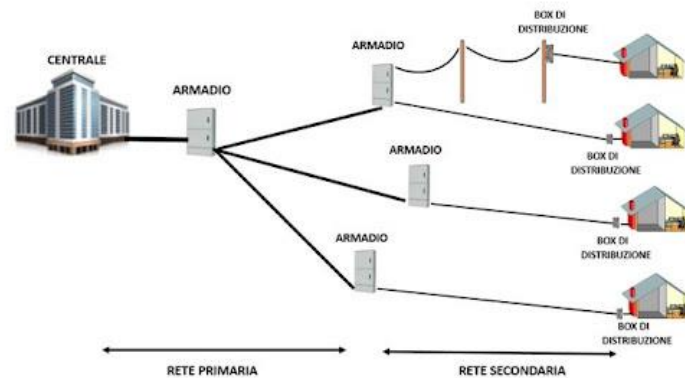
Inoltre, si anticipa un investimento di 10 miliardi di dollari in banda larga, il quale si prevede aggiungerà circa 78 sistemi, estendendosi per più di 300.000 chilometri. Questo rappresenta un incremento senza precedenti nell'ultimo ventennio.

Il progetto del cavo transatlantico MAREA, sviluppato da Microsoft e Facebook, con una lunghezza totale di 6.600 km e una capacità di 160 terabit al secondo è il cavo più veloce del mondo; il cavo aumenterà la velocità di trasmissione dei dati tra gli Stati Uniti e l'Europa, e introdurrà nuove possibilità per il progresso dei servizi cloud e delle soluzioni di intelligenza artificiale su larga scala. I cavi sottomarini in fibra ottica sono soggetti a complessi quadri giuridici e normativi che variano notevolmente a seconda delle acque territoriali in cui sono installati. Accordi internazionali come l'Unione internazionale delle telecomunicazioni (UIT) e la Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare (UNCLOS) stabiliscono standard per proteggere queste infrastrutture critiche e garantirne la sicurezza e il corretto funzionamento; un caso emblematico è rappresentato dal conflitto legale tra Colombia e Giamaica per la posa di un cavo nel Mar dei Caraibi, che ha sollevato questioni di diritti di passaggio e sovranità territoriale. Questi casi sottolineano la necessità di definizioni giuridiche chiare e di accordi bilaterali o multilaterali per prevenire i conflitti e garantire una gestione

efficace delle infrastrutture sottomarine. tali accordi sono necessari per proteggere l'integrità e la funzionalità delle reti di telecomunicazione globali, garantendo così cooperazione internazionale e riducendo al minimo il rischio di controversie legali che compromettano l'accesso e la distribuzione delle telecomunicazioni globali.

Metropolitan Local-Exchange Network

Continuando con l'analisi top-down delle comunicazioni, un elemento cruciale nell'ecosistema della comunicazione urbana è rappresentato dalle reti metropolitane local-exchange, o Metropolitan Area Networks (MAN).



(Figura 5 – struttura di rete)

(Fonte - <http://www.cvsperoni.it/index.php/pstn/>)

Progettate per ottimizzare la connessione in aree geografiche ristrette ma densamente popolate, queste reti fungono da ponte tra gli utenti finali e le più ampie reti long-haul. Le MAN sono concepite con lo scopo di fornire un'alta larghezza di banda attraverso connessioni in fibra ottica o tecnologie wireless di ultima generazione, integrando servizi di telecomunicazioni, trasmissione dati e diffusione di contenuti multimediali; la loro architettura è pensata per essere flessibile e scalabile, in grado di adattarsi rapidamente all'evoluzione del tessuto urbano e alla crescita esponenziale della domanda di servizi digitali.

Seul, pioniera nell'uso della fibra ottica, è diventata una delle città tecnologicamente più avanzate al mondo nei primi anni 2000 con l'implementazione della rete MLExN. L'uso diffuso di questa rete ha migliorato la connettività tra le diverse parti della città e rendendo possibile un'ampia gamma di applicazioni smart city; i sensori di monitoraggio della qualità dell'aria e i sistemi di gestione del traffico sono stati integrati nella rete, fornendo dati in tempo reale che aiutano a migliorare la gestione della città. Questo fa di Seoul un modello globale per quelle città che cercano di diventare connesse e intelligenti, e dimostra come una solida infrastruttura di rete possa costituire la base per la trasformazione urbana.

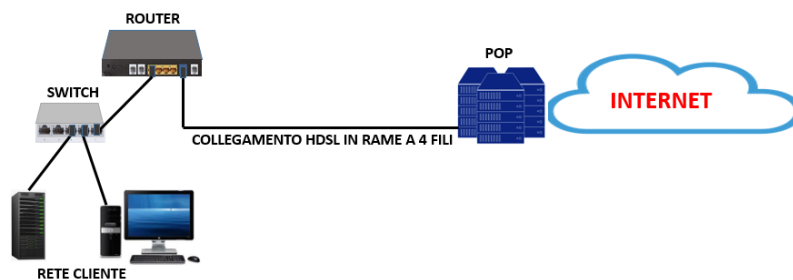
Mentre l'utilità della Metropolitan Local Exchange Network (MLExN) è di routine, la sua velocità può essere simbolica; gli attacchi terroristici dell'11 settembre a New York ne sono un esempio. Nonostante l'enorme distruzione infatti alcune parti della rete di telecomunicazioni sono rimaste operative permettendo così ai soccorritori di coordinarsi efficacemente. La rete MLExN ha svolto un

ruolo fondamentale, fornendo una comunicazione continua tra i servizi di emergenza nonostante l'interruzione di molte linee tradizionali. Ciò sottolinea l'importanza di una rete robusta e resiliente, in grado di resistere a condizioni estreme.

Costruire una rete MLE_xN non è sempre facile; soprattutto in luoghi esotici come Venezia, con la sua struttura storica e unica di isole separate da canali e collegate da ponti, l'installazione ha posto sfide uniche. Gli ingegneri hanno dovuto sviluppare un metodo non invasivo per la posa della fibra ottica per non danneggiare il patrimonio storico e architettonico; utilizzando tecniche come la microforatura, che consente di posare la fibra ottica senza scavi, gli ingegneri hanno fatto passare i cavi sotto i canali e i ponti storici esistenti, dimostrando che la tecnologia moderna può essere integrata in un contesto storico con un impatto visivo e strutturale minimo.

Access Network

Nella gerarchia delle infrastrutture di telecomunicazione, L' "access network" o rete di accesso, spesso definita "l'ultimo miglio", costituisce l'ultima frontiera nel percorso di connessione tra il fornitore di servizi e l'utente finale; questo segmento di rete rappresenta il punto di contatto diretto con gli utenti e determina la qualità e l'efficacia dell'intera esperienza di connettività. Le reti di accesso si caratterizzano per la loro diversificata topologia, adattandosi sia a densi ambienti urbani che a sparsi contesti rurali, e possono essere basate su una varietà di tecnologie, tra cui la fibra ottica (FTTH, FTTP), cavi coassiali, sistemi DSL su linee telefoniche esistenti, e connessioni wireless fisse o mobili. A causa della vasta distribuzione geografica e della necessità di assicurare una connessione stabile e veloce per supportare le richieste di servizi sempre più banda-intensivi, l'ultimo miglio rappresenta il segmento più sfidante dal punto di vista dell'investimento e della manutenzione.



(Figura 6- access network)

(Fonte- <https://www.researchgate.net/>)

Durante la pandemia di COVID-19, l'incremento esponenziale del lavoro da remoto, dell'istruzione online e dell'intrattenimento domestico ha creato un carico sulle reti Access Network senza precedenti. Gli ISP (Internet Service Providers) di tutto il mondo hanno dovuto affrontare un incremento improvviso e significativo del traffico dati, che in alcune aree ha superato il 50%; per far fronte a questa domanda, molti fornitori hanno adottato misure temporanee per implementare la capacità e migliorare la gestione del traffico; in Europa, YouTube e Netflix, su richiesta della Commissione Europea, hanno ridotto la qualità del loro streaming per evitare la congestione della rete. Questo evento sui generis ha evidenziato l'importanza cruciale dell'ultimo miglio, accelerando gli investimenti in tecnologie più robuste e scalabili, come la fibra ottica, per scongiurare problemi simili in futuro.

Nel 2010 Google ha annunciato il suo progetto come parte di un'iniziativa per portare connessioni Internet ultraveloci a velocità gigabit alle comunità residenziali; tale progetto è iniziato come un esperimento in un numero limitato di città, per esplorare le possibilità e le sfide associate al dispiegamento della fibra ottica nell'ultimo miglio.



(Figura 7- Logo Google Fiber)

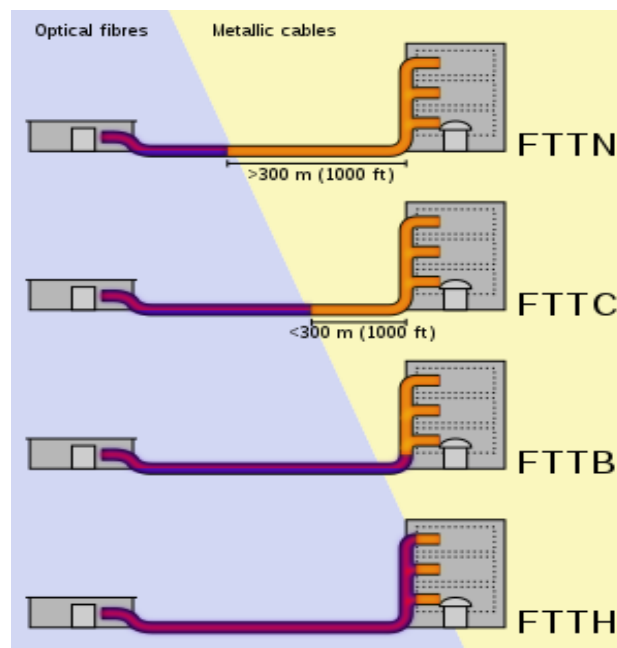
(Fonte- <https://it.wikipedia.org/wiki/File:Google-Fiber.png>)

La città di Kansas City è stata la prima a beneficiare di Google Fiber nel 2012, segnando l'inizio ufficiale dell'implementazione. Durante la realizzazione del progetto, l'azienda ha però dovuto affrontare numerose sfide. Iniziato come un ambizioso esperimento per promuovere connessioni ad alta velocità, ci si è scontrati ben presto con le realtà del dispiegamento fisico della fibra ottica e degli ostacoli che ne conseguivano: costi elevati di scavo e posa dei cavi, negoziazioni con le autorità locali per ottenere i permessi necessari e la concorrenza delle compagnie di telecomunicazioni esistenti; tali problemi hanno portato Google a rallentare l'espansione e a esplorare alternative tecnologiche, come la connessione wireless, per superare le barriere logistiche ed economiche, evidenziando le sfide pratiche dell'estensione dell'ultimo miglio.

Tipologie di connessione

Attualmente, sul mercato esistono due principali tipi di tecnologie di connessione: quella basata su cavi di rame e quella basata invece su fibra ottica; questi due sistemi sono alla base di tre diverse configurazioni di connessione che possono essere offerte agli immobili:

- **ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line):** Utilizza cavi di rame per l'intero percorso dalla centrale telefonica all'abitazione, passando per gli snodi intermedi. Questo tipo di connessione può raggiungere una velocità massima di 20 Mbps sotto condizioni ideali.
- **FTTN (Fiber to the Node):** Combina cavi di fibra ottica e di rame. La fibra ottica collega la centrale allo snodo, mentre da questo all'abitazione il collegamento è in rame. Questa soluzione può offrire velocità di download fino a 400 Mbps.
- **FTTC (Fiber to the Cabinet):** Simile al FTTN, ma il collegamento in fibra arriva fino a una cabina stradale, servendo non più di 200 abitazioni. Il tratto finale (circa 300 metri) in rame dalla cabina alle abitazioni è più breve. Questo setup è conosciuto anche come "last mile".
- **FTTB (Fiber To the Building):** In questa configurazione le reti in fibra ottica spesso si estendono alla base degli edifici, come i garage. Il collegamento interno all'edificio è in rame.
- **FTTH (Fiber to the Home):** Rappresenta la configurazione più avanzata, con un collegamento in fibra ottica che va dalla centrale direttamente all'interno dell'abitazione. Queste reti possono raggiungere velocità di 1 Gbps.

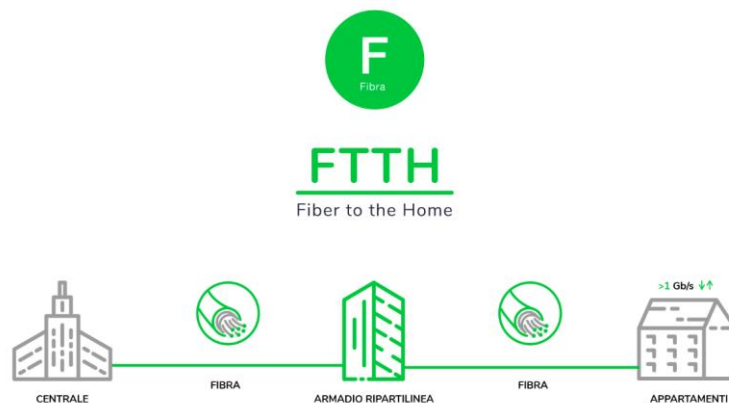


(Figura 8 – tipologie di connessioni presenti sul mercato)

(Fonte- https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x)

Per facilitare il riconoscimento del tipo di connessione offerta, l'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM) ha introdotto una codifica a colori:

- **Rosso (R per Rame):** Indica le reti che utilizzano esclusivamente cavi di rame, come le connessioni ADSL.
- **Giallo (FR per Fibra/Rame):** Assegnato a soluzioni che integrano sia fibra che rame, tipico delle configurazioni FTTN e FTTC.
- **Verde (F per Fibra):** Utilizzato per identificare le connessioni FTTH, dove la fibra ottica è presente per l'intero tragitto dalla centrale all'abitazione.

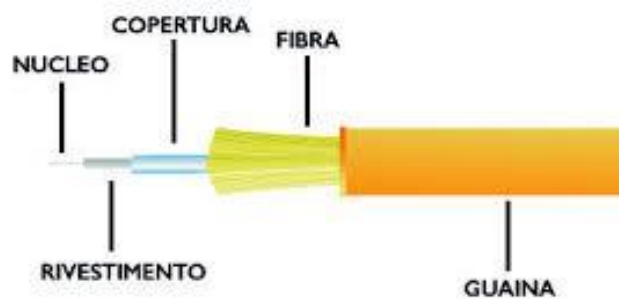


(Figura 9 – Connessione FTTH)

(Fonte - <https://openfiber.it/en/>)

Cos'è la fibra ottica?

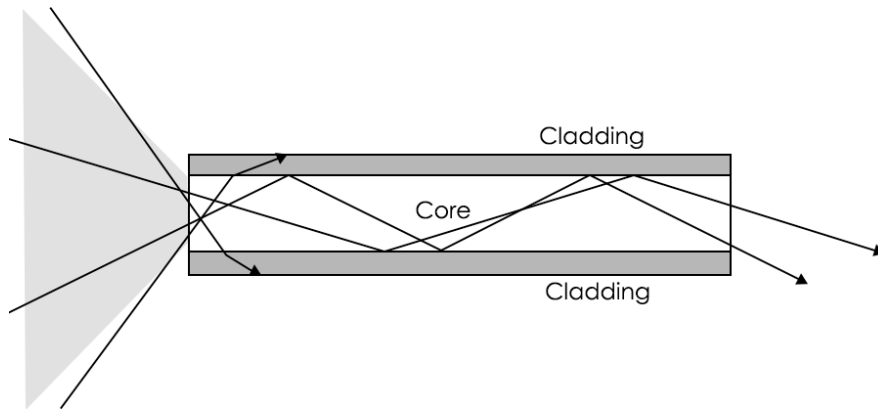
Le fibre ottiche sono sottili fili di materiali trasparenti, come vetro o polimeri, usati per guidare la luce al loro interno; questi fili hanno applicazioni varie, tra cui le telecomunicazioni, l'illuminazione, l'industria medica e la sicurezza. Presentati come cavi pieghevoli, non subiscono effetti negativi da interferenze elettriche o condizioni climatiche avverse, e mostrano una bassa sensibilità alle fluttuazioni termiche; il loro rivestimento esterno ha un diametro tipico di 125 micrometri, simile a quello di un capello, e il peso è di circa 60 grammi per chilometro, guaina inclusa. Questi cavi agiscono come canali per il trasporto di luce, simili a tubi per l'acqua, e sono definiti come guide d'onda dielettriche.



(Figura 10 – struttura cavo fibra ottica)

(Fonte - <https://it.quora.com/Come-sono-fatti-i-cavi-della-fibra-ottica>)

Sono capaci di trasportare campi elettromagnetici ad alta frequenza, tipicamente vicino all'infrarosso, con perdite minime. Le fibre ottiche sono essenziali nelle telecomunicazioni per trasmettere segnali ottici su lunghe distanze e per fornire connessioni internet ad alta velocità, da decine di Megabit a Terabit al secondo, attraverso tecnologie avanzate come il WDM. Per comprendere a fondo le fibre ottiche è necessario ricorrere a principi di ottica quantistica, anche se un'analisi più semplice può essere fatta attraverso l'ottica classica: in essa, un fenomeno chiamato riflessione totale interna mantiene la luce intrappolata all'interno del filo, similmente a come l'acqua resta in un tubo, purché la fibra non sia piegata in maniera eccessiva.



(Figura 11 – riflessione interna ai cavi di fibra)

(Fonte - <https://www.eter.it/news/cosa-e-la-fibra-ottica/>)

Nell'illustrazione si mostra il modo in cui due fasci di luce, ovvero sequenze di radiazione elettromagnetica, colpiscono la superficie di separazione tra il nucleo e il mantello all'interno della fibra ottica.

Le generazioni della fibra ottica

Entrando nei tecnicismi, il processo evolutivo può essere suddiviso in più step; negli anni '70, veniva introdotta la prima ondata di sistemi di comunicazione ottica, facendo affidamento su LED e laser a base di AlGaAs, che emetteva lunghezze d'onda vicine agli $0,8 \mu\text{m}$, nota come la prima finestra, attraverso fibre ottiche multimodali a indice di rifrazione graduato. La capacità di questi sistemi, limitata principalmente dalla dispersione modale, raggiungeva alcune centinaia di Mb/s per chilometro. Il primo sistema commerciale di comunicazione ottica, lanciato nel 1980, operava a 45 Mb/s con una necessità di rigenerazione del segnale ogni 7 km.

L'avvento delle fibre monomodali, nei primi anni '80, segnava il superamento delle limitazioni dovute alla dispersione modale, aprendo la via alla seconda generazione di comunicazioni ottiche. I progressi nella tecnologia di produzione dei semiconduttori consentivano l'utilizzo di etero strutture quaternarie come InGaAsP, introducendo sorgenti luminose che operavano nella seconda finestra a circa $1,3 \mu\text{m}$, dove l'attenuazione e la dispersione cromatica delle fibre erano notevolmente ridotte. Nel 1987, veniva lanciato sul mercato un sistema di comunicazione ottica da 1,7 Gb/s con un intervallo di rigenerazione esteso a 50 km.

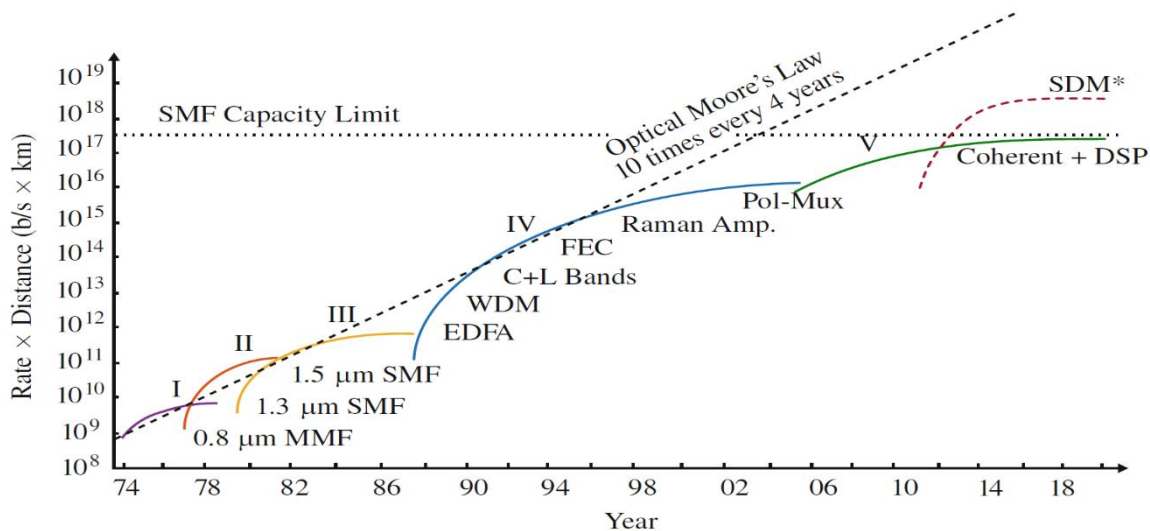
La terza generazione migliorava ulteriormente le prestazioni grazie ai progressi nella tecnologia dei semiconduttori, riducendo l'attenuazione a $0,2 \text{ dB/km}$ spostando l'operatività a $1,5 \mu\text{m}$ (terza finestra), e nel 1990, i sistemi ottici raggiungevano i 2,5 Gb/s.

Con la quarta generazione, le comunicazioni ottiche subirono un nuovo salto qualitativo, spostando le limitazioni dalla fibra ottica agli apparati elettronici di gestione dei segnali. L'introduzione della modulazione WDM negli anni '90 permetteva un uso più efficiente della banda, anche se i costi di rigenerazione dei segnali ottici rimanevano elevati, soprattutto per le lunghe distanze, a causa della necessità di convertire periodicamente i segnali da ottici a elettronici e viceversa.

Parallelamente, le ricerche sulle fibre ottiche, arricchite con terre rare, e sugli amplificatori ottici totalmente ottici EDFA, insieme ai progressi nel trattamento dei segnali digitali e nella correzione degli errori, hanno portato a significative riduzioni dei costi operativi e miglioramenti delle capacità di trasmissione. Queste innovazioni hanno permesso la sostituzione di molti rigeneratori con pochi amplificatori EDFA, in particolare nelle tratte sottomarine transoceaniche, riducendo notevolmente i costi.

L'evoluzione verso sistemi di comunicazione ottica di quinta generazione sembra orientarsi verso l'integrazione di tecnologie di elaborazione digitale del segnale (DSP) per ottimizzare la ricezione, benché la storia di questa transizione offra spunti e sfide ancora da esplorare.

Dall'analisi della Figura, si può dedurre che la pendenza massima relativa della tangente (prima derivata) della curva associata ai sistemi di quinta generazione si verifica con l'effettiva introduzione di sistemi di comunicazione ottici coerenti, in particolare quelli che integrano l'elaborazione digitale del segnale (DSP) per l'elaborazione numerica delle informazioni all'estremità ricevente.



(Figura 12 – Evoluzione fibra)

(Fonte - <https://teoriadeisegnali.it/>)

Ad oggi, infatti, la definizione ufficiale presente sul sito del piano strategico per la Banda Ultra Larga descrive la banda larga come la capacità di trasmettere e ricevere dati ad una velocità superiore a 144 kb/s. Questo risultato lo si è potuto raggiungere grazie alle trasmissioni in rame, con sistemi di tipo ADSL.

Per quanto riguarda la banda ultraveloce, questa è caratterizzata da una velocità di download minima di 30 Mb/s. dato che soluzioni in rame e wireless non permettono di raggiungere tali prestazioni, per arrivare a queste velocità di trasmissione è essenziale la fibra.

Le connessioni che raggiungono o superano 1 Gb/s vengono classificate come reti ultraveloci.

I padri della Transizione Digitale

La narrazione della transizione, dall'era delle connessioni internet tradizionali, dominata da cavi in rame e connessioni DSL, all'innovativa e rivoluzionaria fibra ottica, è una storia ricca di sfumature tecniche, impatti socioeconomici profondi e cambiamenti che hanno ridefinito il concetto stesso di connettività nell'era moderna. Questo passaggio ha rappresentato un'evoluzione tecnologica e un salto quantico che ha riscritto le regole della comunicazione digitale, promuovendo una trasformazione che va ben oltre l'ambito tecnico, per influenzare ogni aspetto della vita sociale ed economica globale.

I laser sono impiegati per il trasporto dati tra due punti, ma per garantire l'arrivo delle informazioni senza assorbimenti, la luce deve essere guidata accuratamente; Charles Kao si è lasciato ispirare da un gruppo medico viennese del tardo Ottocento, che aveva creato un dispositivo illuminante curvo per le sale operatorie. Kao propose l'uso di cavi per trasferire laser su varie frequenze per lunghe distanze con minima perdita di segnale. Nel 1966, la sua azienda, la STC, ha esplorato le fibre ottiche e ha pubblicato, con George Hockham, uno studio pionieristico sull'uso delle fibre ottiche in telecomunicazioni.

Kao ha inoltre rilevato che le impurità nel vetro causavano una significativa attenuazione del segnale nelle fibre ottiche, stabilendo che un'attenuazione non superiore a 20 dB per km era necessaria per l'efficace trasmissione telefonica tramite fibra ottica.

L'uso attuale delle fibre ottiche per Internet deriva dagli sforzi della Corning Glass, azienda americana che nel 1970 ha risposto alla sfida di Kao sviluppando il primo prototipo di cavo in fibra di vetro per uso commerciale; questo cavo, combinando silicio e titanio, mostrava un'attenuazione di 17 dB per km, molto inferiore rispetto agli standard attuali. Pochi anni dopo, la Corning migliorò ulteriormente tale tecnologia con l'introduzione dell'ossido di germanio, riducendo l'attenuazione a soli 4 dB per km, rendendo così le fibre ottiche ideali per le telecomunicazioni e la rete, e anticipando quella che sarebbe stata la rivoluzione tecnologica che avrebbe connesso utenti globali attraverso una rete Internet estremamente rapida.



(Figura 13 -Charles Kao)

(Fonte - <https://spectrum.ieee.org/>)

1.2 : Panoramica degli investimenti nell'UE

Negli ultimi decenni, la fibra ottica ha rivoluzionato il panorama delle telecomunicazioni, diventando una delle tecnologie più influenti e innovative nel settore della connettività. Nel nostro paese, l'investimento nella fibra ottica ha assunto rilevanza strategica per affrontare le sfide della digitalizzazione e per sostenere la competitività del paese in un'economia sempre più influenzata dalla tecnologia. La transizione verso reti più robuste e veloci ha migliorato esponenzialmente la capacità di accesso ai servizi digitali, aumentando le opportunità economiche e favorendo l'inclusione digitale su tutto il territorio nazionale. Tuttavia, il cammino verso una completa copertura è stato segnato da sfide complesse riconducibili a fattori geografici, economici e normativi.

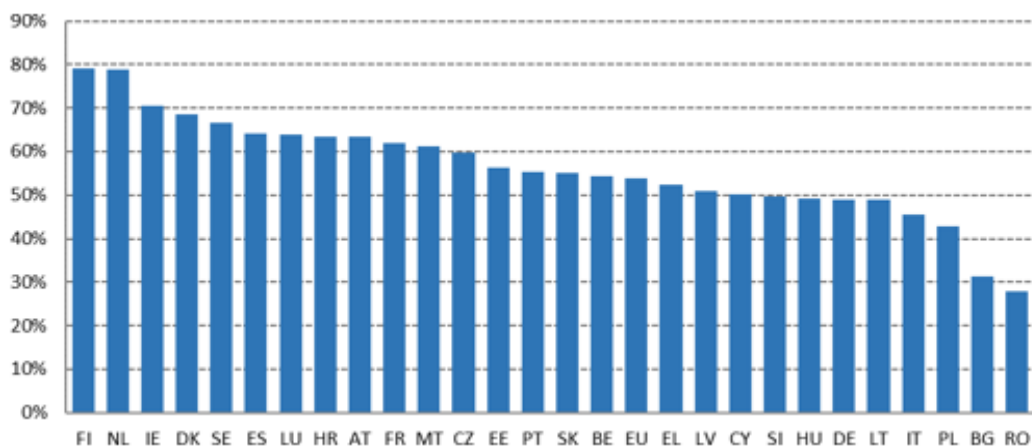
Questo capitolo ha lo scopo di descrivere l'evoluzione e l'impatto degli investimenti in fibra ottica in Italia, esaminando come questi abbiano contribuito a ridurre il divario digitale, stimolando l'innovazione e potenziando le infrastrutture critiche del paese.

L'approccio seguito combina l'analisi di dati di settore con l'esperienza degli operatori di mercato e le evidenze raccolte da studi casistici; attraverso tale prospettiva integrata, emergono le principali tendenze e le future implicazioni degli investimenti in fibra ottica, fornendo un quadro dettagliato delle sfide e delle opportunità per il prossimo decennio. Con la crescente domanda di connettività avanzata, la fibra ottica continua ad essere un elemento chiave per la crescita economica e lo sviluppo socioculturale, rivoluzionando il modo in cui viviamo, lavoriamo e comunichiamo.

Competenze digitali

Nell'era moderna, l'importanza delle competenze digitali è in continua crescita e rispecchia la trasformazione del nostro ambiente professionale e personale.; la padronanza degli strumenti digitali e delle piattaforme online si è rivelata essenziale per mantenere competitività nel mercato del lavoro, e partecipare attivamente alla società. Le competenze digitali consentono infatti alle persone di accedere a informazioni, servizi e opportunità, altrimenti fuori dalla loro portata. Da come utilizzare efficacemente il web per la ricerca e la comunicazione a come padroneggiare software specifici per il settore in aree come istruzione, finanza e ingegneria, dette competenze sono ormai essenziali. Inoltre, la capacità di adattarsi alle nuove tecnologie è essenziale per tenere il passo con la rapida evoluzione tecnologica e sfruttare al meglio le opportunità che ne derivano.

Nonostante l'elevato accesso a internet tra i cittadini dell'UE, con l'87% delle persone tra i 16 e i 74 anni che hanno navigato regolarmente nel 2021, solo poco più della metà (54%) dispone di competenze digitali specifiche. Tale discrepanza emerge chiaramente all'interno dell'Unione Europea: mentre Paesi Bassi e Finlandia eccellono nel livello di competenze digitali della loro popolazione, Romania e Bulgaria rimangono notevolmente indietro.



(Figura 14 - % di persone con competenze digitali almeno sufficienti)

(Fonte: Eurosta, 2021, indagine dell'Unione europea sull'uso delle TIC nelle famiglie e da parte degli individui)

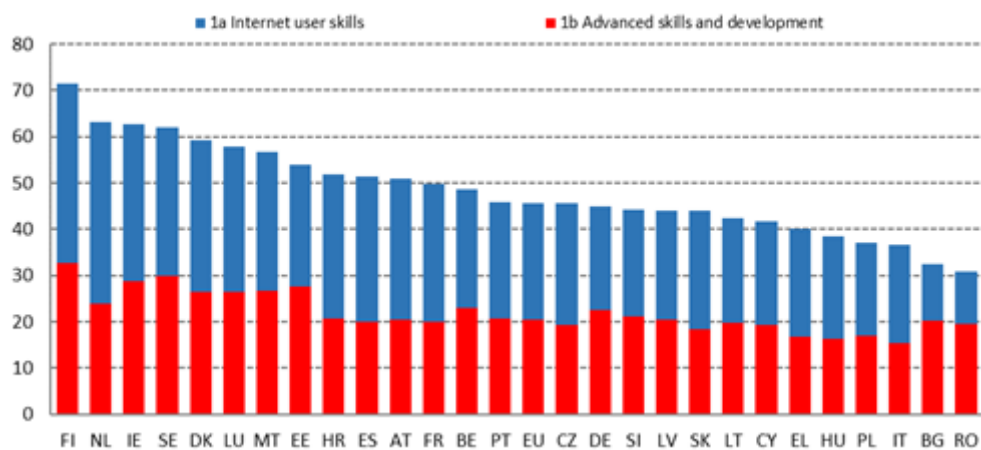
Considerando che, la maggior parte delle opportunità di lavoro attuali richiede una certa dimestichezza con gli strumenti digitali, è preoccupante che una vasta porzione degli europei non sia ancora adeguatamente preparata. L'UE ha quindi fissato l'ambizioso obiettivo di garantire che almeno l'80% dei cittadini posseda, entro il 2030, competenze digitali di base.

Distinzione doverosa è sicuramente quella tra competenze di base ICT, presenti in blu in figura 14 e competenze avanzate, in rosso in figura 15. In una realtà lavorativa in continua evoluzione, è necessario migliorare le proprie competenze digitali.

Definiamo competenze di base, quelle essenziali per operare nella vita quotidiana e professionale moderna, come la navigazione in Internet, l'uso della posta elettronica e la capacità di utilizzare motori di ricerca e applicazioni per comunicare.

Le competenze avanzate ricomprendono invece la gestione di database, la programmazione, la sicurezza informatica, e l'analisi di dati complessi; tali abilità sono più tecniche e spesso richieste in ambiti professionali specifici, dove la tecnologia gioca un ruolo dominante nello sviluppo e nell'innovazione.

Riporto in seguito il grafico in cui si evince la differenza capacità nell'utilizzo del digitale.



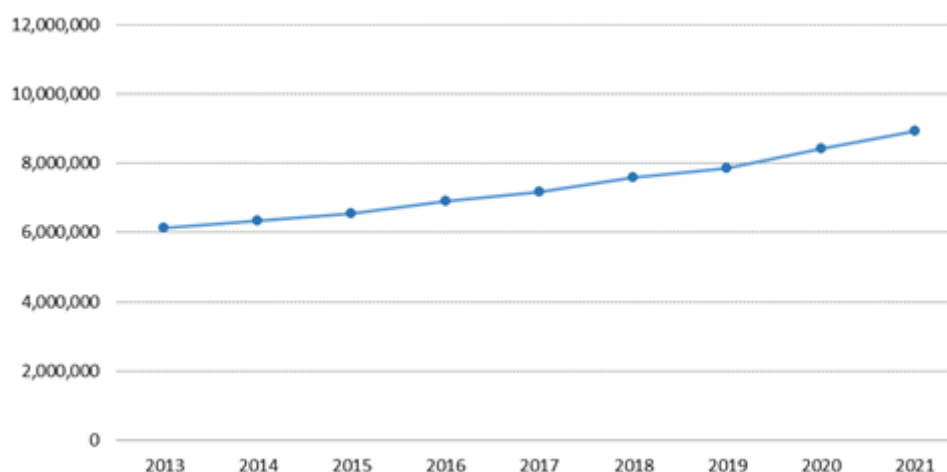
(Figura 15 - % di persone con competenze digitali sufficienti ed avanzate)

(Fonte: *Desi 2021*)

Per affrontare le sfide dell'economia digitale e della società interconnessa, è cruciale unire le competenze digitali con altre abilità essenziali come la lettura, la matematica, il pensiero critico, e la collaborazione. La Settimana europea della programmazione, sostenuta dalla Commissione europea, promuove quest'idea con attività divertenti e inclusive che mirano a diffondere la programmazione e l'alfabetizzazione digitale a livello globale. Questo evento si allinea con gli obiettivi del piano d'azione per l'istruzione digitale 2021-2027, che punta a ridurre significativamente la percentuale di giovani con scarse competenze digitali entro il 2030, e contribuisce agli obiettivi del decennio digitale. Inoltre, offre numerose risorse didattiche gratuite per aiutare gli insegnanti a integrare la tecnologia in tutti i livelli di istruzione. Negli ultimi cinque anni, la Settimana europea della programmazione ha coinvolto 15,5 milioni di partecipanti, con circa 4 milioni solo nel 2021, mostrando un'impressionante partecipazione giovanile, con un'età media di 11 anni, e una notevole

presenza femminile che rappresenta quasi metà dei partecipanti (49%). Ciò sottolinea il crescente interesse e l'importanza dell'approccio alla tecnologia fin dalla giovane età.

La situazione nel mercato del lavoro riflette un'analogha carenza: nel 2020, oltre la metà delle aziende che hanno cercato di reclutare specialisti ICT hanno incontrato difficoltà nel riempire queste posizioni. Questo deficit si complica ulteriormente per la marcata disparità di genere nel settore ICT, dove solo il 19% degli specialisti e un terzo dei laureati in discipline STEM sono donne. Il "Percorso per il decennio digitale", proposto dall'UE, si propone di affrontare sia la carenza di specialisti sia la disparità di genere, puntando a un aumento del numero di specialisti ICT fino a 20 milioni entro il 2030, a partire dagli 8,9 milioni del 2021. Sebbene vi sia stata una crescita costante dal 2013, si necessita di un impulso maggiore per raggiungere questi traguardi. Paesi come la Svezia e la Finlandia già mostrano una percentuale elevata di specialisti ICT nella forza lavoro, con rispettivamente l'8% e il 7,4%, evidenziando l'importanza di un impegno continuo e rafforzato nel settore ICT per il futuro digitale dell'Europa.



(Figura 16 – occupazione specialisti ICT)

(Fonte: Eurostat, Indagine sulle forze di lavoro)

Difficoltà nella copertura totale nell'UE

Per garantire l'accessibilità universale ai servizi digitali e preservare la competitività economica, l'Unione Europea sta puntando su un'infrastruttura di connettività digitale di alta qualità, sicura e sostenibile; tale infrastruttura è progettata per integrare le tecnologie più avanzate, come la fibra ottica e i sistemi wireless di ultima generazione, tra cui il 5G e il 6G. Nel suo discorso sullo stato dell'Unione del 2020 e 2021, la presidente Ursula von der Leyen ha evidenziato l'importanza degli investimenti in queste tecnologie; inoltre, l'analisi dei comportamenti dei consumatori e delle future applicazioni digitali mostra che, la crescente richiesta di connessioni gigabit è cruciale sia per il settore residenziale che per quello aziendale, supportando applicazioni come realtà aumentata, intelligenza artificiale e servizi cloud. L'evoluzione dei semiconduttori e l'ascesa delle tecnologie quantistiche sono anch'essi aspetti fondamentali della trasformazione digitale dell'UE, con progetti ambiziosi quali l'introduzione dei primi computer quantistici entro il 2025 e il raggiungimento di una leadership nelle capacità quantistiche entro il 2030.

	UE	
	DESI 2020	DESI 2022
2a1 Diffusione complessiva della banda larga fissa	75%	78%
% famiglie	2019	2021
2a2 Utilizzo della banda larga fissa ad almeno 100 Mbit/s	28%	41%
% famiglie	2019	2021
2a3 Assorbimento di almeno 1 Gbps	NA	7.6%
% famiglie		2021
2b1 Copertura a banda larga veloce (NGA)	84%	90%
% famiglie	2019	2021
2b2 Copertura VHCN (Fixed Very High Capacity Network)	50%	70%
% famiglie	2019	2021
2b3 Copertura Fiber to the Premises (FTTP)	38%	50%
% famiglie	2019	2021
Spettro 2c1 5G	20%	56%
Spettro assegnato in % del totale dello spettro 5G armonizzato	04/2020	04/2022
Copertura 2c2 5G	NA	66%
% di aree popolate		2021
2c3 Diffusione della banda larga mobile	80%	87%
% individui	2018	2021
2d1 Indice dei prezzi della banda larga	64	73
Punteggio (0-100)	2019	2021

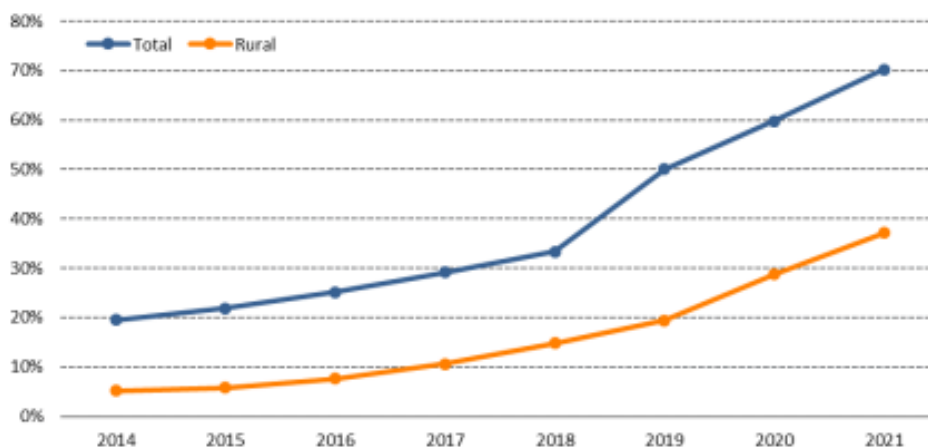
(Figura 17 – Indicatore di connettività Desi)

(Fonte: DESI 2022, Commissione europea)

Nel contesto del "decennio digitale", l'Unione Europea si è prefissata due obiettivi chiave relativi alla connettività, da conseguire entro il 2030: garantire la copertura gigabit per tutte le residenze e il servizio 5G in tutte le aree densamente popolate. Finora, con piani sanciti dal Consiglio, 21 stati membri hanno stanziato circa 16 miliardi di euro per i piani di ripresa e resilienza, destinati a potenziare le reti gigabit e 5G. Tra questi, Italia, Spagna, Polonia e Grecia spiccano per gli importi più alti allocati, che oscillano tra 1,2 e 6,7 miliardi di euro. Questi fondi sono accompagnati da varie

riforme, come la riduzione della burocrazia per l'installazione delle reti e l'adozione di nuove misure di sicurezza per il 5G. Nonostante tali investimenti, persiste un marcato divario nella copertura della banda larga tra aree urbane e rurali, in particolare per le reti di velocità molto alta.

L'Unione Europea sta facendo significativi passi verso l'evoluzione delle infrastrutture digitali, anche attraverso il programma "Connecting Europe Facility" (CEF), con un budget considerevole di oltre 33 miliardi di euro assegnato per il periodo 2021-2027. Questi fondi sono destinati a migliorare le infrastrutture di trasporto e energia e a potenziare significativamente le reti di connettività digitale; una quota rilevante di tale investimento è riservata specificamente per l'espansione delle reti gigabit e 5G, che sono essenziali per trasformare l'Europa in una società pienamente digitale e interconnessa entro il 2030. Questi ambiziosi obiettivi sono particolarmente determinanti per garantire l'accesso universale alle tecnologie digitali avanzate e per sostenere il progresso economico e sociale in tutta l'Unione. Nonostante questo impegno, estendere la copertura a tutte le aree, in particolare quelle rurali, presenta sfide sostanziali. Le regioni rurali spesso non attraggono investimenti privati in infrastrutture di rete a causa della loro bassa densità di popolazione e del conseguente ritorno economico inferiore. Per superare queste barriere, l'UE incoraggia attivamente l'utilizzo di fondi pubblici e promuove partenariati pubblico-privato. Questi sforzi sono volti a stimolare gli investimenti anche nelle aree economicamente meno vantaggiose, garantendo che nessuna parte del continente rimanga indietro nell'accesso alle nuove tecnologie.



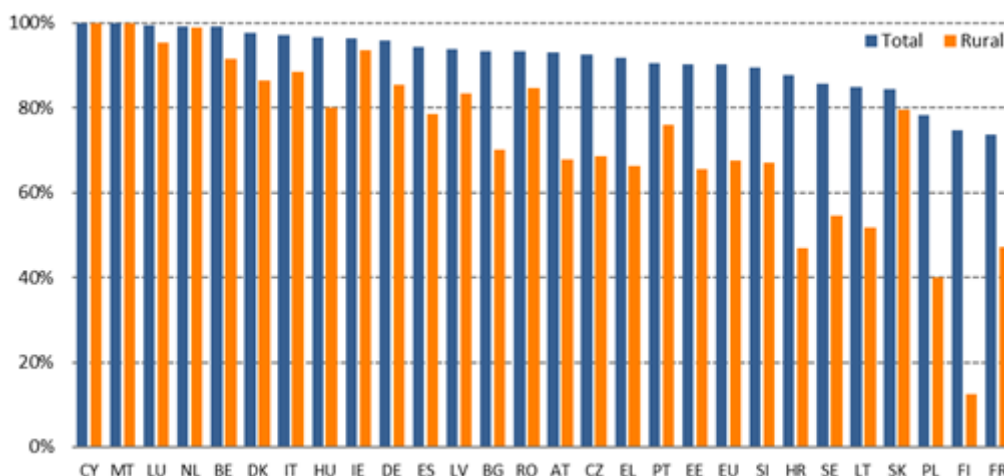
(Figura 18 - Copertura della banda larga con accesso di nuova generazione (VCNH) nell'UE)

(Fonte: IHS Markit, Omdia e Point Topic, Studi sulla copertura della banda larga in Europa)

Tra il 2014 e il 2021, l'espansione della copertura delle reti VHCN nell'UE ha fatto passi da gigante, saltando da meno di un quinto delle abitazioni a ben sette su dieci. Questo balzo in avanti è stato considerevole nell'ultimo triennio, anche grazie all'aggiornamento tecnologico delle infrastrutture di

cavo con standard DOCSIS 3.1 in stati come Malta e Danimarca, e l'intensificarsi dell'implementazione di collegamenti in fibra ottica direttamente agli edifici in paesi come l'Irlanda e l'Ungheria. Nonostante un incremento rilevante anche nelle zone rurali, dove la copertura è cresciuta dal 4% al 37%, persiste ancora un profondo divario rispetto alle aree urbane; tale discrepanza mette in luce le differenze regionali in termini di opportunità digitali, indicando la necessità di investimenti aggiuntivi affinché le zone rurali possano adeguarsi.

Fronteggiando questa disuguaglianza, l'UE ha intrapreso iniziative senza precedenti, con piani che vedono l'approvazione di riforme e finanziamenti per un totale di 16 miliardi di euro dal Recovery and Resilience Facility, concentrati sullo sviluppo delle infrastrutture digitali per i prossimi anni, e mirando in particolare al potenziamento delle aree rurali. Ulteriori risorse saranno destinate attraverso strumenti finanziari come i Fondi di Coesione, i prestiti FEASR, InvestEU, la BEI, e soprattutto attraverso il programma CEF Digital. Gestito dall'agenzia HADEA, il CEF Digital prevede l'erogazione di 2 miliardi di euro (parte dei 33 milioni sopra citati) in sette anni per sviluppare infrastrutture di connettività performanti, con l'intento di generare investimenti mirati compresi tra i 3 e i 6 miliardi di euro, per sostenere e realizzare gli obiettivi di connettività digitale dell'UE per il 2030.



(Figura 19 - Copertura della banda larga con accesso di nuova generazione (VCNH) nell'UE)

(Fonte: IHS Markit, Omdia e Point Topic, Studi sulla copertura della banda larga in Europa)

A metà del 2021, si è delineato un quadro eterogeneo per quanto riguarda la copertura delle reti VHCN nelle varie nazioni europee. Malta si è distinta, raggiungendo una copertura del 100%, piazzandosi al vertice della classifica europea per l'accesso alle reti a elevatissima capacità. Altre nazioni non sono state da meno: Lussemburgo, Danimarca, Spagna, Lettonia, Paesi Bassi e Portogallo hanno tutte superato la soglia del 90%, testimoniando un impegno notevole nell'ampliamento della loro

infrastruttura digitale. Al contrario, purtroppo, alcune nazioni hanno mostrato margini di miglioramento più ampi. La Grecia, Cipro, Italia e Austria hanno presentato livelli di copertura VHCN più bassi, con percentuali rispettivamente del 20%, 41%, 44% e 45%. Questi dati riflettono la necessità di un impulso ulteriore negli investimenti infrastrutturali in queste aree per raggiungere gli obiettivi di connettività stabiliti dall'UE.

Si è notata una particolare accelerazione nei progressi di Ungheria, Repubblica Ceca e Germania, che hanno visto un incremento di copertura rispettivamente di 30 e 19 punti percentuali. Questo miglioramento sottolinea come investimenti e politiche mirate possano effettivamente tradursi in progressi tangibili nell'accesso a internet ad alta velocità, cruciale per l'economia digitale e per l'inclusione sociale.

Questi sviluppi, riflessi nel grafico, sottolineano il dinamismo del settore delle telecomunicazioni nell'UE e l'importanza di perseguire con decisione gli obiettivi di digitalizzazione, soprattutto in vista delle esigenze di connettività sempre più pressanti nel contesto del lavoro a distanza, dell'educazione digitale e dell'innovazione tecnologica.

Dinamiche di Investimento e Sviluppo

Il panorama delle infrastrutture digitali sta attraversando una fase critica di trasformazione a causa della crescente domanda di connettività avanzata e di requisiti tecnici sempre più complessi.

Il Libro bianco sulla gestione del fabbisogno di infrastrutture digitali in Europa evidenzia le numerose sfide e opportunità in questo settore. Evidenzia che l'infrastruttura di connettività europea è attualmente insufficiente per soddisfare le future esigenze digitali, con una copertura in fibra ottica che raggiunge solo il 56% delle famiglie e grandi lacune, soprattutto nelle aree rurali. Inoltre, l'Unione Europea sta spingendo per una transizione della rete in fibra ottica dal rame alla fibra ottica, al fine di creare un mercato unico digitale più armonizzato e competitivo.

Gli investimenti nella fibra ottica non sono solo una necessità tecnologica, ma anche un imperativo economico. Le ricerche dimostrano che una maggiore penetrazione della banda larga stimola direttamente la crescita economica. Le reti in fibra ottica sono essenziali per supportare un'ampia gamma di applicazioni industriali e di consumo che richiedono alta velocità e bassa latenza.

L'Unione Europea incoraggia lo sviluppo di infrastrutture sostenibili che non solo soddisfino i requisiti tecnici ed economici. Ciò è in linea con il più ampio obiettivo dell'UE di ridurre l'impatto ambientale dell'industria digitale, sostenendo le innovazioni che migliorano l'efficienza energetica delle reti e riducono l'uso di risorse non rinnovabili.

Nel complesso, i finanziamenti necessari per trasformare la visione del "decennio digitale" in realtà sono ingenti e la loro efficacia dipenderà in larga misura dalla capacità dell'UE di attuare politiche che promuovano un uso equo e sostenibile delle risorse digitali. Questo non solo accelererà la modernizzazione delle infrastrutture esistenti, ma garantirà anche che il progresso tecnologico continui in modo sostenibile e inclusivo.

1.3: Panoramica degli Investimenti in Italia

Iniziati nei primi anni del nuovo millennio, gli investimenti nelle infrastrutture di rete in Italia hanno segnato una tappa fondamentale nel processo di digitalizzazione del paese. La necessità di modernizzare e rendere competitiva la rete nazionale ha catalizzato uno sforzo congiunto tra il governo e il settore privato, dando vita a un dinamico ecosistema di innovazione. Questo impegno bilaterale ha trasformato l'Italia in uno scenario di fervente, posizionandola tra i mercati europei più tecnologicamente avanzati.

L'evoluzione degli investimenti in Italia riflette una strategia di sviluppo che ha puntato ad equilibrare la rapida espansione della rete con la necessità di un approccio sostenibile e inclusivo. Il confronto con le politiche adottate in altri paesi europei evidenzia la peculiarità del percorso italiano, caratterizzato da una graduale ma costante crescita degli investimenti. Questa traiettoria, sebbene influenzata da sfide legate alla geografia e alla burocrazia del paese, ha permesso all'Italia di colmare progressivamente il divario con le nazioni all'avanguardia.

Gli investimenti in infrastrutture digitali hanno avuto un impatto profondo e multidimensionale sull'economia e sulla società italiane. Oltre a migliorare significativamente la qualità e la velocità delle connessioni internet, hanno catalizzato l'innovazione in settori cruciali come l'istruzione, la sanità e il commercio elettronico, stimolando allo stesso tempo la nascita di nuovi modelli di business e aumentando la competitività delle imprese italiane a livello internazionale.

Guardando al futuro, il paese si trova di fronte all'ambizioso traguardo di estendere la connettività coprendo anche le zone più remote. Per realizzare questa visione, sarà cruciale non solo continuare a potenziare l'infrastruttura tecnica ma anche investire con determinazione nello sviluppo di una cultura digitale inclusiva, che equipaggi i cittadini con le competenze necessarie per navigare e prosperare nell'economia globale del XXI secolo. Questo sforzo collettivo verso una completa digitalizzazione rappresenta un impegno verso la creazione di una società italiana più connessa, resiliente e innovativa, pronta ad affrontare le sfide del futuro con fiducia e visione.

La penisola attualmente è divisa in zona in base al numero di investimenti privati stanziati:

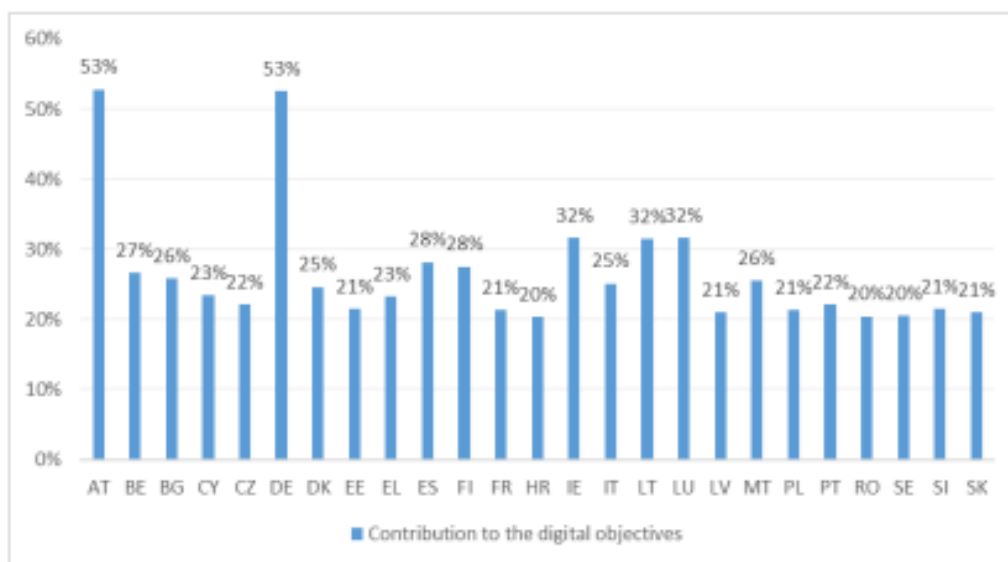
- Le Aree Nere facenti parte del “cluster A”, più densamente popolate, sono quelle nelle quali, oltre alle infrastrutture, è presente un mercato concorrenziale con almeno due diversi fornitori di servizi di rete a banda ultra-larga.
- Le Aree Grigie facenti parte del “cluster B” sono quelle nelle quali è presente un solo operatore di rete ed è improbabile che altri decidano di investire o che venga realizzata una seconda rete entro i tre anni successivi alla mappatura.

- Le Aree Bianche suddivise tra il “cluster C” e il “cluster D”, infine, sono quelle nelle quali non è presente un’infrastruttura per la banda ultra-larga e nessun operatore ha mostrato interesse a investire. In questi casi è necessario un intervento economico da parte dello Stato.

Posizione Italiana a livello europeo

Il Fondo per la ripresa e la resilienza si pone come un'opportunità senza precedenti per gli Stati Membri di investire nella propria trasformazione digitale, contribuendo al contempo all'aumento della resilienza e del potenziale innovativo dell'Unione, e alla riduzione delle dipendenze esterne dell'UE. Fino ad oggi, sono stati approvati 25 piani dal Consiglio dell'Unione Europea, con un totale di 490 miliardi di euro assegnati, suddivisi tra sovvenzioni e prestiti. Tra questi, l'Italia si distingue con una dedizione notevole verso gli obiettivi digitali.

Nello specifico, l'Italia ha dedicato il 25,6% del suo piano di recupero e resilienza alle misure che sostengono la transizione digitale, un po' al di sopra della soglia minima del 20% richiesta dal regolamento del RRF e anche superiore alla media dell'UE, come dimostrato dal grafico in figura 20 sotto riportata.



(Figura 20 - % della spesa stimata verso gli obiettivi digitali)

(Fonte: Commissione Europea)

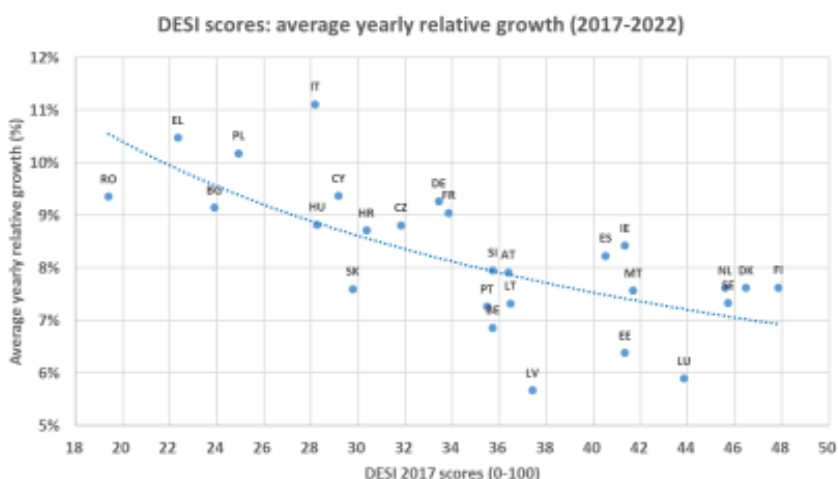
L'Italia, a dimostrazione del grande impegno, si propone l'obiettivo di raggiungere una piena connessione digitale entro il 2026. Parallelamente sono erogati investimenti per l'innovazione del sistema produttivo e per la digitalizzazione della pubblica amministrazione per un totale di 6,1 mld di euro.

Il PNRR italiano prevede azioni mirate per promuovere la trasformazione digitale del Paese, sostenendo l'innovazione nelle tecnologie d'avanguardia e nelle attività formative 4.0 con un investimento di 13,4 miliardi di euro. Questi sforzi sono parte di un piano più ampio che mira a colmare i divari territoriali, generazionali e di genere. Si vuole guidare il Paese lungo un percorso di

transizione ecologica ed economica, puntando a un rafforzamento significativo delle capacità digitali sia della popolazione che dei lavoratori.

Con l'approvazione del suo piano di ripresa e resilienza, l'Italia si pone così come uno degli attori chiave nell'ambito della digitalizzazione in Europa, mostrando un approccio proattivo nel perseguire le ambizioni digitali dell'UE e assicurando un futuro più connesso e tecnologicamente avanzato per i suoi cittadini.

La dedizione dell'Italia al proprio percorso di digitalizzazione è stata salda e determinata e i risultati sono notevoli quando si considera la sua performance in termini di indice DESI. Nel corso degli ultimi cinque anni, l'Italia ha dimostrato un'ascesa decisa nel settore ICT, emergendo come uno dei paesi con il più alto tasso di over performance nella crescita digitale rispetto alle previsioni. In particolare, la crescita annuale stimata per l'Italia era del 9% tra il 2017 e il 2022, ma i dati mostrano un superamento di queste aspettative, con un incremento che ha raggiunto l'11,1% annuo, ponendo l'Italia al primo posto in Europa per sovrainvestimento nel digitale.



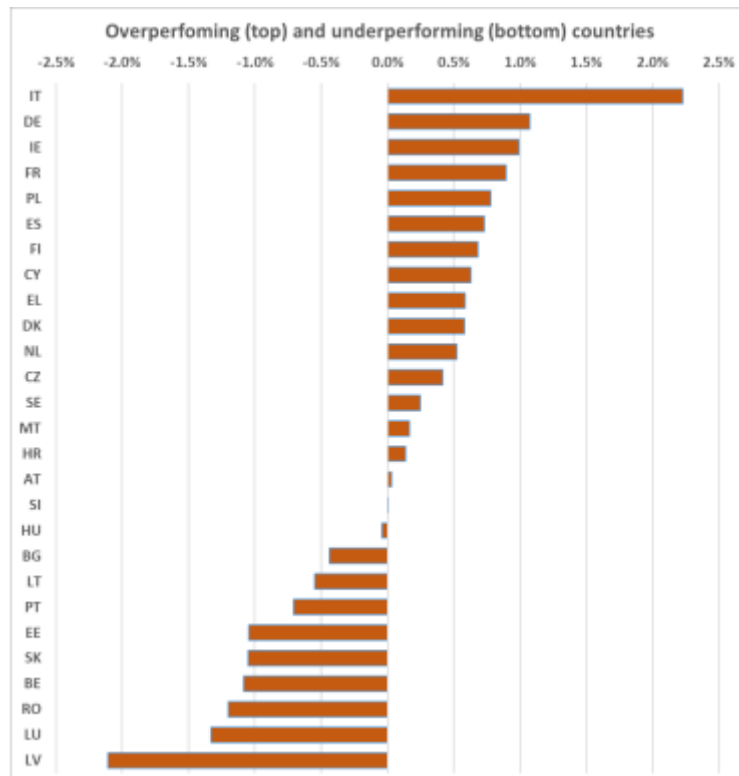
(Figura 21 - **Indice di digitalizzazione dell'economia e della società**)

(Fonte: *Commissione Europea*)

Il grafico esaminato dalla Commissione Europea riflette questa realtà, posizionando l'Italia tra i paesi leader, seguita da altre nazioni come Germania, Irlanda, Francia e Polonia. Al contrario, paesi come la Lettonia hanno mostrato progressi meno rapidi, crescendo a un ritmo molto più lento di quello prospettato dalla curva di convergenza, il che sottolinea la presenza di disparità nel raggiungimento degli obiettivi digitali all'interno dell'UE.

Nel dettaglio, il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza dell'Italia riflette l'importanza data alla transizione digitale con investimenti notevoli in connettività, inclusa la diffusione di reti ad altissima capacità e 5G, e iniziative per la digitalizzazione dell'amministrazione pubblica e dell'innovazione

del sistema produttivo. Il PNRR prevede azioni mirate che puntano non solo a modernizzare l'infrastruttura esistente ma anche a favorire lo sviluppo di competenze digitali avanzate, cruciali per sostenere una società e un'economia sempre più digitalizzate.



(Figura 22 - Scostamenti rispetto al valore atteso indice DESI)

(Fonte: Commissione Europea)

Questa visione si allinea agli obiettivi del Digital Decade Compass dell'UE, che mira a una completa digitalizzazione dei servizi pubblici e a una più ampia adozione delle tecnologie digitali da parte delle imprese, in particolare delle PMI.

Il Caso Italiano: Sfide e Opportunità

Il caso italiano di dispiegamento delle infrastrutture di fibra ottica evidenzia che la sfida geografica non è l'unico fattore da considerare; a questo vanno infatti aggiunti i problemi politici, economici, culturali ed amministrativo. Esistono ancora, nonostante il coinvolgimento del settore privato e pubblico, molte barriere alla piena digitalizzazione. La topografia del paese molto diversificata, con rende difficoltosa una copertura uniforme. Problemi burocratici e normativi hanno ancora una volta complicato il processo, determinando ritardi e scoraggiando le iniziative. Con l'approvazione delle istituzioni, la normativa è stata notevolmente snellita per accelerare il dispiegamento infrastrutturale. Ciò si è concretizzato in una semplificazione delle barriere procedurali riducendo la complessità dei regolamenti, snellendo il processo autorizzatorio, con procedure più veloci e trasparenti. Inoltre, il digitalizzare i processi burocratici, attraverso portali online e l'automatizzazione delle approvazioni, ha reso più efficiente l'utilizzo e la gestione centralizzata delle pratiche, riuscendo quindi ad implementare più facilmente i progetti, riducendo i tempi e i costi associati. Questa sfida è anche un problema culturale, che deve essere affrontato come tale, con il riconoscimento che la connettività è un diritto umano. Ogni cittadino dovrebbe ricevere una base di istruzione riguardo l'utilizzo delle infrastrutture di rete, per sfruttarne tutte le opportunità. Lo scopo è di garantire che ogni cittadino possa trarre beneficio da tale rivoluzione, sottolineando quindi l'importanza della connettività universale per lo sviluppo e l'innovazione.

Nature degli Investimenti: Pubblici vs Privati

L'Italia ha dimostrato che la sua strategia di sviluppo infrastrutturale digitale, fondata sul mutuo rispetto e l'interazione tra gli sforzi pubblici e privati, è un modello esemplare di sinergia e collaborazione. I trasferimenti statali e le semplificazioni normative hanno avuto l'obiettivo di abbattere le barriere all'ingresso rendendo più attraente l'ambiente per gli investitori, sia nazionali che internazionali.

Le compagnie di telecomunicazioni, insieme ad altri attori del settore privato, a loro volta, hanno risposto con entusiasmo a queste iniziative, investendo risorse significative in ricerca e sviluppo per espandere le infrastrutture di fibra ottica. L'impegno del settore privato è stato fondamentale per alimentare l'accelerazione del dispiegamento su scala nazionale e assicurare che l'innovazione tecnologica tenesse il passo con le crescenti esigenze degli utenti finali.

Affinché questa collaborazione continui, è fondamentale mantenere un dialogo costante e costruttivo tra tutti gli stakeholder coinvolti. Questo include l'adozione di politiche che favoriscano un ulteriore abbattimento delle barriere burocratiche e l'incoraggiamento di un clima di fiducia reciproca. Allo stesso tempo, è cruciale che vengano continuamente valutate e integrate le innovazioni tecnologiche emergenti, per assicurare che la rete di fibra ottica italiana rimanga resiliente, sicura e in grado di soddisfare le esigenze future.

Il ruolo di Open Fiber

Se si parla di trasformazione digitale Italia non si può evitare di citare Open Fiber, che attualmente ricopre un ruolo strategico nel panorama digitale italiano.

Open Fiber ha infatti effettuato un significativo investimento di circa 8 miliardi di euro per implementare la rete, stabilendo connessioni in fibra in circa 6.000 comuni distribuiti in 20 regioni. Questo massiccio dispendio di risorse ha permesso di estendere la connettività ad alta velocità a molte aree precedentemente prive di adeguata infrastruttura, contribuendo così a colmare il divario tecnologico. La società ha ottenuto l'aggiudicazione di tre importanti bandi indetti da Infratel Italia S.p.A., una società del Ministero dello Sviluppo Economico, destinati alla realizzazione di infrastrutture in fibra ottica che coprono migliaia di comuni di piccole dimensioni. In aggiunta agli 8 miliardi già investiti, Open Fiber prevede di raddoppiare gli investimenti complessivi entro il 2031, rafforzando il suo impegno nel migliorare l'accesso in tutto il territorio nazionale. Dal dicembre 2021, Open Fiber è controllata al 60% da CDP Equity S.p.A. (parte del gruppo Cassa depositi e prestiti) e al 40% da Fiber Networks Holdings S.r.l. (appartenente al gruppo Macquarie). Queste operazioni evidenziano il ruolo di Open Fiber come pilastro centrale nella strategia di digitalizzazione dell'Italia, con un focus particolare sulle regioni meno digitalmente sviluppate.

Lo sviluppo dell'azienda è stato accelerato da accordi imprenditoriali con altre imprese. Per ampliare il proprio plafond di clienti è stato siglato nel 2018 un accordo tra Open Fiber e Noitel Italia grazie al quale la società controllata Cloudditalia diventa provider autorizzato a livello nazionale del servizio. Per accelerare la fase di ampliamento del servizio, Open Fiber ha stretto un accordo, sempre nel 2018, per il quale fornirà a Retelit l'accesso alla sua rete in cambio all'uso delle infrastrutture di cui Retelit è proprietaria, per massimizzare il riutilizzo e minimizzare gli impatti.

Una nuova svolta è avvenuta poi nel 2019 in cui Open fiber ha chiuso un contratto con Tim. Nelle aree bianche Tim potrà offrire copertura usufruendo delle infrastrutture di cui OpenFiber è proprietaria. D'altra parte, Open Fiber invece va ad acquisire un'infrastruttura aerea con un valore superiore ai 200 milioni di euro per velocizzare lo sviluppo, la realizzazione e la diffusione della rete veloce in Italia.

La partnership strategica tra TIM e Open Fiber è culminata con un accordo nel 2022 con l'obiettivo di eliminare la duplicazione dell'infrastruttura creando un'unica rete in fibra. Questo ha portato ad un'accelerazione della diffusione dei servizi, in particolare nelle aree meno densamente popolate.

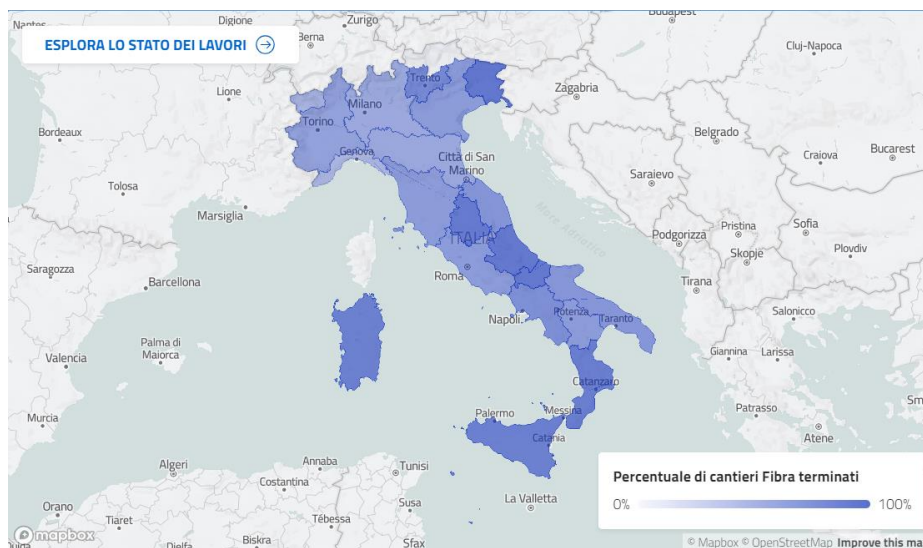
Questo contratto è stato oggetto di un intenso dibattito, non solo per l'importanza di entrambe le aziende nel mercato delle telecomunicazioni, ma anche per i complessi sviluppi normativi e le implicazioni legali. Questa partnership è un passo importante verso la realizzazione di un'unica rete

a banda ultra-larga in Italia, che sia il Governo italiano che le aziende coinvolte perseguono da molti anni. L'accordo tra TIM e Open Fiber e le trattative dell'AGCOM (Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni) sono fortemente influenzate dalla Direttiva Europea (2018/1972) sulle Telecomunicazioni. La direttiva mira a stimolare la concorrenza e a migliorare i servizi agli utenti finali, incoraggiando gli investimenti in reti ad alta capacità e garantendo che tali investimenti siano utilizzati apertamente dai diversi operatori. Se da un lato la condivisione dell'infrastruttura è significativa in termini di riduzione dei costi complessivi di implementazione della rete per entrambi gli operatori, dall'altro solleva significative sfide legali e tecniche. La definizione dei termini e delle condizioni di accesso e di utilizzo dell'infrastruttura condivisa deve essere attentamente negoziata per garantire che non si verifichino discriminazioni o vantaggi competitivi sleali a favore di uno dei due operatori. Inoltre, la cooperazione tra TIM e Open Fiber deve essere gestita in conformità alle leggi sulla concorrenza per garantire un accesso equo all'infrastruttura condivisa per gli altri operatori del mercato. Le autorità di regolamentazione italiane ed europee hanno quindi un ruolo cruciale nel supervisionare e guidare la partnership garantendo che l'accordo sia conforme alle leggi applicabili.

Prospettive Future

Le prospettive future degli investimenti in fibra ottica in Italia sono fondamentali per il progresso digitale del paese. L'obiettivo è eliminare il divario digitale, garantendo una copertura capillare su tutto il territorio nazionale.

L'Italia deve affrontare la transizione digitale con una visione strategica che integri progresso tecnologico, coesione sociale e sviluppo economico. Gli investimenti in fibra ottica sono cruciali per creare una nazione interconnessa e garantire che ogni cittadino possa beneficiare delle opportunità offerte dall'era digitale. I cantieri attualmente aperti sono visibili sul sito del Ministero. Una visione dello stato attuale è visibile in figura 23.



(Figura 23 – stato avanzamento lavori)

(Fonte-<https://bandaultralarga.italia.it/>)

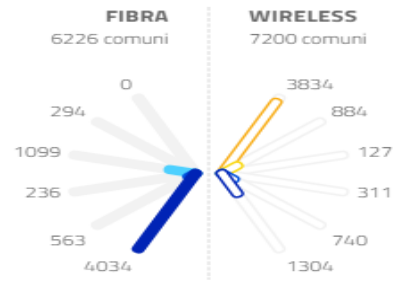
L'immagine 24 sotto riportata mostra invece un cruscotto informativo dettagliato sullo stato di avanzamento delle infrastrutture a banda larga. Il design combina indicatori colorati e dati numerici per evidenziare lo stato attuale dei lavori di costruzione nelle varie fasi di realizzazione. La distinzione tra fibra ottica e wireless è evidenziata da simboli che rendono immediatamente leggibile il rapporto tra le due tecnologie. Un grafico a barre confronta chiaramente il numero di comuni con servizi in fibra ottica e wireless, mostrando l'attuale equilibrio tecnologico. Si nota dal bar column come nel 2018 non più di 4500 comuni avevano una connessione fibra collaudata. Questo numero se confrontato con il 2024, non riportato nel grafico, è raddoppiato. I progetti iniziati nel 2018 si sono effettivamente concretizzati.

Avanzamento lavori in Italia

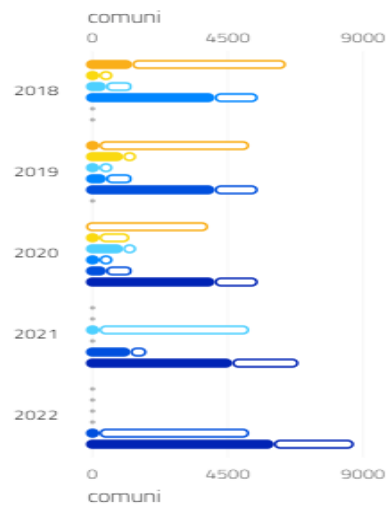
Comuni della regione suddivisi in base allo stato di avanzamento dei lavori:

- In progettazione definitiva
- In progettazione esecutiva
- In esecuzione
- Lavori chiusi
- In collaudo
- Terminato
- Connessione fibra
- Connessione wireless

Stato attuale dei lavori nei comuni



Tecnologie offerte dagli operatori



(Figura 24 – stato avanzamento lavori)

(Fonte- <https://bandaultralarga.italia.it/>)

1.4 Impatto della Fibra Ottica sulla Produttività

Impatto della Fibra Ottica sull'Innovazione e sulla Produttività

L'impatto trasformativo della fibra ottica sull'innovazione e sulla produttività rappresenta uno dei cambiamenti più significativi nell'ecosistema tecnologico e industriale moderno. La diffusione di questa tecnologia ha catalizzato un'accelerazione senza precedenti nella trasmissione dei dati, influenzando profondamente il tessuto dell'innovazione globale, la collaborazione tra imprese e la crescita economica. Questa sezione esamina in dettaglio come la fibra ottica abbia agito come un motore per l'innovazione e la produttività, avvalendosi di studi di ricerca specifici per delineare un quadro complesso e multiforme di questo impatto.

La Fibra Ottica come Motore di Innovazione

L'introduzione e lo sviluppo della fibra ottica, nel panorama tecnologico italiano, non rappresentano solamente una significativa evoluzione infrastrutturale ma incarnano anche un potente motore di innovazione e progresso economico. Questa tecnologia avanzata, offrendo connettività veloce e affidabile, ha reso le imprese italiane notevolmente più competitive sullo scenario internazionale, consentendo loro di esplorare nuovi orizzonti nel campo dello sviluppo di prodotti e servizi digitali. La rete in fibra, agendo come un catalizzatore per l'avanzamento tecnologico, ha facilitato l'emergere e la proliferazione di start-up innovative, alimentando così un circolo virtuoso di crescita economica e innovazione.

Allo stesso tempo, l'accessibilità a connessioni ad alta velocità si è dimostrata fondamentale nel sostenere il settore dell'istruzione e della formazione professionale in Italia. Grazie a questa tecnologia, istituti educativi e professionisti hanno potuto sfruttare pienamente le risorse didattiche online, superando le limitazioni geografiche e ampliando significativamente le opportunità di apprendimento. Questo ha portato a una democratizzazione della conoscenza e all'abbattimento delle barriere all'istruzione, garantendo a studenti e professionisti di accedere a un vasto repertorio di materiali formativi e collaborativi da ogni angolo del paese.

Tuttavia, l'ottimizzazione di queste potenzialità richiede un impegno costante non solo nel miglioramento e nell'estensione della rete ma anche nell'incremento della consapevolezza digitale e delle competenze informatiche della popolazione. Questo sforzo congiunto tra enti pubblici e settore privato mira a elevare il livello di alfabetizzazione digitale in Italia, rendendo la società

complessivamente più preparata ad affrontare le sfide della nuova era e a cogliere le opportunità offerte dalla rivoluzione tecnologica in atto.

Attraverso l'abilitazione di servizi avanzati e la promozione dell'accesso universale alla conoscenza, la fibra ottica sta plasmando un nuovo paradigma di sviluppo, caratterizzato da una maggiore inclusione sociale, efficienza economica e innovazione tecnologica. In questo contesto, il progresso continuo verso la digitalizzazione totale del paese non solo consoliderà la posizione dell'Italia come leader nell'innovazione digitale ma contribuirà anche a forgiare una società più equa, informata e connessa.

L'innovazione e la diffusione della fibra ottica hanno creato un terreno fertile per lo sviluppo e la crescita di molteplici tipi di aziende, spaziando da quelle che producono materiali di base a quelle che forniscono servizi avanzati di telecomunicazione e oltre. Ecco alcune idee di aziende che sono nate o che hanno significativamente prosperato grazie alla nuova tecnologia:

Produttori di Fibra Ottica e Componenti: Aziende specializzate nella produzione di cavi in fibra ottica e componenti correlati, come connettori, splitter, e trasmettitori ottici. Esempi includono Corning Inc., che è stata pioniera nello sviluppo di fibre ottiche, e Prysmian Group, un leader globale nella produzione di cavi.

Aziende di Rete FTTH (Fiber to the Home): Società specificamente dedicate alla costruzione e gestione di reti in fibra ottica che arrivano direttamente nelle abitazioni degli utenti, migliorando notevolmente la qualità della connessione internet. Esempi sono Fastweb in Italia e Google Fiber negli USA.

Produttori di Attrezzature di Test per Fibra Ottica: Aziende che sviluppano strumentazione avanzata per il test e la manutenzione delle reti in fibra ottica, come OTDR (Optical Time-Domain Reflectometer) e spettrometri. Exfo e Viavi Solutions sono tra i leader in questo segmento.

Aziende commerciali: I rivenditori possono impiegare la visione artificiale, sensori e sistemi di tracciamento per ottimizzare la gestione delle scorte e migliorare le operazioni di magazzino, oltre a migliorare la coordinazione nella catena di fornitura. La tecnologia può anche arricchire l'esperienza dei clienti in negozio, ad esempio abolendo le casse tradizionali e integrando realtà aumentata per fornire dettagli aggiuntivi sui prodotti. Offerte e promozioni personalizzate, fornite in tempo reale, possono stimolare un incremento nelle vendite. Alcuni pionieri del settore hanno già iniziato a esplorare e adottare queste tecnologie, e si prevede che i progressi tecnologici e la riduzione dei costi favoriranno una diffusione più estesa entro la fine del decennio. L'adozione di questi approcci

innovativi nel commercio al dettaglio potrebbe incrementare il PIL di una cifra che varia tra i 420 e i 700 miliardi di dollari. Un esempio di azienda che ha implementato tecnologie avanzate per gestire l'inventario e migliorare l'esperienza dei clienti in negozio è Amazon con il suo progetto Amazon Go. (Fonte- <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/connected-world-an-evolution-in-connectivity-beyond-the-5g-revolution>)

Aziende manifatturiere: L'industria manifatturiera, insieme ad altri settori tecnologicamente avanzati, può attuare operazioni di estrema precisione sfruttando le reti 5G private, caratterizzate da bassa latenza. Le cosiddette "fabbriche intelligenti" utilizzano analisi dati, intelligenza artificiale e robotica avanzata per massimizzare l'efficienza, permettendo l'ottimizzazione e l'adattamento dei processi in tempo reale, non solo su singole linee di montaggio ma attraverso interi impianti produttivi. Si prevede che un numero crescente di stabilimenti integrerà tecnologie quali veicoli autonomi per il trasporto interno e sistemi di visione computerizzata per il controllo qualità, beneficiando delle alte velocità e della minima latenza offerte dalle reti 5G. L'impatto di queste innovazioni sul PIL del settore manifatturiero potrebbe essere compreso tra i 400 e i 650 miliardi di dollari entro la fine di questo decennio.

Una delle imprese più all'avanguardia sui carrelli a guida autonoma e sui sistemi di movimentazione autonoma del magazzino è Siemens, rifornita di questi sistemi dall'azienda emiliana Electric80. Siemens utilizza il 5G per connettere vari dispositivi e macchinari, migliorando l'efficienza dei processi produttivi attraverso una migliore raccolta dati e analisi in tempo reale. Questa strategia aumenta la produttività, riduce i tempi di inattività e migliora la qualità del prodotto finale. (Fonte- <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/connected-world-an-evolution-in-connectivity-beyond-the-5g-revolution>)

Mobilità: La connettività è destinata a diventare un pilastro fondamentale per lo sviluppo di sistemi di mobilità sempre più sofisticati. Benché il settore automobilistico sia spesso considerato il nucleo di questo ambito, la mobilità è in realtà un concetto più esteso che abbraccia car sharing, trasporto pubblico, infrastrutture, oltre a varie tecnologie hardware e software, coinvolgendo tutti i soggetti che facilitano il trasporto di persone e merci. La connettività potrebbe generare nuove opportunità di guadagno tramite la manutenzione predittiva, il perfezionamento dei servizi di navigazione e carpooling, e l'offerta di soluzioni personalizzate di intrattenimento e informazione. Inoltre, la comunicazione tra veicoli e infrastrutture, così come tra i veicoli stessi, potrebbe ridurre il rischio di incidenti, supportare diversi gradi di autonomia dei veicoli e ottimizzare la gestione del traffico. Si stima che queste innovazioni potrebbero influire sul PIL del settore mobilità, con un impatto stimato

tra i 170 e i 280 miliardi di dollari entro il 2030. Tra le aziende all'avanguardia in questo settore sono degne di nota sicuramente Waymo, Uber, Volvo, Tesla e Bosh.

Il tema della mobilità è importante anche in aziende apparentemente scollegate al settore automobilistico. Proprio a Torino, nell'ex stabilimento Fiat a Lingotto, la società italiana Reply sviluppa un sistema di sicurezza per i guidatori basato sull'AI, prevenendo incidenti dovuti a stanchezza e sonnolenza. (Fonte- <https://www.mckinsey.com/>)

Aziende di Sistemi di Trasmissione Ottica: Società che progettano e producono sistemi di trasmissione ottica utilizzati nelle reti di telecomunicazioni, tra cui multiplexer a divisione di lunghezza d'onda (DWDM) e amplificatori ottici. Ciena e Huawei sono esempi di aziende che offrono tali soluzioni.

Aziende di Sicurezza e Sorveglianza: Con la capacità di trasmettere grandi quantità di dati a lunghe distanze, la fibra ottica ha trovato applicazioni anche nei sistemi di sicurezza e sorveglianza, dando vita ad aziende che si specializzano in soluzioni di sicurezza ad alta definizione.

Start-up di Tecnologia Medica: La fibra ottica trova impiego anche nel campo medico, ad esempio in strumenti per la diagnostica e la chirurgia minimamente invasiva. Questo ha permesso la nascita di start-up che sviluppano nuovi strumenti e tecnologie per migliorare le prestazioni e le capacità delle apparecchiature.

La nuova rete, con la sua capacità di supportare alte velocità di trasmissione dati e grandi volumi di traffico online ha permesso lo sviluppo di modelli di business innovativi che si affidano a una connettività affidabile e veloce.

Piattaforme di Streaming Video e Audio: Servizi come Netflix, Spotify e YouTube dipendono dalla capacità di trasmettere grandi quantità di dati in modo efficiente per offrire streaming video e audio di alta qualità. Senza l'ampia banda e la velocità fornite dalla fibra ottica, la loro crescita e successo sarebbero stati limitati.

Cloud Computing e Servizi di Storage Online: Aziende come Amazon Web Services (AWS), Google Cloud e Dropbox forniscono servizi di hosting, elaborazione dati e storage basati sul cloud che richiedono una trasmissione dati ad alta velocità e affidabile, resa possibile grazie alle infrastrutture in fibra ottica.

Mercati Finanziari e Trading Algoritmico: Il trading ad alta frequenza (HFT) e le piattaforme di mercato finanziario si affidano a connessioni ultraveloci per eseguire transazioni in millisecondi. La fibra ottica permette la latenza estremamente bassa necessaria per competere in questi mercati. Tra queste NASDAQ, New York Stock Exchange (NYSE), Virtu Financial, Citadel Securities....

Telemedicina e Servizi Sanitari Online: La connettività avanzata e i dispositivi interconnessi hanno il potenziale di rivoluzionare l'assistenza sanitaria. Grazie a reti veloci e a una vasta rete di sensori e dispositivi, è possibile osservare in tempo reale i pazienti direttamente nelle loro abitazioni, migliorando significativamente la gestione delle patologie croniche. I dati si muovono fluidamente all'interno delle strutture sanitarie, facilitando le operazioni quotidiane e migliorando il coordinamento delle cure. L'intelligenza artificiale, supportando le decisioni cliniche, permette diagnosi più veloci e precise, oltre a potenziare l'automazione di numerosi processi. Questo consente ai professionisti del settore di dedicare più tempo agli aspetti umani dell'assistenza. È stato reso possibile consultazioni mediche a distanza, monitoraggio della salute e diagnosi precoce, espandendo l'accesso alle cure mediche, come Teladoc Health, Amwell, MDLive

L'analisi di grandi quantità di dati può anche portare allo sviluppo di nuovi trattamenti. Questi avanzamenti potrebbero non solo aumentare gli investimenti in sanità ma anche influenzare positivamente il PIL globale, con un impatto stimato tra 250 e 420 miliardi di dollari entro il 2030. (Fonte- <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/connected-world-an-evolution-in-connectivity-beyond-the-5g-revolution>)

Educazione Online e Piattaforme di Apprendimento: Con l'aumento della domanda di formazione a distanza, piattaforme come Coursera e Khan Academy si affidano alla fibra ottica per offrire corsi video e interazioni in tempo reale tra studenti e insegnanti.

Sistemi di Home Automation: La domotica, che include il controllo remoto di riscaldamento, illuminazione, sicurezza e intrattenimento domestico, beneficia dell'affidabilità e della velocità di trasmissione dati offerte. Le più grandi imprese degne di nota sono Nest, SmartThings, Philips Hue

Questi esempi dimostrano come la fibra ottica abbia abilitato una varietà di servizi e applicazioni che, pur non essendo direttamente legati alla produzione o alla gestione della fibra stessa, dipendono criticamente dalla sua esistenza per fornire esperienze utente avanzate e sostenere modelli di business innovativi. Il valore economico generato e accresciuto dall'uso della fibra è incalcolabile.

Un'altissima percentuale di imprese, come dimostrato con gli esempi riportati sopra, basa il proprio core business sulle connessioni digitali. Un esempio chiaro e facilmente comprensibile di come l'uso di Internet sia cambiato negli ultimi anni si può osservare riflettendo sui piani dati mobili disponibili circa dieci anni fa. In quel periodo, un tipico abbonamento offriva tra i 2 e i 10 GB di dati al mese. Oggi, con l'aumento del consumo di dati dovuto alle piattaforme digitali che richiedono sempre più banda, quella quantità di dati potrebbe essere sufficiente solo per qualche ora di navigazione su applicazioni come TikTok. Si stima infatti che ogni ora di uso di piattaforme video quali TikTok consuma tra i 900Mb e i 1,1 Gb. Oggi, i piani dati si sono adeguati a questa nuova realtà, offrendo quantitativi che variano tra i 100 e i 150 GB mensili.

1.5: Ruolo della Collaborazione R&D e delle Reti di Innovazione

Impatto della fibra ottica sulla ricerca

L'evoluzione della fibra ottica ha portato ad una rivoluzione del settore della ricerca e nelle reti di innovazione, sia all'interno di enti di ricerca che nelle imprese. La velocità di trasmissione e la bassa latenza con cui sono inoltrati i dati hanno permesso ai ricercatori di lavorare su dataset più grandi e complessi di quelli gestibili nel passato. Questi benefici sono amplificati in settori altamente sensibili alle velocità di rete; tra questi la genomica, l'astronomia e la fisica delle particelle.

Eliminando le barriere geografiche, la connettività ha permesso l'eliminazione di vincoli geografici che solitamente impedivano alle istituzioni di collaborare. Con l'avvento della fibra riescono a comunicare in tempo reale istituzioni situate a migliaia di chilometri di distanza. Un esempio emblematico è il Large Hadron Collider al CERN, dove la raccolta e l'analisi di grandi quantità di dati sono fondamentali per gli esperimenti sulle particelle.

La capacità di accedere a livelli elevati di dati rapidamente, collaborando con innovatori globali in tempo reale, ha rivoluzionato le opportunità di innovazione tecnologica. Le imprese possono sviluppare prodotti e servizi più avanzati rispondendo alle esigenze del mercato più velocemente. Con le ricerche collaborative su larga scala e l'accesso equo alle risorse condivise, la fibra accelera la velocità delle scoperte scientifiche e tecniche.

I brevetti

Un brevetto è un diritto esclusivo concesso da un'autorità governativa a un inventore o al detentore di un'invenzione, permettendo di escludere altri dalla produzione, uso, vendita o distribuzione dell'invenzione senza il consenso del titolare per un periodo limitato di tempo, generalmente 20 anni. Questo strumento legale è cruciale per proteggere le innovazioni, incentivare la ricerca e sviluppo e garantire un vantaggio competitivo. I brevetti servono come incentivo economico per gli inventori, offrendo loro la possibilità di recuperare gli investimenti fatti in ricerca e sviluppo ottenendo un ritorno finanziario per i loro sforzi creativi. Le università e i centri di ricerca traggono grandi benefici dalle infrastrutture digitali, che permettono loro di accedere a database e risorse condivise, di partecipare a conferenze virtuali e di collaborare in tempo reale con colleghi di tutto il mondo. Questa connettività avanzata ha portato ad un incremento delle pubblicazioni scientifiche e dei progetti di ricerca congiunti, contribuendo alla creazione di nuove conoscenze e all'avanzamento del sapere umano. La protezione delle invenzioni attraverso i brevetti garantisce che i benefici economici derivanti dalle nuove tecnologie siano riconosciuti e che gli inventori possano continuare a innovare. Ad esempio, secondo uno studio dell'Organizzazione Mondiale della Proprietà Intellettuale (OMPI), il tempo medio per il deposito di un brevetto è sceso del 30% grazie alla digitalizzazione abilitata dalla fibra.

Inoltre, aziende come IBM e università come il MIT hanno registrato un incremento del 20% nel numero di brevetti approvati, grazie alla capacità di collaborare in tempo reale con partner globali. Nel 2022, IBM ha depositato oltre 8.500 brevetti, mentre il MIT ha contribuito con più di 400 brevetti, dimostrando come l'accesso rapido ai dati e la collaborazione facilitata abbiano stimolato l'innovazione. Inoltre, l'uso di intelligenza artificiale e machine learning, reso possibile dalla fibra, ha permesso di analizzare milioni di documenti brevettuali in pochi minuti, identificando rapidamente opportunità e prevenendo conflitti di brevetto, con un'efficienza aumentata del 25%. Questi numeri evidenziano l'impatto significativo della fibra ottica sulla velocità e sull'efficacia del processo di brevettazione.

Un caso emblematico è l'Università di Stanford che ha visto un incremento pari al 16,5% delle divulgazioni, passando da 474 nel 2022 a 568 nel 2023. Questo ha portato a un aumento del 10% nel numero di brevetti concessi nel campo della biotecnologia. (Fonte - <https://otl.stanford.edu/>)

Un altro esempio è rappresentato da Qualcomm, che ha implementato una piattaforma di gestione brevettuale basata su cloud, facilitata dalla fibra ottica, riducendo i tempi di approvazione dei brevetti del 35% e aumentando la loro produttività brevettuale del 40%.

Nel settore delle tecnologie verdi, l'Università di Cambridge ha utilizzato la fibra per monitorare in tempo reale l'efficienza dei brevetti legati a tecnologie di energia pulita, portando a un incremento del 25% nel numero di brevetti concessi. Nel campo della medicina, la Johns Hopkins University ha sfruttato la fibra ottica per accelerare la ricerca collaborativa sui brevetti relativi ai nuovi farmaci, riducendo il tempo di sviluppo e approvazione del 20%.

Huawei ha aumentato la velocità di deposito dei brevetti del 30% e ha ottenuto oltre 7.000 brevetti nel 2023 grazie all'uso della fibra ottica per analizzare grandi volumi di dati in tempo reale. Samsung ha ridotto i tempi di sviluppo delle tecnologie brevettabili del 20% e ha depositato più di 6.000 brevetti nel 2022, migliorando la collaborazione globale tra i suoi centri di ricerca. Tesla ha accelerato il processo di ricerca e sviluppo nei veicoli elettrici, ottenendo oltre 350 brevetti nel 2023 e incrementando del 18% il numero di brevetti concessi. Pfizer ha ridotto i tempi di sviluppo e approvazione dei brevetti del 25%, ottenendo oltre 500 nuovi brevetti nel 2023 grazie alla gestione avanzata delle sperimentazioni cliniche basata sulla fibra ottica. (Fonte - <https://www.wipo.int/>)

Effetti dell'Accesso alla Fibra Ottica sulla Collaborazione R&D

La nuova infrastruttura sta rivoluzionando il settore della ricerca e sviluppo (R&D), fornendo una piattaforma robusta ed efficiente per supportare l'espansione di ambienti di ricerca collaborativi tra aziende e istituzioni accademiche. In grado di trasmettere dati ad altissima velocità, la fibra ottica è essenziale per la gestione e la condivisione di grandi quantità di informazioni ed è fondamentale per i moderni processi di ricerca in cui tempo e precisione sono fondamentali.

Scambio rapido di dati

La tecnologia consente agli scienziati di condividere risultati sperimentali, insiemi di dati complessi e altre informazioni vitali con una velocità e un'efficienza inimmaginabili. Ad esempio, in campi come la genomica, l'oncologia e la climatologia, dove gli insiemi di dati possono raggiungere l'ordine dei terabyte e dei petabyte, la tecnologia in fibra ottica consente di condividere tali dati quasi istantaneamente tra scienziati di tutto il mondo. In questo modo si eliminano le strozzature informative che un tempo rallentavano il progresso scientifico.

Un esempio emblematico è la ricerca genomica che prevede il sequenziamento, l'analisi e la modifica dei genomi generando dati che spesso raggiungono i 200 Gigabyte per campione.

Degna di nota è il Genome Project - Write (GP-Write), un'iniziativa internazionale che mira a ridurre i costi di sequenziamento e scrittura del DNA.

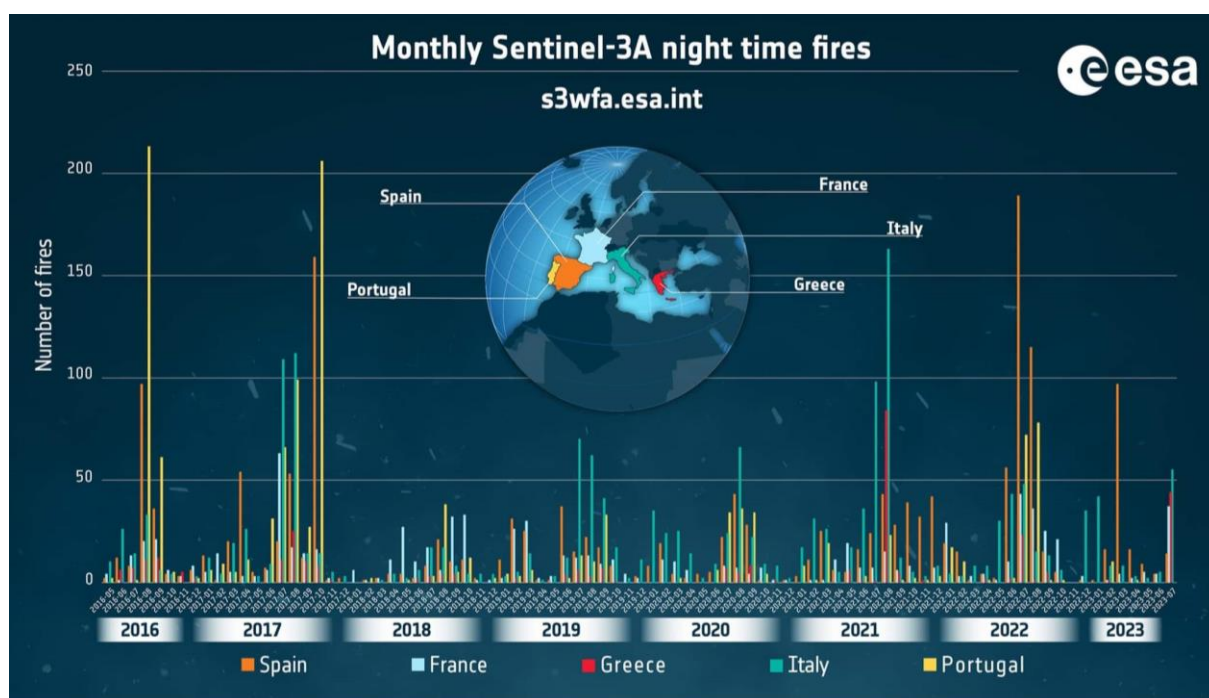
Il progetto prevede la collaborazione di diversi laboratori internazionali che condividono l'obiettivo di sintetizzare l'intero genoma dell'uomo e di altri organismi istantaneamente.

I dati trasmessi in fibra ottica possono essere integrati con piattaforme di analisi bioinformatica basate su cloud che richiedono una connettività ad alta velocità per funzionare in modo efficiente, migliorando la qualità e l'accuratezza della sintesi del genoma. Questi progressi tecnologici non solo accelerano la ricerca genomica di base, ma trovano anche applicazioni dirette nella medicina personalizzata, nella scoperta di farmaci bioterapici e in altre aree della biotecnologia, rendendo la fibra ottica uno strumento importante per il futuro della ricerca genomica.

Connessione con piattaforme di calcolo HPC e programma Copernicus

La connettività ha assunto un ruolo emblematico anche nella salvaguardia del nostro paese. L'UE ha lanciato nel 2014 il programma Copernicus per lo studio dei cambiamenti climatici, il monitoraggio di foreste e riserve naturali, il management di fonti idriche e la salvaguardia dei ghiacciai.

Il programma utilizza la fibra ottica per ricevere dati satellitari che sono poi trasmessi ai singoli centri di ricerca di tutto il mondo. In questo modo si consente agli scienziati di rispondere rapidamente agli eventi meteorologici estremi. Un esempio concreto in cui Copernicus ha assunto un ruolo chiave sono gli incendi australiani del 2020, in cui i dati satellitari hanno svolto un ruolo fondamentale nella gestione della crisi. In concomitanza di questo evento le infrastrutture hanno permesso la trasmissione istantanea di immagini ad alta risoluzione e dati di monitoraggio ai centri di ricerca in Europa e Nord America, facilitando decisioni rapide e informate sulla gestione degli incendi. Questa tecnologia non solo accelera la raccolta e l'analisi dei dati, ma rafforza anche la capacità globale di affrontare problemi ambientali complessi, consentendo una cooperazione più efficace e tempestiva tra i Paesi e le istituzioni coinvolte.



(Figura 25 – schema di funzionamento Copernicus)

(Fonte - https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Italy)

Rapidità dei processi ed il Covid 19

L'incremento di velocità e dell'affidabilità hanno anche un impatto diretto sulla velocità con cui i progetti di R&D passano dalla fase concettuale a quella di test per poi essere implementati. La riduzione della latenza nel trasferimento dei dati consente cicli di sviluppo iterativi più rapidi, permettendo agli scienziati di verificare le ipotesi e modificare gli esperimenti in tempo reale. Ciò non solo accelera il progresso della ricerca di base, ma accompagna il prodotto durante tutta la fase produttiva, partendo dalla sperimentazione per poi arrivare alla commercializzazione, riducendo i tempi di immissione sul mercato.

La rapidità dei processi raggiunta grazie all'installazione delle nuove tecnologie è di vitale importanza e gioca oggi un ruolo cruciale. Il Time to Market si è ridotto drasticamente durante gli anni acquisendo inoltre un ruolo sempre più importante. La diminuzione del TTM è prioritaria ancor di più in caso di pandemie. Durante il Covid-19 la fibra ottica ha permesso ai ricercatori di accedere e utilizzare queste potenti risorse di calcolo, che sono state essenziali per l'analisi rapida e complessa dei dati relativi alla SARS-CoV-2.

I supercomputer distribuiti in tutto il mondo hanno eseguito analisi dettagliate della struttura proteica del virus, essenziale per lo sviluppo di terapie antivirali. La trasmissione dei risultati computazionali su fibra ha permesso a team di ricercatori di accedere a questi dati in tempo quasi reale, consentendo una collaborazione internazionale senza precedenti.

Questa interconnessione ha accelerato notevolmente il ciclo di sviluppo e verifica delle ipotesi scientifiche, contribuendo rapidamente alla lotta contro i virus e dimostrando ancora una volta l'importanza della fibra ottica nella moderna infrastruttura di ricerca.

Sicurezza dei dati e la ricerca farmaceutica condotta da Merck

Un altro importante vantaggio della fibra ottica nella ricerca e nello sviluppo è il suo contributo alla sicurezza dei dati. I dati della ricerca contengono spesso informazioni riservate e proprietarie che devono essere protette da perdite o furti. Poiché la fibra ottica è intrinsecamente più sicura di altre forme di trasmissione dei dati, aggiunge un ulteriore livello di sicurezza e incoraggia l'apertura e la collaborazione tra le organizzazioni di ricerca che possono scambiare i dati con maggiore fiducia.

Il ruolo svolto nello sviluppo rapido e sicuro di nuovi farmaci è fondamentale ed è particolarmente enfatizzato nel contesto della ricerca farmaceutica, dove la sicurezza e la velocità di trasferimento dei dati sono di importanza critica. Durante lo sviluppo di nuovi farmaci, la fibra ottica facilita la trasmissione sicura di dati sperimentali tra centri di ricerca geograficamente distanti. Ad esempio, la nota azienda farmaceutica Merck ha utilizzato la fibra ottica per trasferire i dati di sperimentazione dai suoi laboratori in Asia alle sue strutture in Europa.

.

1.6 Ostacoli e Sfide

Evoluzione Tecnologica e il Confronto con il 5G

L'avvento e la diffusione del 5G, rappresenta un cruciale punto di svolta nell'evoluzione tecnologica nel settore delle telecomunicazioni in Italia; tale tecnologia promette di rivoluzionare la connettività wireless attraverso una trasmissione dati ad alta velocità e una significativa riduzione della latenza, aprendo nuove frontiere per l'Internet delle Cose (IoT) e altre applicazioni avanzate. Tuttavia, questa evoluzione solleva questioni complesse relative agli investimenti nelle infrastrutture esistenti, in particolare sulla decisione se continuare a espandere la rete in fibra ottica o se concentrare le risorse verso lo sviluppo e l'implementazione del 5G.

La fibra ottica, con la sua capacità di fornire connessioni internet estremamente stabili e ultraveloci, è fondamentale per applicazioni critiche che richiedono una grande affidabilità e un'ampia banda passante; queste caratteristiche rendono la fibra ottica ideale per settori come la telemedicina, l'educazione a distanza, e le piattaforme di streaming di alta qualità, che necessitano di una trasmissione dati senza interruzioni e con tempi di caricamento minimi.

D'altra parte, il 5G offre vantaggi distinti, soprattutto in termini di mobilità e scalabilità; può supportare un numero molto più elevato di dispositivi connessi per chilometro quadrato rispetto alle tecnologie precedenti, il che è essenziale per lo sviluppo delle città intelligenti e per l'automazione industriale avanzata, dove macchine e dispositivi devono essere interconnessi in rete in modo efficiente su larga scala.

L'Italia si trova dunque ad affrontare una duplice sfida: da un lato, la necessità di una copertura capillare che solo la fibra ottica può garantire, specialmente nelle aree rurali e meno densamente popolate; ciò è fondamentale per ridurre il divario digitale tra aree urbane e rurali e per garantire che ogni cittadino abbia accesso a servizi digitali essenziali. Dall'altro lato, c'è il potenziale rivoluzionario del 5G, che può trasformare settori interi, come il trasporto e la logistica, attraverso soluzioni innovative come il Vehicle-to-Everything (V2X) e le reti di distribuzione intelligenti.

Individuare una strategia che miri all'integrazione delle due tecnologie, potrebbe offrire la soluzione più vantaggiosa per affrontare questa dicotomia. Investire simultaneamente in tecnologie 5G e in fibra ottica potrebbe permettere all'Italia di soddisfare le attuali esigenze di connettività e di posizionarsi come leader nel campo dell'innovazione tecnologica a livello globale; questo richiederebbe un piano di investimenti ampio e ben coordinato, con politiche pubbliche che indirizzino e stimolino gli investimenti privati verso una rete più resiliente e inclusiva. Uno sguardo ai dati provenienti

dall'Unione Europea con il “White Paper” e il DESI suggerisce che investimenti in infrastrutture digitali avanzate potrebbero incrementare il PIL dell'UE da EUR 1 a 2 trilioni. Ciò comporterebbe ulteriori sfide; il rapporto sullo stato del Digital Decade del 2023 evidenzia che, nonostante il 56% delle abitazioni in Europa sia coperto da fibra, solo l'81% della popolazione è sotto la copertura 5G, e questa percentuale scende drasticamente nelle aree rurali.

La necessità di un piano strategico ben articolato si impone quindi con forza nell'attuale scenario tecnologico e economico; il governo italiano, in collaborazione con gli stakeholder del settore delle telecomunicazioni e con il supporto dell'Unione Europea, dovrebbe considerare la creazione di un quadro di politiche pubbliche che non solo incentivi ma anche orienti gli investimenti privati verso lo sviluppo di una rete che sia resiliente ed inclusiva, attraverso la formulazione di incentivi fiscali, sovvenzioni e agevolazioni finanziarie che possano stimolare le aziende a investire in tecnologie avanzate e infrastrutture critiche; ciò richiederebbe naturalmente ingenti somme di denaro che però, nel lungo termine sarebbero ammortizzate dalla crescita del PIL.

Sostenibilità Ambientale

Un ulteriore notevole ostacolo è rappresentato dalla sostenibilità ambientale nella costruzione e manutenzione delle reti in fibra ottica; questa costituisce una priorità indiscussa nell'evoluzione digitale globale. La necessità di connettività ad alta velocità continua a crescere, è pertanto fondamentale che lo sviluppo di tali infrastrutture sia condotto in modo responsabile, tenendo conto del loro impatto ambientale.

La Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) dell'Unione Europea, è una direttiva in materia di sostenibilità recentemente entrata in vigore che richiede che le aziende monitorino e riportino in modo dettagliato le loro emissioni di carbonio, l'uso delle risorse e la gestione dei rifiuti, influenzando direttamente il modo in cui le infrastrutture di telecomunicazione vengono costruite e gestite. Il FTTH Council Europe ha risposto a queste esigenze con l'introduzione di una metodologia standardizzata per il reporting del carbonio, concentrata sulle emissioni di Scope 1, 2 e 3. Le emissioni di Scope 1 includono tutte le dirette emissioni aziendali, le Scope 2 coprono quelle indirette legate all'acquisto di energia elettrica, mentre le Scope 3 riguardano altre emissioni indirette, come quelle derivanti dalla produzione di materiali acquistati e dal trasporto. Questo approccio standardizzato aiuta le aziende a conformarsi alle normative in modo più efficiente e offre la possibilità di identificare e implementare strategie di riduzione delle emissioni, promuovendo pratiche di business sostenibili che possano migliorare la competitività aziendale. Inoltre, migliora la trasparenza, fondamentale per gli investitori e i consumatori sempre più attenti all'impatto ambientale delle loro scelte. Attraverso questi sforzi, il settore della fibra ottica non solo risponde alle pressioni normative ma si posiziona anche come leader nella sostenibilità industriale, contribuendo significativamente agli obiettivi di neutralità carbonica dell'UE per il 2050.

L'adozione di metodi di costruzione meno invasivi, che riducano al minimo l'impatto sul suolo e sugli ecosistemi locali, è un importante passo verso un approccio più sostenibile; ciò include tecniche di scavo meno distruttive e l'uso di materiali ecologici per la protezione dei cavi. Una tecnica innovativa recentemente introdotta al Politecnico di Torino è il fiber blowing, per la posa di cavi in fibra ottica in condotti protettivi preinstallati; tale metodo copre lunghe distanze senza danneggiare il cavo ed è particolarmente efficace per superare curve e angoli stretti. Il processo di "soffiaggio" prevede l'uso di aria compressa o di una combinazione di aria e lubrificante per spingere o trascinare il cavo in fibra ottica nella canalina; il cavo viene inserito a un'estremità del condotto, l'aria compressa viene applicata all'altra estremità e il cavo viaggia lungo il percorso del condotto. Il metodo di soffiaggio consente di posare i cavi su lunghe distanze in modo più rapido e a costi inferiori rispetto ai metodi di perforazione e posa tradizionali.

Allo stesso tempo, il funzionamento delle infrastrutture digitali, in particolare dei data center che elaborano grandi quantità di dati trasmessi in fibra, rappresenta una sfida importante in termini di consumo energetico. Essendo questi centri tra i maggiori consumatori di elettricità nel settore ICT, sono necessarie strategie innovative per ridurre il loro impatto energetico. Soluzioni come il raffreddamento naturale, che utilizza l'ambiente esterno per regolare la temperatura della struttura, e l'uso di energia rinnovabile possono cambiare in modo ragguardevole il profilo di sostenibilità di queste strutture. L'ottimizzazione dei processi attraverso l'intelligenza artificiale può contribuire a un uso efficiente delle risorse e a ridurre al minimo il consumo energetico e le emissioni di gas serra.

L'integrazione della sostenibilità nelle reti in fibra ottica non solo riduce gli impatti negativi, ma offre anche l'opportunità di promuovere la biodiversità e il benessere ambientale attraverso pratiche consapevoli; ad esempio, i progetti di rimboschimento e la creazione di corridoi verdi intorno alle infrastrutture possono compensare le emissioni di carbonio e migliorare gli habitat locali. Per garantire che l'approccio adottato abbia una efficacia a breve termine ed una sostenibilità a lungo termine, è fondamentale integrare le strategie di sostenibilità ambientale in tutte le fasi del ciclo di vita dell'infrastruttura in fibra, dalla pianificazione alla costruzione, dal funzionamento alla dismissione. L'approccio dovrebbe essere costante e parallelo, ossia, tenere conto dell'impronta ecologica complessiva e cercare di armonizzare il progresso tecnologico e la protezione dell'ambiente per un futuro in cui evoluzione e natura possano coesistere in armonia.

Gestione dei Progetti e normative

La gestione dei progetti di infrastrutture in fibra ottica in Italia è una sfida complessa, acuita dalle intricate normative e dalle lungaggini burocratiche che spesso ne ritardano i progressi. L'introduzione di pratiche di gestione agili e flessibili, già adottate con successo in altri contesti europei, potrebbe portare notevoli miglioramenti. Tali metodologie permettono una maggiore adattabilità alle modifiche legislative e politiche, migliorando la comunicazione tra i vari stakeholder e facilitando una pianificazione più reattiva e iterativa. In Francia, l'impiego di queste pratiche nella realizzazione dei progetti di infrastruttura in fibra ottica ha portato a una notevole riduzione dei tempi di attuazione e a un aumento della soddisfazione degli stakeholder. Il modello francese ha visto una intensa collaborazione tra enti pubblici e privati, con i partenariati pubblico-privati (PPP) che hanno consentito una condivisione efficace dei rischi e delle risorse, catalizzando così lo sviluppo delle infrastrutture digitali e condividendo l'onere degli investimenti necessari. Anche la Germania ha avuto successo nell'accelerare lo sviluppo della sua infrastruttura di fibra ottica attraverso politiche incentrate sull'introduzione di incentivi finanziari mirati e un'efficace deregolamentazione, che hanno stimolato gli investimenti privati e migliorato la copertura in aree meno redditizie, in particolare nelle zone rurali. In Italia, purtroppo, le procedure di approvazione per i nuovi progetti infrastrutturali sono notoriamente complesse e prolungate, rappresentando un deterrente significativo per gli investimenti e rallentando il cammino verso la completa digitalizzazione del paese. Il Digital Economy and Society Index (DESI) evidenzia come l'Italia sia indietro rispetto ad altri paesi europei per quanto concerne la copertura di banda larga e la preparazione digitale, sottolineando così la necessità critica di riformare il quadro normativo e burocratico per facilitare e accelerare l'espansione della rete in fibra ottica. L'adozione di un sistema di "sportelli unici" per la gestione delle approvazioni dei progetti, che coordinerebbe tutte le fasi di valutazione e autorizzazione necessarie, eliminando i ritardi burocratici e aumentandone l'efficienza potrebbe costituire una proposta funzionale a tal fine. Inoltre, l'introduzione di incentivi finanziari specifici, come sgravi fiscali o sovvenzioni, potrebbe catalizzare ulteriormente lo sviluppo della fibra ottica, in particolare nelle aree meno sviluppate del paese.

Esaminando nuovamente i successi di Francia e Germania, si nota come entrambi i paesi abbiano implementato riforme normative che hanno semplificato significativamente i processi di approvazione. In Francia, il governo ha ridotto i requisiti burocratici per la posa della fibra ottica e ha introdotto incentivi per le aziende che investono in aree meno densamente popolate; ciò ha permesso una rapida espansione della rete in aree che altrimenti sarebbero rimaste isolate dal progresso digitale. La realtà tedesca ha invece adottato misure per facilitare l'acquisizione delle autorizzazioni necessarie e ha incentivato gli operatori con sussidi diretti per estendere la rete in aree rurali, dimostrando che

una politica incentrata su un ambiente normativo semplificato e incentivi adeguati può effettivamente accelerare la digitalizzazione. Per l'Italia, l'applicazione di un modello simile comporterebbe la risoluzione di problemi legati alla lentezza burocratica, oltre a stimolare l'investimento privato in infrastrutture cruciali. La collaborazione tra enti pubblici e settore privato dovrebbe essere implementata, creando un ambiente più favorevole agli investimenti, attraverso una chiara indicazione delle priorità nazionali e una maggiore certezza sul ritorno economico degli investimenti in fibra ottica.

Cybersicurezza

Con l'accelerazione della digitalizzazione, l'affidabilità e la sicurezza delle infrastrutture che supportano questa evoluzione sono diventate una priorità imprescindibile. Le reti in fibra ottica, quali scheletro portante delle moderne telecomunicazioni, hanno una responsabilità significativa nel proteggere i dati trasmessi attraverso di esse. Le sempre più complesse minacce informatiche richiedono un approccio olistico alla sicurezza che vada oltre le tradizionali misure di protezione hardware per includere la consapevolezza e la formazione degli utenti. Gli investimenti in avanzate tecnologie di sicurezza, come la crittografia end-to-end e i sistemi di rilevamento delle intrusioni, sono basilari per proteggere l'integrità e la riservatezza delle informazioni. Inoltre, è fondamentale educare gli utenti all'importanza delle buone pratiche di sicurezza, come gestione sicura delle password e consapevolezza delle frodi online, per creare una prima linea di difesa, efficace contro le minacce informatiche. Approcciando in tal senso su più fronti, si protegge l'infrastruttura digitale su cui si basa il mondo moderno, ma si rafforza contemporaneamente anche la fiducia degli utenti nei servizi digitali, che rappresenta una componente fondamentale in un'economia digitale di successo. L'adozione di tecnologie di protezione avanzate e l'impegno costante nell'educazione e nella sensibilizzazione di tutti gli utenti sulle migliori pratiche di cybersecurity, garantiscono la continuità delle operazioni digitali che sono parte integrante della vita quotidiana, assicurando così la sicurezza. Parallelamente, una crescente preoccupazione per la sicurezza delle infrastrutture telecomunicazioni riguarda la vulnerabilità dei cavi sottomarini, che sono fondamentali per la connettività globale. Questi cavi, che trasportano la maggior parte del traffico dati internazionale, sono soggetti a rischi di rotture intenzionali, soprattutto in un'era dove le tensioni geopolitiche si riflettono sempre più nel cyberspazio; ad esempio, la crescente competizione geopolitica negli spazi marittimi ha portato a una serie di incidenti sospetti e a rotture di cavi, che hanno suscitato preoccupazioni non indifferenti per la sicurezza delle comunicazioni e dei dati a livello globale. Proteggere tali infrastrutture vitali richiede soluzioni robuste, tra cui il monitoraggio avanzato e la reattiva capacità di risposta agli attacchi fisici ai cavi, che possono essere perpetrati per sabotaggio o come attacco di cyber.

In effetti, il conflitto globale si sta spostando progressivamente verso il cyberspazio, con nazioni e gruppi non statali che utilizzano cyber attacchi come strumenti di guerra ibrida. Gruppi di hacker affiliati a stati-nazione, come quelli riconosciuti per operazioni sotto l'egida russa, sono stati responsabili di una serie di attacchi a infrastrutture critiche in diversi paesi compiuti con l'obiettivo di causare distruzione fisica, e di seminare discordia e disinformazione, mirando a destabilizzare gli avversari su più fronti. La guerra militare tra Russia e Ucraina è iniziata nel febbraio 2022, ma, a questa data sono preceduti numerosi attacchi hacker; Tra i più noti, gli attacchi al settore energetico

ucraino del 2015 e 2016 e alle televisioni ucraine il giorno del bombardamento. Il giorno stesso dell'invasione russa in Ucraina, il malware Deserblade ha colpito le emittenti televisive ucraine, rubando dati e bloccando le comunicazioni. Si registrano solo nel 2022 in Ucraina 4500 cyber attacchi.

Gli attacchi informatici non si limitano solo ai paesi in guerra e in contrasto tra di loro. Evidenza della fragilità del sistema di trasmissione digitale è l'hackeraggio ad aprile di quest'anno delle stazioni ferroviarie di Milano e Roma.



(Figura 26 – stazione di Roma termini hackerata)

(Fonte- <https://startupitalia.eu/>)

In risposta a questi rischi crescenti, è necessario che le nazioni collaborino al fine di rafforzare la sicurezza cibernetica globale e sviluppare normative che possano efficacemente rispondere a tali minacce. L'educazione e la formazione continua degli utenti sui rischi del cyberspazio, insieme allo sviluppo di tecnologie di sicurezza avanzate, sono quindi essenziali per prevenire e mitigare i danni dei cyber attacchi. Inoltre, la cooperazione internazionale nel monitoraggio e nella protezione dei cavi sottomarini e altre infrastrutture critiche diventa un aspetto nodale per prevenire attacchi che potrebbero avere conseguenze devastanti su scala globale. Attraverso queste strategie integrate e un impegno condiviso verso la sicurezza e la resilienza, possiamo aspirare a un futuro digitale più stabile e sicuro, dove la fibra ottica connette il mondo e lo protegge dalle nuove forme di minacce che emergono nell'era digitale.

Nel successivo capitolo, è riportata l'analisi della letteratura che indaga le relazioni che intercorrono tra l'evoluzione delle infrastrutture digitali e il mondo della ricerca.

Capitolo 2: Analisi della letteratura

Nel secondo capitolo, si esamina la letteratura attuale per valutare gli effetti della banda ultra-larga sulle imprese. Prima di procedere con il modello, si valuta lo stato dell'arte ed i contributi scientifici esistenti, concentrandosi sull'impatto delle connessioni sulla produttività delle imprese e sul mondo della ricerca. Saranno analizzati i cambiamenti nei modelli di business e le differenze che hanno riscontrato i vari settori nell'adozione delle connessioni ad internet. L'incremento di competitività, favorito dall'avanzamento delle infrastrutture digitali, ha influenzato il modo delle imprese di approcciarsi al mercato, sia nelle operazioni quotidiane che nelle strategie di crescita.

Per analizzare i diversi aspetti di questo fenomeno è stato adottato un approccio sequenziale e graduale. Per riassumere e rendere maggiormente intuitiva la letteratura esistente in materia, si adoperava un approccio top-down in cui si scannerizzano tutti i contributi esistenti per poi dettagliare i maggiormente significativi ai fini della trattazione corrente. Si vuole esaltare la letteratura che analizza gli effetti sulle economie locali e globali, sottolineando il ruolo cruciale della banda larga.

Nella tabella seguente sono schematizzati i papers su cui si basa la ricerca. Oltre agli autori, sono riportati gli anni ed il luogo presi in analisi, fondamentali per una visione contestualizzata dei risultati che si evincono.

AUTORI	DATI	MODELLO DI STIMA	RISULTATI
Philippe Aghion Richard Blundell Rachel Griffith Peter Howitt Susanne Prantl	REGNO-UNITO 1987-1993	ANALISI IV	L'ingresso di imprese straniere ha un effetto positivo sulla crescita della produttività esclusivamente nei settori vicini alla frontiera tecnologica.
Eric J. Bartelsman Martin Falk Eva Hagsten Micheal Polder	EU 2002-2010	ANALISI IV	-Un aumento dell'1% del numero dipendenti con accesso alla banda larga implica un aumento della produttività dello 0,36%. -Le innovazioni di prodotto in aziende manifatturiere portano una produttività superiore del 3-9% rispetto alle imprese non innovative; nelle imprese di servizi ci si aggira tra il 5-21%. Questi numeri diminuiscono se si considera l'intensità delle reti ICT.
Vincenzo Spezia	OECD 2002-2010	ANALISI IV ANALISI DI CORRELAZIONI	-Le connessioni ICT consentono alle imprese di adottare l'innovazione, ma non aumentano le loro capacità di innovare.
Evhenii Fadeev	USA 1976-2019	STIMA DELLE CONCENTRAZIONI	Le imprese tendono a condividere la propria conoscenza con fornitori e clienti, ma a nascondere ai concorrenti, riscontrando un aumento delle concentrazioni di citazioni.
Kaufmann Peter Lehner Franz Tödtling	AUSTRIA 2001	MODELLI LOGIT	Internet facilita la creazione di nuovi partner nazionali (51%) ed europei (43%), pur non sostituendo l'importanza delle relazioni umane lavorative.
Gerard Hoberg Yuan Li Gordon M. Philips	USA-CINA 2001-2016	ANALISI IV	-Crowding out: l'aumento di internet in Cina hanno portato ad una riduzione delle attività brevettuali statunitensi. -La concorrenza nel mercato della proprietà intellettuale ha effetti negativi significativi.

Xu Xu Alison Watts Markum Reed	USA 2010-2015	ANALISI IV	-L'accesso a internet ha effetti significativi sul numero di brevetti depositati. -l'accesso ha un effetto più significativo rispetto all'incremento di velocità per la promozione dell'innovazione.
Gaétan de Rassenfosse Jan Kozak Florian Seliger	OECD, UE28, BRICS 1980-2014	GENERAZIONE DI DATI	-Mappatura delle coordinate geografiche utili per studi sulle interconnessioni tra ricercatori.
Yanfeng Zheng Qinyu Wang	CINA 2012-2016	ANALISI DiD	-Importanza di Internet nella ricerca. -Diminuzione della distanza del 9.1% degli inventori rispetto al gruppo di controllo -Diminuzione della distanza cognitiva dell'11.5%
Jed Kolko	USA 1999-2006	ANALISI IV	-Un aumento di un punto percentuale del numero di provider di banda è associato ad una crescita dell'occupazione del 6.36%. -L'effetto degli investimenti in infrastrutture digitali è più evidente in imprese technology-intensive.
Timothy DeStefano Richard Kneller Jonathan Timmis	REGNO UNITO 1999-2005	ANALISI IV	-Le imprese con accesso alla banda larga mostrano aumenti significativi del fatturato e del numero di dipendenti, ma non del fatturato.
Chris Forman Nicolas van Zeebroeck	USA 1992-1998	ANALISI DiD	-L'adozione di internet facilita brevetti collaborativi -Non vi è impatto sui brevetti collaborativi tra team ubicati nella stessa città -Non vi è impatto sui brevetti di singoli inventori

L'integrazione della fibra ottica nel mondo della ricerca universitaria e nell'R&D interno alle imprese ha notevolmente aumentato l'efficienza e la capacità innovativa in numerosi settori.

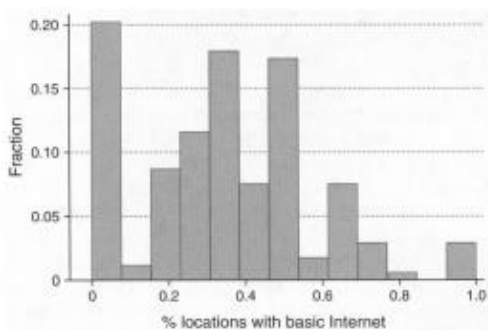
L'ampiezza di banda e la bassa latenza della fibra ottica offrono comunicazioni e trasmissioni veloci e sicure, essenziali il mondo del research and development, in cui le trasmissioni ad alta intensità e lo sharing in tempo reale tra team situati in diversi continenti sono frequentemente richiesti. I programmi governativi e i vari sovvenzionamenti nazionali ed europei per gli investimenti nelle infrastrutture digitali hanno reso i cicli di sviluppo più rapidi, riducendo la durata del tempo che intercorre dal concepimento del prodotto alla release sul mercato.

Affrontano questo tema Chris Forman e Nicolas van Zeebroeck nel 2012, scrivendo "From wires to partners: how the internet has fostered R&D collaborations within firms".

Il contesto che analizzano è il mercato americano tra il 1992 e il 1998, essendo in questi anni avvenuto un incremento esponenziale del digitale.

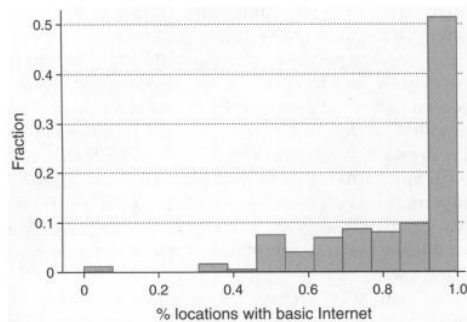
Le figure 27 e 28 mostrano il cambiamento tra il 1996 e il 1998.

L'asse delle ascisse rappresenta la percentuale di utilizzatori all'interno di ogni azienda, mentre l'asse delle ordinate mostra la frazione di imprese nel campione esaminato all'interno di ogni percentuale.



(Figura 27 - 1996)

La figura 27 riportata sopra riporta la percentuale di sedi che hanno adottato internet all'interno delle aziende nel campione di stima, nel 1996. Nel 1996 il 20% delle imprese analizzate fa uso di internet meno dell'8%.



(Figura 28 - 1998)

La figura 28 indica la percentuale di sedi che hanno adottato internet all'interno delle aziende nel campione di stima nel 1998. Si nota che nel 1998 il 49,1% delle imprese ha un uso di internet al 100%.

Queste cifre mostrano una notevole variabilità nella penetrazione di Internet di base all'interno delle imprese.

In particolare, le ipotesi del modello sono:

IPOTESI 1. L'adozione di internet di base è associata ad un incremento della probabilità di collaborazione in team multi-autore geograficamente dispersi.

IPOTESI 2. L'adozione di internet di base è associata ad un incremento minore della probabilità di collaborazione per team multi-autore in un'unica località rispetto a team geograficamente dispersi.

IPOTESI 3. L'adozione di Internet di base è associata ad un incremento minore nella probabilità di collaborazione per inventori singoli rispetto a team geograficamente dispersi.

Per dimostrare ciò, adottano modelli di dati panel con effetti fissi per analizzare se l'introduzione dell'Internet di base corrisponda ad un aumento nella probabilità di rilevare una domanda di brevetto condivisa tra ricercatori di una specifica coppia di azienda e località. Utilizzano una metodologia di identificazione basata sul metodo DiD, che ci permette di confrontare la frequenza di brevetti collaborativi tra una specifica coppia di azienda e località prima e dopo l'introduzione di internet.

I risultati mostrano un aumento significativo della probabilità di brevetti collaborativi per le coppie di sedi che adottano Internet, rispetto a quelle che non lo adottano. Le coppie di MSA che hanno implementato internet di base hanno registrato una maggiore probabilità di collaborazione di 1,6 punti percentuali rispetto ai non adottanti, un risultato significativo per un livello di α del 5%. Tuttavia, l'analisi di regressione indica che non vi è alcuna differenza significativa tra adottanti e non adottanti in termini di probabilità di brevetti collaborativi all'interno di una singola MSA. Inoltre, gli inventori solitari in sedi che hanno adottato Internet di base hanno registrato una crescita più lenta nella brevettazione. I risultati dimostrano quindi che l'introduzione di Internet di base riduce i costi di coordinamento per team di ricerca geograficamente distanti, ma non influisce in modo significativo sulla collaborazione o la produttività all'interno delle stesse aree metropolitane, suggerendo che i benefici sono più rilevanti per collaborazioni che affrontano sfide di coordinamento legate alla distanza.

Affronta lo stesso tema anche il documento "Does access to internet promote innovation? A look at the U.S. broadband industry" di Xu Xu, Alison Watts e Markum Reed. Gli autori si concentrano sul deposito di brevetti negli Stati Uniti tra il 2010 e il 2015, in seguito alla diffusione della rete. Attraverso un'analisi dettagliata e l'utilizzo di analisi IV, gli autori cercano di capire come l'accesso a Internet a diverse velocità di download influenzi l'attività innovativa a livello regionale. Fonte di ispirazione per Xu Xu, Alison Watts e Markum Reed è l'articolo di Acemoglu, Moscona e Robinson

(2016), che analizza come l'ambiente istituzionale degli Stati Uniti nel 1800 abbia guidato l'innovazione tecnologica. Essi affermano che la presenza di un ufficio postale in una contea era significativa per l'innovazione, in quanto consentiva un flusso più rapido di informazioni e conoscenze. L'oggetto dell'innovazione oggi è rappresentato dalla fibra ottica.

Partendo dal presupposto che Internet svolge un ruolo importante nel facilitare la diffusione della conoscenza e l'accesso alle informazioni, questo studio si propone di quantificare come l'accesso a velocità di download fisse, riduca il costo della scoperta e della conoscenza stimolando conseguentemente l'attività innovativa, misurata dal numero di domande di brevetto.

Come mostrano le figure 29 e 30, la maggior parte della popolazione statunitense ha accesso a velocità di almeno 10 Mbps. L'aumento della velocità a 25 Mbps comporterebbe una riduzione significativa dell'accesso in molte contee.

Percent of Population with Access to DL10mpbs, 2013



(Figura 29- %popolazione ADSL 10mb, 2013)

Percent of Population with Access to DL25mpbs, 2013



(Figura 30- %popolazione ADSL 25mb, 2013)

Dalle figure 31 e 32 si nota il confronto tra i brevetti depositati nel 2000 ed i brevetti depositati nel 2015. Da questo si può notare che i brevetti sono generati in aree altamente ristrette e concentrate. È necessario evidenziare che velocità più elevate sono associate ad un aumento del numero di domande di brevetto.

Log Patents, 2000



(Figura 31- domande di brevetto, 2000)

Log Patents, 2015



(Figura 32- domande di brevetto, 2015)

La domanda a cui gli studiosi vogliono rispondere è: cosa stimola maggiormente l'innovazione, la velocità o l'accesso ad internet?

Per rispondere a questa domanda Xu Xu, Alison Watts e Markum Reed trovano la funzione di utilità per poi derivarla, trovando l'equilibrio di Nash in cui il benessere è massimizzato.

L'accesso a internet svolge un ruolo fondamentale nel ridurre i costi legati all'acquisizione di informazioni sul potenziale successo delle innovazioni, contribuendo ad aumentare il numero di domande di brevetto. La possibilità di verificare facilmente se un'innovazione è già stata brevettata incoraggia l'impegno nell'innovazione stessa, poiché l'incertezza su tale informazione può essere un deterrente. Allo stesso modo, conoscere il numero di concorrenti che competono per i brevetti in una determinata area può motivare gli individui a proseguire con i propri progetti se trovano pochi rivali, riducendo l'incertezza che potrebbe frenare l'iniziativa. Il loro studio evidenzia che un miglioramento della velocità di Internet non porta necessariamente a un aumento delle innovazioni, mentre la mera disponibilità della rete stessa è sufficiente per creare un ambiente innovativo, facilitando l'acquisizione di informazioni sulle probabilità di successo dei brevetti.

Come la connettività cambia gli equilibri geopolitici mondiali è un tema affrontato in "Internet access and U.S.-China innovation competition". In questo documento gli autori esplorano l'influenza dell'accesso a Internet in Cina sull'innovazione negli Stati Uniti. Lo studio condotto da Gerard Hoberg, Yuan Li e Gordon M. Philips esplora come lo sviluppo economico e tecnologico della Cina influenzi le imprese statunitensi in termini di innovazione e tutela della proprietà intellettuale. Il contesto della crescita economica cinese viene presentato nell'introduzione insieme alle crescenti preoccupazioni dei responsabili politici e dei media riguardo alla competizione internazionale e al suo impatto sull'innovazione degli Stati Uniti.

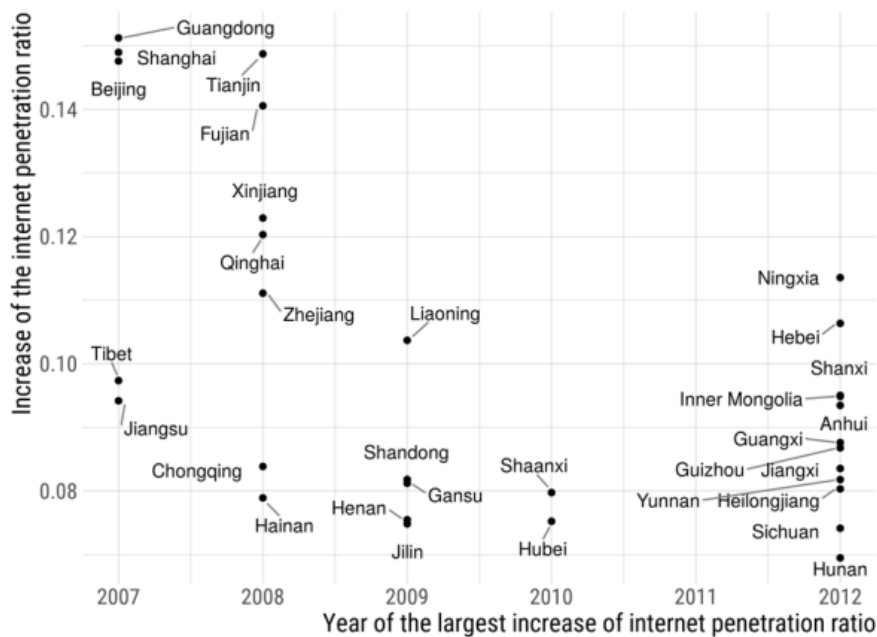
Le ipotesi che si presentano nel modello sono:

IPOTESI 1. L'accesso a Internet in Cina con il conseguente incremento della competizione riducono gli investimenti in ricerca e sviluppo (R&D) delle aziende statunitensi influenzando negativamente il numero di brevetti ottenuti.

IPOTESI 2. La competizione cinese nel mercato della proprietà intellettuale porta ad un aumento delle citazioni dei brevetti statunitensi da parte delle aziende cinesi, indicando un aumento della competizione in termini di conoscenza e tecnologia.

IPOTESI 3. Le aziende statunitensi rispondono alla competizione cinese non solo riducendo gli investimenti in R&D, ma anche attraverso cambiamenti nelle loro strategie di produzione e approvvigionamento. Potrebbero abbassare i prezzi e/o aumentare la differenziazione per evitare la concorrenza.

Per dimostrare queste ipotesi vengono effettuati analisi sulle aziende statunitensi quotate in borsa, combinando diverse fonti. La competitività cinese viene misurata utilizzando la penetrazione di Internet nelle province e il tasso di citazioni dei brevetti statunitensi. Per affrontare la possibilità di effetti esterni che potrebbero influenzare l'analisi, lo studio utilizza una serie di test, esaminando la relazione tra la penetrazione di Internet in Cina e la competizione da parte di altre economie, tra cui l'Europa, il Giappone e il Nord America.

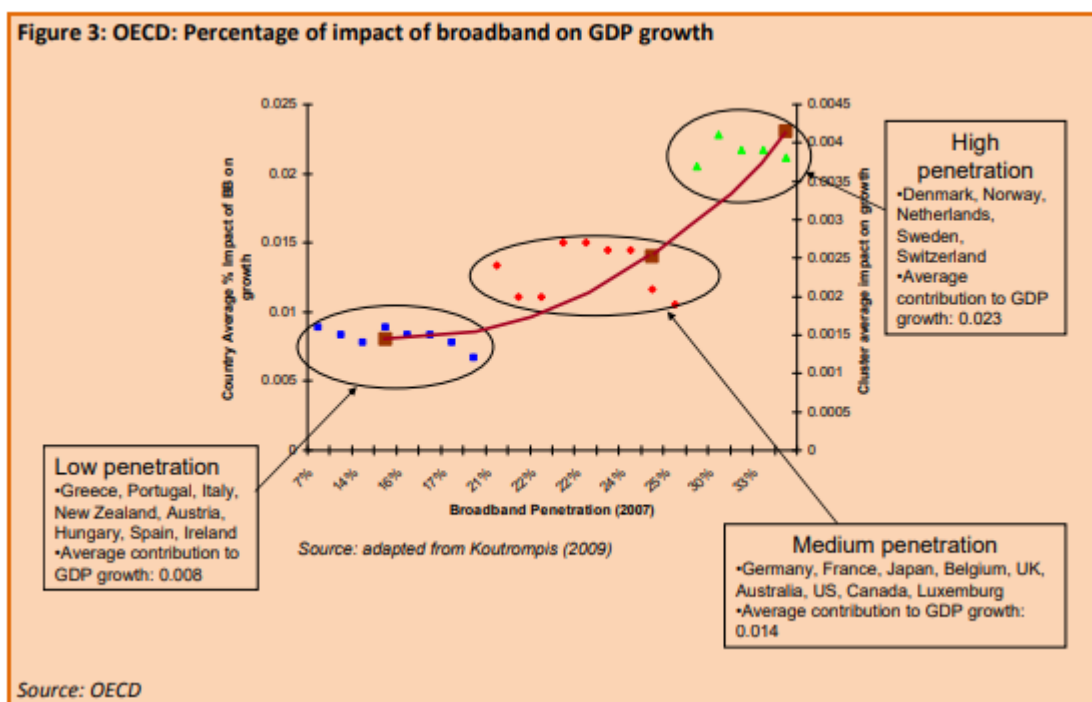


(Figura 33 – rapporto tra crescita di internet e aumento di produttività nelle province cinesi)

Uno degli studi che ha posto le basi sui successivi studi circa gli effetti della rete larga è "Impact of Broadband on the Economy" realizzato dal Dr. Raul Katz. Il documento indaga approfonditamente il legame tra la diffusione della banda larga e la crescita economica globale. L'indagine copre diversi aspetti dell'impatto economico della tecnologia di rete, inclusa la crescita del PIL, la produttività delle imprese, la creazione di posti di lavoro e il surplus per i consumatori. A tal fine, il lavoro comprende metodi di analisi econometrica, revisione della letteratura e casi di studio per valutare l'impatto della banda larga su singoli contesti nazionali e regionali.

Viene analizzata in primo luogo la diffusione della banda larga negli ultimi vent'anni, sottolineando come questa tecnologia sia diventata un pilastro essenziale dell'economia moderna. Lo studio riconosce quattro effetti principali: la crescita del PIL, l'incremento di produttività, la creazione di posti di lavoro ed il surplus dei consumatori. Gli autori rilevano una correlazione positiva tra la

penetrazione della banda larga e la crescita del PIL pro capite; specificamente, si nota un incremento del PIL tra lo 0,9% e l'1,5% per un aumento del 10% della penetrazione della banda larga. In termini di produttività, si valutano le migliorie portate ai processi aziendali quali la gestione della catena di approvvigionamento, l'ottimizzazione delle operazioni e la creazione di nuovi modelli di business. Gli studi empirici indicano che l'adozione della banda larga comporta un incremento della produttività delle imprese tra il 5 e il 20%, anche se la gamma di risultati si basa sul settore specifico.



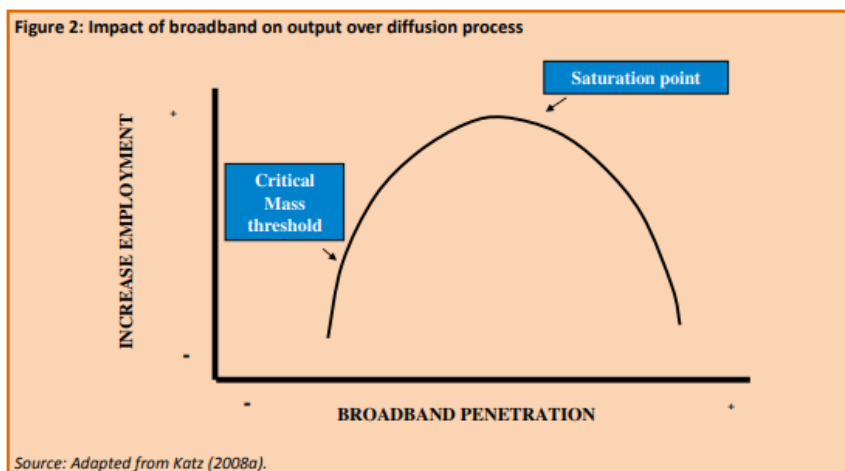
(Figura 34- penetrazione banda larga e crescita del PIL)

Il grafico 34 mostra la relazione tra la penetrazione nella banda larga e la crescita del PIL nei paesi dell'OCSE nel 2007. Qui, la figura è suddivisa in tre cluster:

- Low penetration, tra cui Grecia, Portogallo e Italia, con una penetrazione inferiore al 20%. In tali paesi l'aumento di un punto percentuale nella penetrazione delle infrastrutture digitali contribuisce ad una crescita dello 0,008%.
- Mid penetration, tra cui Germania, Francia e Giappone, con una penetrazione tra il 20% e il 30%. In questo cluster l'impatto sulla crescita è di circa lo 0,014%.
- High penetration tra cui Danimarca, Norvegia, Paesi Bassi, con più del 30% di penetrazione. Qui l'impatto sulla crescita rappresenta lo 0,023% per ogni aumento di un punto percentuale della banda larga.

Lo studio approfondisce anche l'impatto della banda larga sulla creazione di posti di lavoro, evidenziando sia gli effetti diretti legati alla costruzione delle infrastrutture di rete, sia gli effetti

indiretti. Ad esempio, il documento mostra che un aumento del 10% nella penetrazione della banda larga può portare ad un aumento dell'occupazione compreso tra lo 0,2% e il 5,3%, a seconda del settore e del contesto nazionale.



(Figura 35 – Effetti della penetrazione dell'internet sull'occupazione)

Un altro tema interessante è come la diffusione della banda larga influenzi l'occupazione. Ponendo come esempio gli Stati Uniti, l'analisi riflette l'effetto positivo sul lavoro, soprattutto attraverso i trasferimenti economici volti alla creazione di posti di lavoro. In base a uno degli studi, un investimento di 10 miliardi di dollari per la diffusione della banda larga porta un incremento di 180 mila posti di lavoro, di cui 64 mila diretti e 116 mila indiretti.

Il caso della Germania mostra invece come il piano nazionale di sviluppo della banda larga abbia portato ad un aumento dell'occupazione ed al contempo crescita economica.

Gli studi includono l'America Latina, i Paesi Arabi e parte dell'Asia, mostrando come l'impatto possa variare per contesti socioeconomici diversi.

Per valutare il surplus dei consumatori, lo studio utilizza l'econometria per misurare la differenza tra la disponibilità di pagare per i servizi di banda larga e il loro prezzo effettivo, evidenziando i benefici sociali derivanti dalla diffusione della rete.

Di vitale importanza per lo sviluppo degli impianti di rete digitale sono le politiche pubbliche e le normative, che devono essere adeguate a promuovere lo sviluppo della banda larga. È necessaria una collaborazione tra enti governativi e settore privato per garantire un accesso equo e diffuso, favorendo così la crescita economica e lo sviluppo sociale. Uno dei casi emblematici sullo sviluppo di questo ideale è l'Italia, che vede una sinergia tra governo e imprese private.

Così come il paper "Impact of Broadband on the Economy" discute il rapporto tra banda larga e performance aziendale negli Stati Uniti e in Germania, il documento "Broadband infrastructure, ICT

use, and firm performance: Evidence for UK firms" di Timothy DeStefano, Richard Kneller e Jonathan Timmis indaga il legame all'interno delle imprese nel Regno Unito. I ricercatori impiegano un modello econometrico con variabili strumentali per analizzare l'influenza della presenza di connessione a banda larga e dell'adozione di diverse tecnologie ICT sulle performance aziendali, considerate in base alle dimensioni delle imprese e alla produttività. Il modello considera come l'aumento della connettività può agevolare l'adozione e l'utilizzo di strumenti informatici nuovi, portando a una gestione più efficace della catena di approvvigionamento e a una maggiore accessibilità ai mercati emergenti. Lo studio si concentra sugli anni compresi tra il 1999 e il 2005, un periodo importante per la diffusione dell'Adsl e la trasformazione digitale. L'Adsl ha fornito la necessaria infrastruttura di banda larga per l'accesso rapido a Internet, permettendo alle aziende di implementare nuove tecnologie informatiche. Ciò ha consentito alle imprese di ottimizzare la gestione delle risorse, introdurre nuovi modelli di business e aumentare l'efficienza. I risultati ottenuti dall'analisi dei dati della Ci Technology Database (CiTDB) e dell'ONS hanno permesso di studiare l'impatto della transizione tecnologica sulle performance economiche delle imprese, evidenziando l'importanza fondamentale della banda larga nello stimolare la crescita e l'efficienza aziendale.



(Figura 36 – Diffusione ADSL 2001)



(Figura 37 – Diffusione ADSL 2003)



(Figura 38 – Diffusione ADSL 2005)

L'esame empirico dimostra che la connettività a banda larga ha un impatto rilevante sulle dimensioni delle aziende, in relazione ai guadagni e ai dipendenti ma non sulla produttività. Questa situazione si nota soprattutto per le aziende di dimensioni contenute, che traggono vantaggio dall'uso dell'Adsl per accedere a informazioni a costi più bassi. Nello specifico, c'è una correlazione positiva tra il numero di computer per dipendente e la capacità della rete, mentre diminuisce all'aumentare della distanza tra l'azienda e la centrale telefonica. Invece, l'utilizzo di programmi gestionali come ERP sembra non essere notevolmente influenzato dalla connessione a banda larga, indicando che la connettività potrebbe avere un impatto maggiore sull'hardware rispetto ai software.

Capitolo 3: Analisi del Database

Introduzione

Dopo aver esaminato in dettaglio gli effetti delle connessioni in fibra ottica e il panorama dei brevetti discussi nella prima parte di questa tesi, la ricerca si avvia ora verso una fase di indagine più scientifica e rigorosa. L'obiettivo di questa fase è giungere a conclusioni solide e significative attraverso una valutazione approfondita dei dati.

L'approccio iniziale aiuta a comprendere preliminarmente le dinamiche in gioco, in modo tale da evincere le possibili interconnessioni presenti tra le variabili. Si mira infatti a sottolineare gli effetti che l'incremento di copertura di fibra ottica ha avuto sull'attività brevettuale, con particolare attenzione agli impatti che ha avuto sulla distanza geografica dei brevetti citati. Queste conclusioni, in una seconda fase, saranno poi approfondite mediante analisi econometriche.

L'approccio combinato, che integra analisi esplorativa ed analisi statistica, mira a fornire un quadro completo circa l'impatto delle infrastrutture digitali sull'ecosistema brevettuale.

Il dataset impiegato, fornito dal DIGEP, copre un periodo che va dal 2012 al 2018 e include dati relativi sia all'attività brevettuale che alla copertura delle connessioni a banda larga. Il dataset in questione è importante per analizzare l'evoluzione delle dinamiche brevettuali tenendo contezza dello sviluppo delle infrastrutture digitali nel tempo. Si analizzano 55.000 brevetti, offrendo un'ampia varietà di casi che riflettono differenti contesti tecnologici e geografici. Sono contenute 185 variabili che forniscono una panoramica completa delle caratteristiche socioeconomiche e tecniche dei comuni italiani.

I grafici rappresentati in questo capitolo sono stati generati con l'ausilio della libreria 'matplotlib' di Python.

Obiettivi e metodologia di analisi

In questa sezione si vogliono analizzare gli impatti che l'evoluzione delle infrastrutture digitali ha avuto sul mondo della ricerca e dell'innovazione. Si cerca pertanto di rispondere a quesiti critici, quali:

1. Qual è la relazione tra la copertura della fibra ottica e l'attività brevettuale nei comuni italiani?
2. In che modo le differenze nella qualità della connessione influenzano l'innovazione e la collaborazione tra le imprese?
3. Come differiscono tra di loro comuni con diversa accessibilità ai servizi digitali?

Prima fase: analisi esplorativa del dataset

L'obiettivo della prima sezione descritta in questo capitolo è analizzare il dataset e mostrare i trend delle variabili chiave utilizzando rappresentazioni grafiche. Ciò facilita l'identificazione di pattern e correlazioni significative che potrebbero non essere immediatamente evidenti attraverso un'analisi meramente descrittiva. Le variabili pertinenti includono:

- **coverage_ftth**: Copertura della fibra fino a casa (FTTH).
- **m_dist_cited**: Media della distanza geografica delle citazioni ricevute dai brevetti.
- **max_dist_cited**: Massima distanza geografica delle citazioni ricevute dai brevetti.
- **min_dist_cited**: Minima distanza geografica delle citazioni ricevute dai brevetti.
- **tot_dist_cited**: Somma totale delle distanze delle citazioni ricevute.
- **n_pat_active**: Numero di brevetti attivi.
- **n_pat_singleinv_active**: Numero di brevetti con un solo inventore attivi.
- **m_cited**: Numero medio di citazioni ricevute.
- **m_citing**: Numero medio di citazioni date.
- **coverage_ADSLplusLITE_7mb**: Copertura della connessione ADSL a 7 Mb.
- **coverage_UBB**: Copertura della banda ultra-larga.

Seconda Fase: Analisi Statistica e Regressione

Nel quarto capitolo è descritta la seconda fase dell'analisi in cui si concentrerà l'attenzione su un'indagine statistica avanzata utilizzando modelli di regressione e altre tecniche econometriche per validare o confutare le conclusioni empiriche raggiunte durante la fase esplorativa.

Lo scopo primario della sezione è isolare gli effetti specifici della qualità della connessione sulle dinamiche di innovazione tecnologica e brevettuale, escludendo gli effetti esterni che potrebbero influenzare l'analisi tra cui una particolare politica di sostegno dell'innovazione, politica, trasferimenti statali...

L'approccio di analisi utilizza modelli di regressione multipla lineare, accompagnata da variabili di controllo ed effetti fissi, per raggiungere una maggiore varianza spiegata e ridurre l'errore residuo. Per tenere in considerazione l'eterogeneità invariante nel tempo tra i comuni, l'analisi utilizza effetti fissi modellizzati sugli anni e sui comuni.

La stima dei parametri della retta di regressione è sviluppata mediante il software econometrico STATA e calcolata attraverso il metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS). La robustezza del modello è verificata attraverso test quali R^2 , $1'R^2$ -Adjusted ed il RootMSE.

Analisi della copertura in Italia

Lo sviluppo dell'attività produttiva è accelerato dall'espansione delle infrastrutture di rete. In particolare, la fibra ottica è stata principale promotrice dell'incremento delle interconnessioni tra gli enti di ricerca, migliorando la velocità e l'affidabilità delle comunicazioni. Ciò ha dato grande slancio all'innovazione soprattutto nei settori riguardanti l'intelligenza artificiale, la sicurezza informatica e l'ottimizzazione delle operazioni aziendali, supportando allo stesso tempo tecnologie emergenti come il 5G.

Per affrontare l'analisi si procede a step, ordinati in base alla potenza di rete:

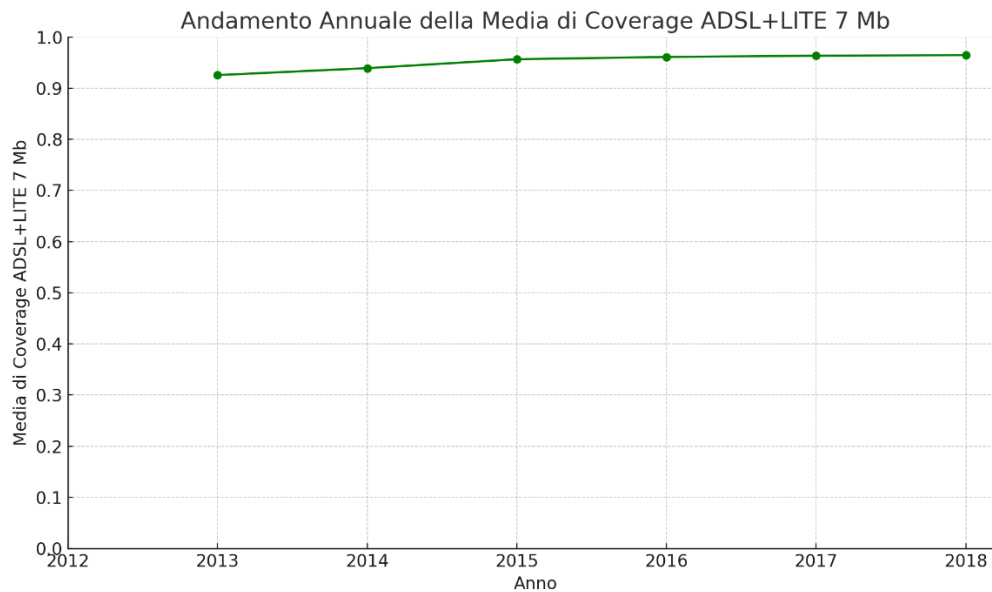
1. Adsl 7mb
2. Adsl 20 mb
3. Ultrabroadband
4. FTTH

Adsl 7mb

Prima di addentrarsi nell'analisi degli effetti sortiti, è prioritario lo sviluppo delle reti negli ultimi anni. L'Adsl 7mb rappresenta il punto di partenza per questo studio.

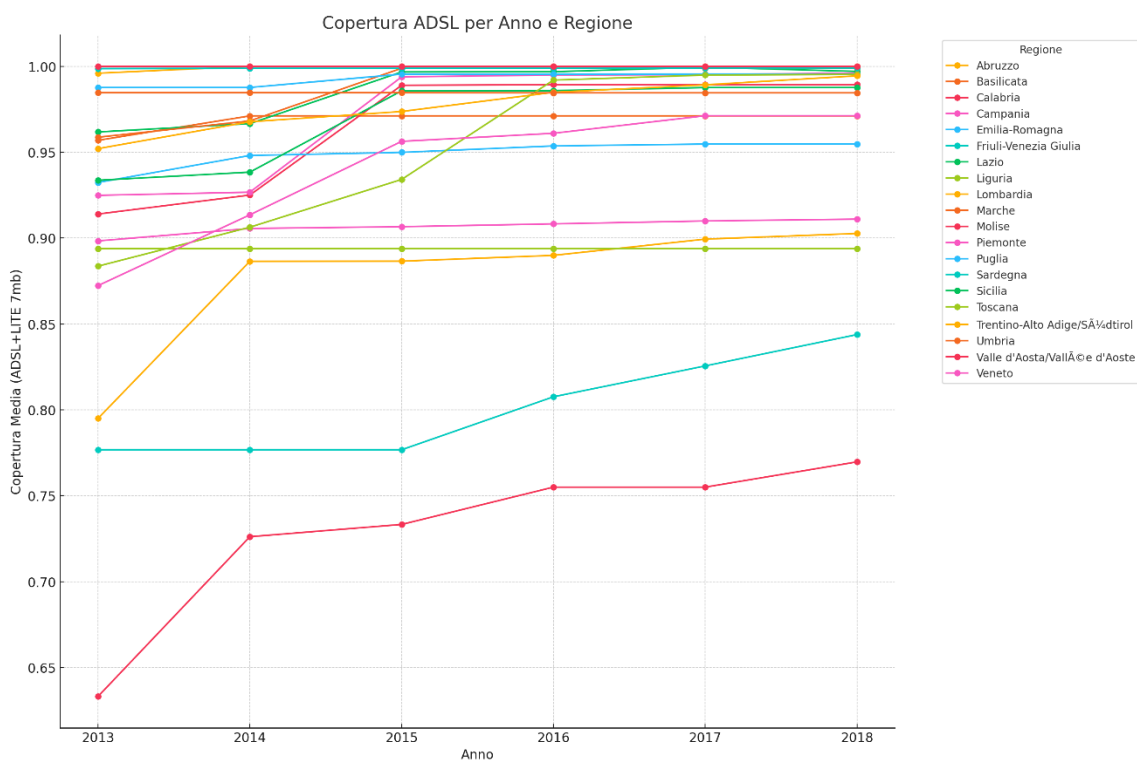
Il grafico allegato mostra l'andamento annuale dal 2013 al 2018 della copertura media dell'Adsl 7 Mb in Italia. I dati mostrano che dal 2013 sono state coperte anche le zone più remote del Paese. La media della copertura è rimasta alta nel corso degli anni successivi, mostrando un trend costante e raggiungendo quasi il 100% nel 2016.

Nonostante in passato l'Adsl 7 Mb era una buona opzione, oggi non riesce a soddisfare le richieste moderne come lo streaming di contenuti in alta definizione, che richiede velocità ben superiori. Ad esempio, servizi come Netflix e Amazon Prime Video, per uno streaming HD senza interruzioni, richiedono almeno 5-7 Mb, mentre per il 4K sono necessari 25 Mb o più. Oltre all'intrattenimento, anche applicazioni di videoconferenza come Zoom o Microsoft Teams, essenziali per il lavoro da remoto, risentirebbero di connessioni lente, rendendo le riunioni online meno efficaci. Allo stesso modo, il crescente utilizzo di smart home devices e applicazioni IoT richiede reti più veloci e stabili per un funzionamento efficiente. Per questa motivazione lo sviluppo delle reti si è rivelato di fondamentale importanza negli ultimi anni. L'adozione della fibra ottica e delle tecnologie 5G permette di raggiungere velocità di connessione superiori, riducendo i tempi di latenza e migliorando l'affidabilità della rete.



(Grafico 1- sviluppo ADSL 7mb)

Per dettagliare l'evoluzione nelle varie località è stato tracciato il Grafico sottostante in figura 2 in cui è evidenziata la copertura media dell'Adsl 7 Mb nelle diverse regioni italiane dal 2013 al 2018. Lombardia, Toscana e Veneto sono le regioni italiane pioniere dello sviluppo delle reti e mostrano infatti una copertura elevata e stabile sin dal 2013. Al contrario, regioni quali la Calabria e la Sicilia, pur mostrando un lento progresso, partendo da livelli più bassi non raggiungono la copertura ottimale fino al 2018. Il divario digitale ha influenzato lo sviluppo economico e la disponibilità di servizi alla popolazione, con una conseguente disparità della qualità di vita.



(Grafico 2- sviluppo Adsl 7mb per regione)

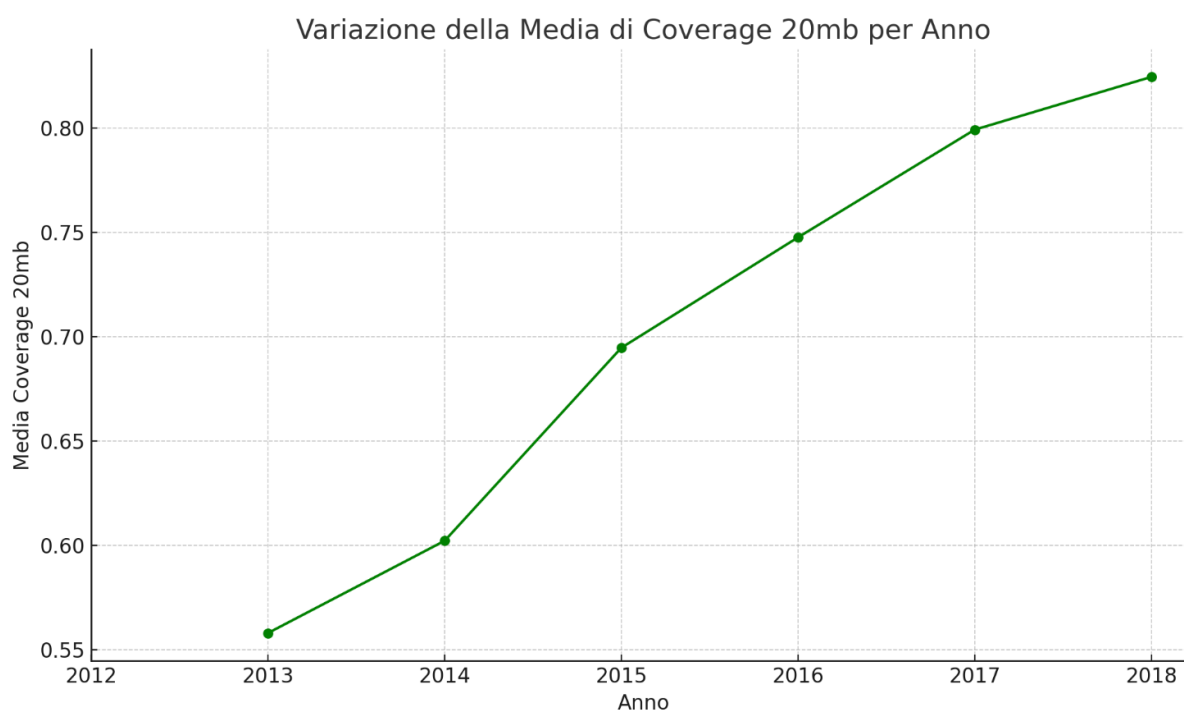
Il divario è accentuato da una diversità morfologica: le zone rurali in Calabria e Sicilia differiscono notevolmente da quelle di Veneto e Lombardia per vari aspetti geografici, economici e demografici. La superficie classificata come rurale di Calabria e Sicilia si aggira rispettivamente intorno all'82% e 85%. Queste regioni presentano ampie aree montane e collinari, protette come riserve naturali o adibite prevalentemente alla coltivazione di agrumi, ulivi e prodotti orticoli.

Per contro, Veneto e Lombardia vantano una differente distribuzione del territorio e un diverso grado di sviluppo economico. Seppur il 50% del suolo è adibito alla coltivazione, l'elevata industrializzazione delle restanti aree favorisce un'ambiente di ricerca innovativo.

Adsl 20 Mb

La versione successiva all'Adsl a 7 Mb è l'evoluzione della stessa a 20 Mb. L'Adsl 20 Mb rappresenta un grande passo verso la successiva affermazione della dell'ultrabroadband.

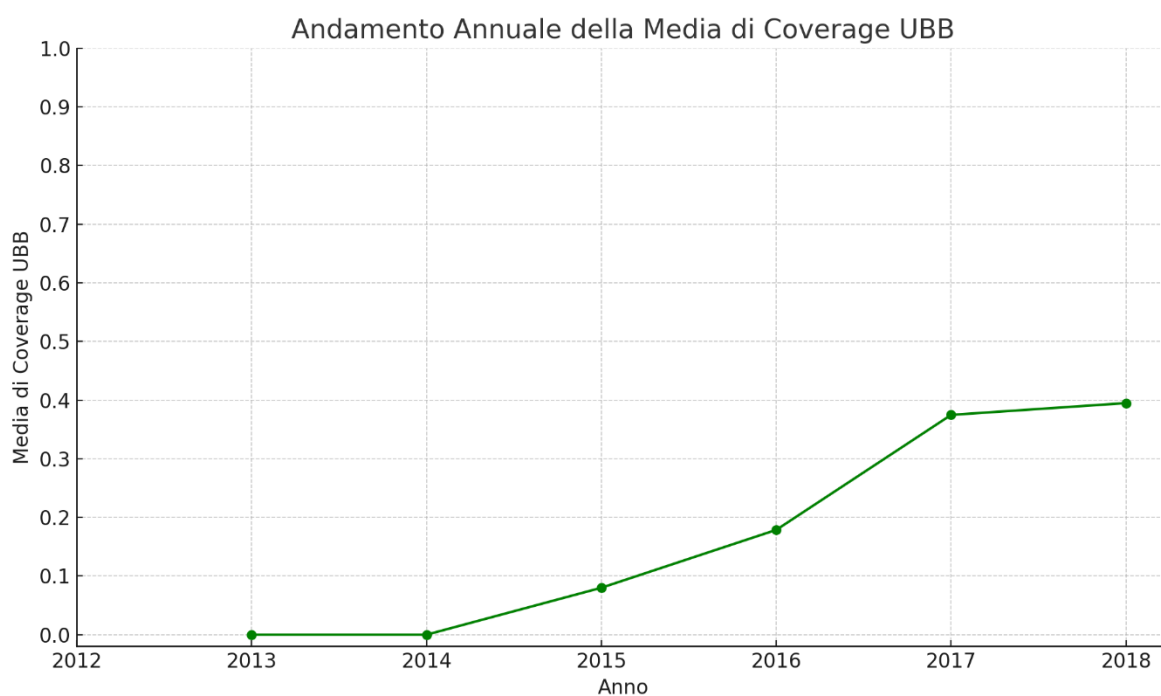
Il grafico sotto presentato in figura 3 mostra l'evoluzione delle connessioni a 20 Mb in Italia dal 2013 al 2018. All'inizio del periodo di osservazione la copertura era del 55%, per poi crescere con continuità superando l'80% nel 2018. Molte famiglie e aziende hanno visto un miglioramento della qualità della connessione grazie alla copertura a 20 Mb. L'implementazione della connessione a 20mb ha aumentato il digital gap tra aree urbane ed aree periferiche. Infatti, in molte aree rurali, la copertura a 20 Mb è rimasta inferiore alla media nazionale, limitando l'accesso a servizi e opportunità che richiedono connessioni più veloci.



(Grafico 3- sviluppo ADSL 7mb)

Ultrabroadband

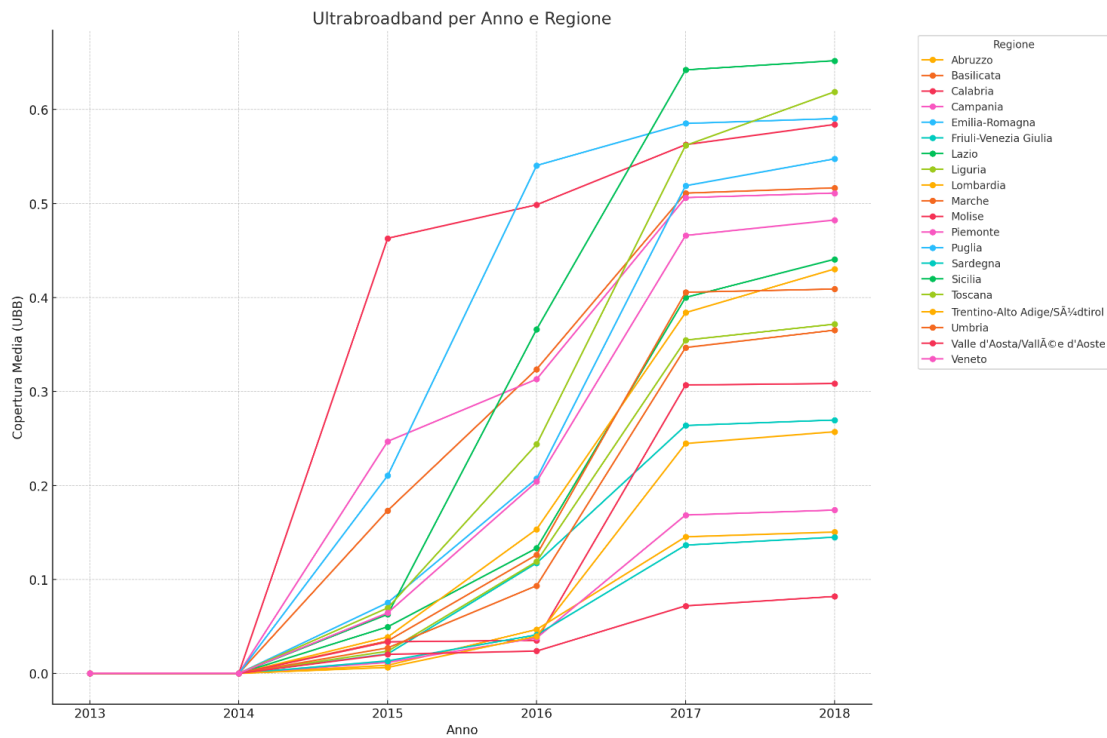
La copertura della banda ultra-larga (UBB) assume un ruolo significativo nell'analisi dell'infrastruttura digitale italiana. È necessaria per fornire connettività ad alta velocità oltre il precedente limite di 30 Mb al fine di supportare applicazioni avanzate come il telelavoro, l'e-learning e i servizi di smart city. Il grafico 4 mostra l'andamento annuale della copertura media della banda ultra-larga in Italia dal 2013 al 2018. I fondi per gli investimenti adibiti allo sviluppo dell'UBB sono stati erogati a partire dal 2014. A conferma di ciò si nota che la copertura media sino a tale anno era inferiore allo 0,1%. Lo sviluppo della rete ha avuto un andamento lineare per i primi due anni, esponenziale tra il 2015 e il 2017 per poi stabilizzarsi nel 2018. La presenza di un elevato livello di copertura ad ultra-banda è stato un fattore fondamentale durante la pandemia COVID-19, in cui la mole di dati trasmessa è aumentata notevolmente.



(Grafico 4- sviluppo UBB)

Il grafico 5 illustra l'evoluzione della copertura ultrabroadband nelle regioni italiane dal 2013 al 2018. Si evince come l'adozione dell'ultrabroadband sia iniziata in tempi più tardivi rispetto alle reti Adsl, con un rapido incremento a partire dal 2014.

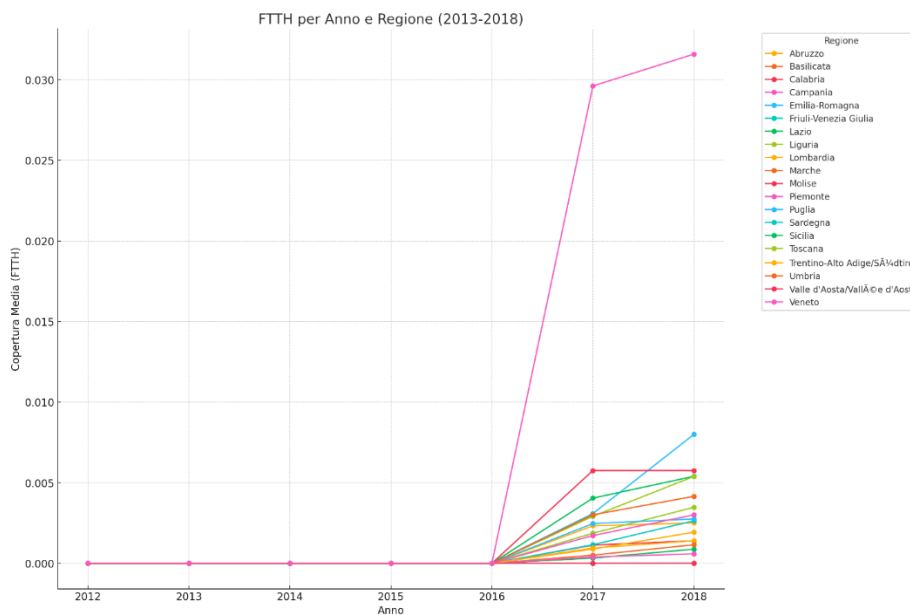
Lombardia, Lazio, ed Emilia-Romagna mostrano una crescita rapida raggiungendo livelli di copertura superiori al 50% entro il 2018; contrariamente, Calabria e Sicilia, pur registrando miglioramenti, mostrano una crescita più lenta e livelli di copertura più bassi, attestandosi al di sotto del 40%. Questi dati dimostrano la difficoltà di alcune regioni ad allinearsi a quelle tecnologicamente più avanzate, aumentando così il digital gap. Tutto ciò è motivo di squilibri di competitività sul territorio nazionale: regioni con copertura più alta possono offrire condizioni migliori attraendo investimenti per lo sviluppo di startup tecnologiche, al contrario di quelle con copertura inferiore che possono trovare più difficoltà nel partecipare pienamente all'economia digitale. Per aumentare l'efficienza degli investimenti è necessario, pertanto, mirare ad un progresso tecnologico e socioeconomico equilibrato su tutto il territorio nazionale.



(Grafico 5- sviluppo UBB per regione)

FTTH

Per completare in maniera esaustiva l'analisi delle infrastrutture digitali italiane, è importante considerare la diffusione della tecnologia FTTH (Fiber to the Home), che rappresenta il livello più avanzato di connettività con velocità di connessione significativamente superiori rispetto alle tecnologie tradizionali. La copertura media della fibra nelle diverse regioni italiane dal 2013 al 2018 è rappresentata nel grafico 6 sottostante. Si evidenzia un avvio molto lento, seguito da un rapido aumento a partire dal 2016. Fino al 2015 infatti, la copertura era praticamente inesistente in tutte le regioni. Le regioni promotrici di questa tecnologia sono state Campania e Valle d'Aosta. Nonostante il livello raggiunto sia solamente del 3%, la Campania si è mostrata lungimirante nella veloce adozione di questa tecnologia. Altre regioni come Lombardia e Lazio iniziano a migliorare la loro copertura FTTH, la quale tuttavia si assesta intorno a valori poco significativi, indicativi del fatto che la diffusione è ancora alle prime fasi. Superando i 1000 Mbps la fibra ottica rappresenta un salto tecnologico rispetto ai 30-100 Mbps tipici dell'ultrabroadband.



(Grafico 6- sviluppo FTTH per regione)

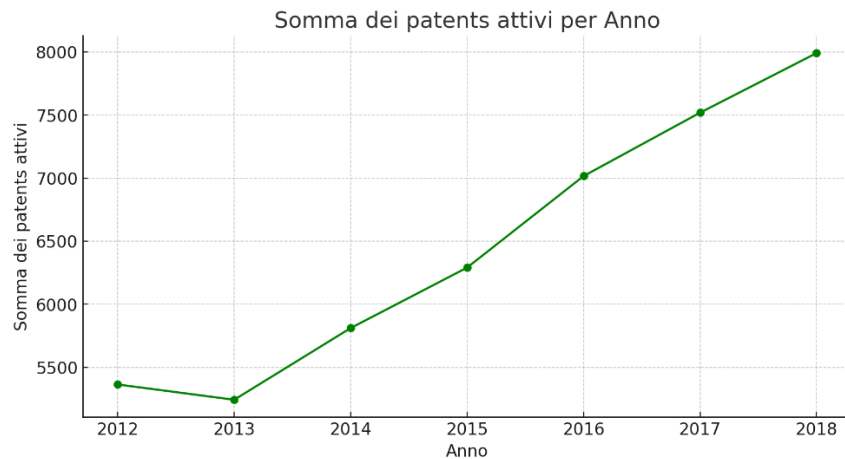
Nonostante l'impegno e gli investimenti italiani degli ultimi anni, lo sviluppo è ancora agli stadi marginali se confrontato con paesi come Svezia e Paesi Bassi. Questo ritardo può influenzare

negativamente la competitività della nazione in termini attrattività di investimenti esteri. Pertanto, è essenziale accelerare la diffusione della FTTH per garantire che l'Italia possa competere in un'economia globale, fornendo ai cittadini e alle imprese le infrastrutture necessarie per sfruttare appieno le opportunità offerte dalla tecnologia moderna.

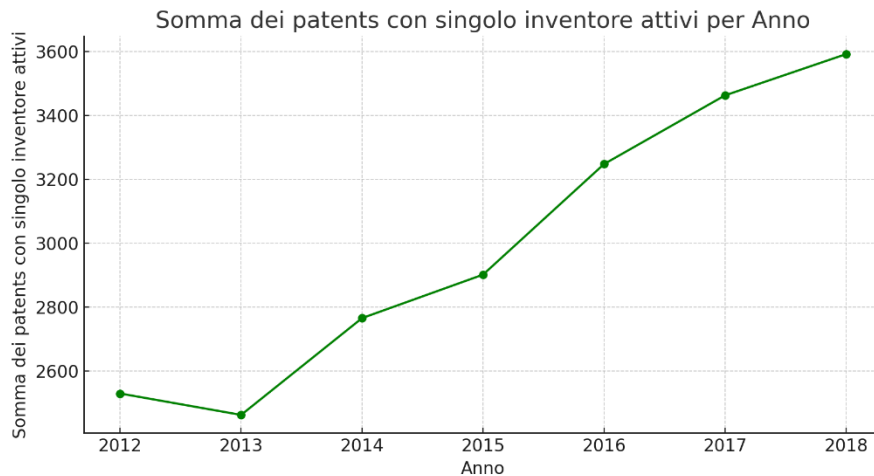
Analisi dei brevetti

La recente adozione della fibra ha permesso una collaborazione senza precedenti tra ricercatori universitari ed aziendali grazie alla rapidità delle connessioni. Questa ha reso possibile la condivisione immediata di grandi volumi di dati, l'accesso a risorse remote e la partecipazione a progetti complessi in tempo reale. In particolare, piattaforme come ResearchGate e altri strumenti per la gestione della proprietà intellettuale hanno reso più semplice la registrazione di brevetti e l'interazione tra aziende in tutto il mondo. L'ambiente iperconnesso così creatosi ha incentivato la nascita di nuove discipline scientifiche e startup tecnologiche, promuovendo modelli di business agili e innovativi. Esempi di applicazioni concrete di questo nuovo modello di connessione sono le società che basano il proprio core business sull'IoT e l'intelligenza artificiale nei diversi processi aziendali, come la logistica, l'ottimizzazione della produzione... A dimostrazione di ciò si è notato un incremento del numero di brevetti e citazioni. Questo progresso infrastrutturale ha ottimizzato le capacità esistenti e ha aperto la strada a soluzioni innovative che contribuiranno a plasmare la ricerca, l'economia e la società nei prossimi anni, rafforzando la posizione italiana nel mercato globale.

Il Grafico 7 rappresenta la somma dei patents attivi anno per anno ed evidenzia una crescita costante dal 2013 al 2018. Questo incremento è una indiretta conseguenza del concomitante e crescente sviluppo dell'infrastruttura in fibra ottica nel Paese. Il Grafico 8 invece rappresenta la somma annuale dei brevetti attivi con inventore singolo, evidenziando una tendenza di crescita simile al grafico dei brevetti totali. Fattori economici e cambiamenti normativi hanno portato ad un leggero calo dell'attività di brevettazione nel 2013, seguito da una rapida ripresa, a partire dall'anno seguente, che coincide con l'espansione della copertura della banda larga e della fibra ottica. Un ulteriore facilitatore dello slancio brevettuale si evince dalle politiche governative di supporto all'innovazione, come incentivi fiscali, programmi di finanziamento per la ricerca e programmi Proof of Concept. Al contempo le università, supportate da questi incentivi si sono sempre più concentrate sulla ricerca, basando parte del proprio business sulle Research Based Inventions e la proprietà intellettuale. Quest'analisi suggerisce come la sinergia tra infrastrutture digitali, politiche di supporto e collaborazione tra enti accademici e industriali ha giocato un ruolo chiave nel potenziare l'attività innovativa, ponendo le basi per ulteriori progressi tecnologici futuri.



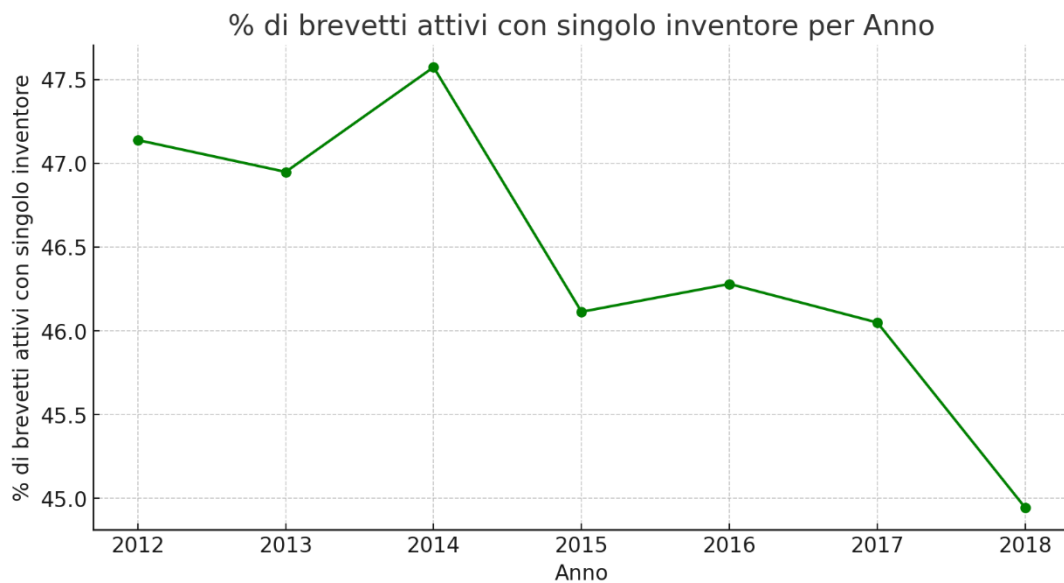
(Grafico 7 - evoluzione somma patents attivi)



(Grafico 8 - evoluzione somma patents singolo inventore)

L'esame simultaneo dei Grafici 7 e 8 mette in luce un dato di grande rilevanza. Entrambe le tendenze stanno aumentando alla stessa velocità, ma la quota di brevetti attivi con un solo inventore sta diminuendo nel corso del tempo, come visibile dal Grafico 9. Questa situazione evidenzia i cambiamenti nelle modalità di ricerca sia nelle aziende che nelle università. Grazie all'aumento della stabilità e della velocità della connettività, sta diventando sempre più semplice e frequente per i ricercatori collaborare in team multidisciplinari, agevolando una stretta collaborazione tra individui con differenti competenze. La veloce connessione ha rimosso le limitazioni geografiche, permettendo a inventori di diverse aree e nazioni di lavorare insieme in tempo reale senza essere vincolati dai limiti delle infrastrutture convenzionali. Questa spinta ha facilitato la creazione di gruppi di ricerca multidisciplinari a discapito dei singoli inventori. Questo passaggio verso una crescente cooperazione implica che una minoranza di brevetti vengano depositati da inventori individuali, mettendo così in difficoltà coloro che non possono accedere a reti di collaborazione interdisciplinare. Questa

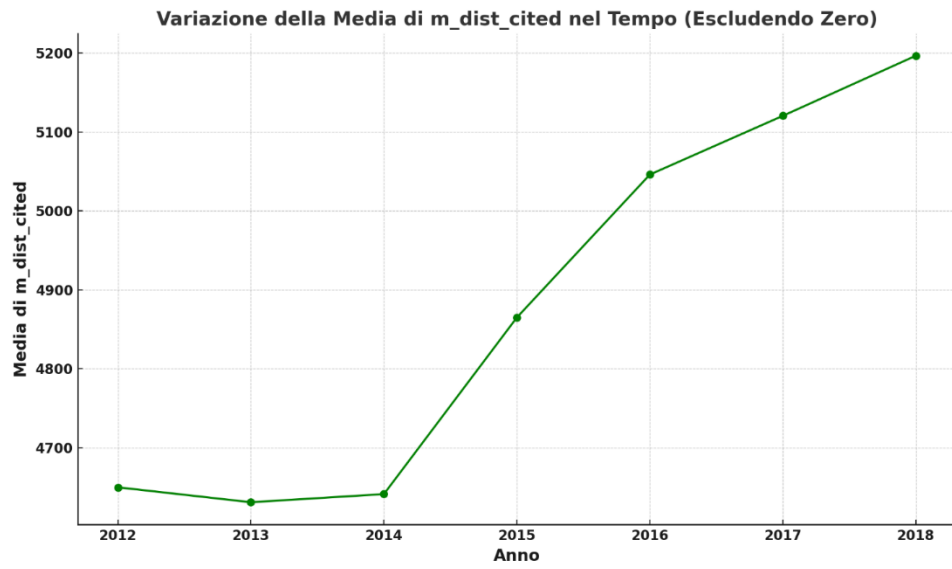
trasformazione evidenzia anche l'incremento di complessità della tecnologia, la quale richiede spesso il contributo di diverse discipline per superare le sfide. Mentre la collaborazione porta vantaggi come la rapida risoluzione dei problemi e la creazione di sinergie tra competenze diverse, impone nuove sfide agli inventori individuali che devono essere competitivi grazie a piattaforme e strumenti adeguati.



(Grafico 9 - % brevetti attivi con singolo inventore)

Il Grafico 10 rappresenta l'andamento nel tempo della distanza geografica media tra i documenti citati. È evidente un costante aumento della distanza media tra il 2012 e il 2018; questo è un riflesso molto chiaro di un trend di rapida estensione della rete di ricerca congiuntamente a un aumento di intensità della connessione tra scienza e tecnologia. La crescita continua della distanza media dei brevetti citati è indicativa di un aumento nella rete di citazioni dovuto alla facilità con cui l'informazione è agevolmente accessibile.

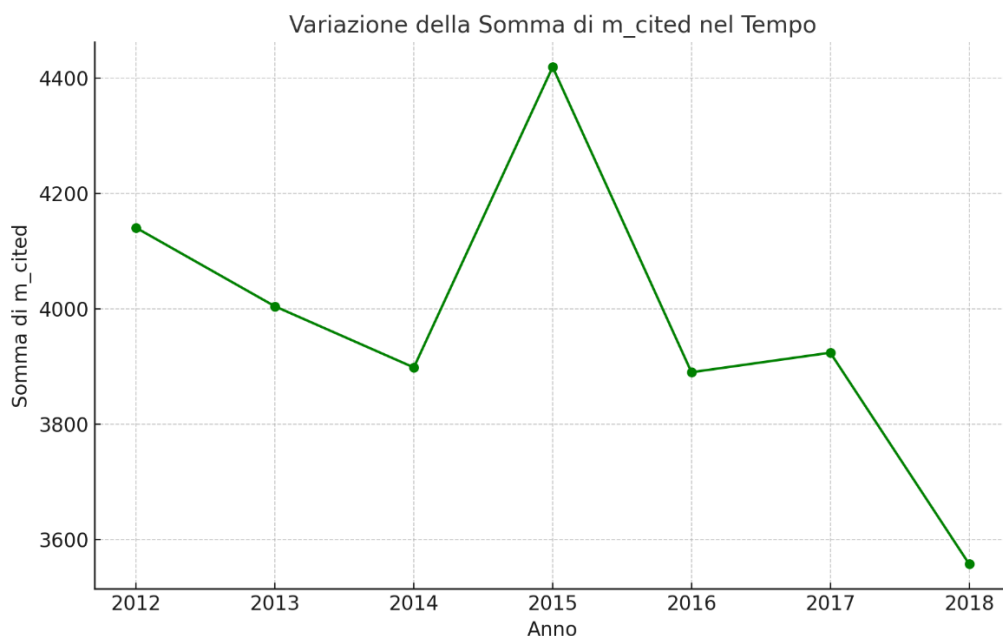
Il fenomeno studiato può essere visto inoltre come un riflesso della globalizzazione della ricerca, dove la connessione tra studiosi e inventori a livello internazionale ha reso le informazioni e le idee più accessibili, favorendo una sinergia che supera le barriere geografiche e culturali.



(Grafico 10- media della distanza dei documenti citati)

Numero patents nel tempo

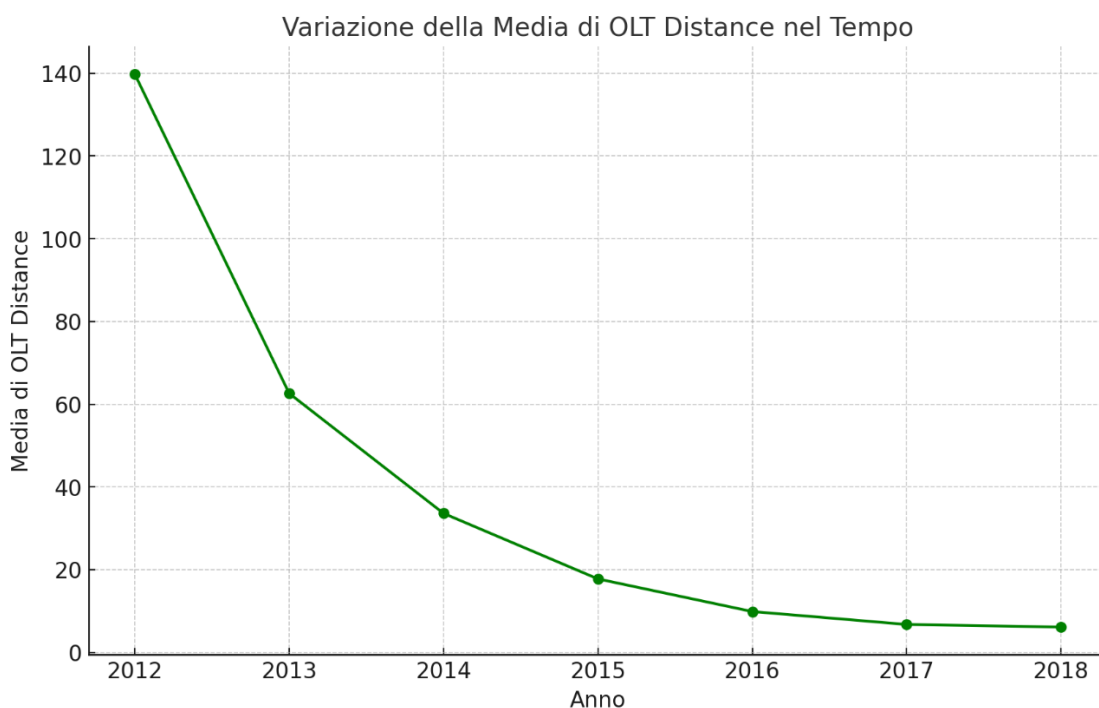
Si può notare un risultato inatteso dal Grafico 11 che rappresenta la somma del numero di patents citati nel periodo 2012-2018: l'andamento è piuttosto volatile e con forti fluttuazioni annuali. È una tendenza molto diversa da quella che emerge dall' aumento mostrato nel grafico precedente relativo alla distanza dei brevetti citati. Nonostante l'ampiezza e l'interdisciplinarietà della rete di citazioni continuano a crescere in modo lineare, la frequenza con cui i brevetti si riferiscono ad altre fonti ha seguito un andamento diverso. Il valore della somma delle citazioni è alto nel 2012, per poi diminuire fino al 2014. Nel 2015 rimbalza bruscamente, per poi riscendere di nuovo, con una pendenza maggiore, fino al 2018. La forte instabilità rivelata nel grafico è il motivo per cui, si dovrebbe prestare attenzione non solo alla distanza dei patents citati, ma anche alla frequenza e alla densità delle citazioni stesse. Tale varianza evidenzia che i comportamenti di citazione non seguono un percorso lineare e possono essere influenzati da molteplici fattori, come cambiamenti normativi, evoluzioni del mercato, o variabili legate alla specificità delle tecnologie emergenti. Pertanto, l'analisi delle citazioni deve essere messa in collegamento con contesti qualitativi aggiuntivi al fine di poter essere compresa nella complessità delle dinamiche sottostanti e delle implicazioni per il cambiamento scientifico.



(Grafico 11 – somma del numero medio di documenti citati)

Olt distance

Il grafico della variazione della media di OLT distance dal 2012 al 2018 mostra una significativa e continua diminuzione, evidenziando una continua evoluzione della rete. Olt è l'abbreviazione di optical line terminal (terminale di linea ottica), un dispositivo utilizzato per collegare la fibra ottica e trasferire i segnali. Un abbassamento delle distanze riduce l'attenuazione del segnale, consentendo dati a velocità più elevate senza necessità di ripetitori e di amplificatori. Diminuendo inoltre la distanza si abbassa la latenza della rete, fondamentale per attività sensibili al tempo come il telelavoro e i servizi finanziari. Questa significativa diminuzione della media della distanza dalle centrali che passa dai 140 ai 8 km manifesta ancora una volta l'accelerazione del progresso tecnologico.



(Grafico 12 - Olt distance)

Capitolo 4: Analisi econometrica

Introduzione

Il presente capitolo affronta l'analisi econometrica del dataset e rappresenta il cuore della presente tesi. L'obiettivo principale è trarre conclusioni dallo studio finora condotto, verificando le ipotesi formulate attraverso l'analisi della letteratura e dei dati raccolti. Lo strumento adoperato per il perseguimento di tale scopo è l'analisi di regressione lineare mediante il software STATA, tool statistico utile ad indagare le relazioni tra le diverse variabili di interesse. Il capitolo si articola in due principali sezioni.

La prima sezione introduce il modello econometrico con l'equazione di regressione lineare. Vengono inizialmente descritte le motivazioni a sostegno della scelta di questo preciso approccio giustificando la costruzione della retta in base alle teorie economiche e ai risultati emersi dall'analisi del dataset. Viene data una dettagliata spiegazione delle variabili caratterizzanti spiegando l'iter di selezione e quali dati sono stati utilizzati. Robustezza, accuratezza ed affidabilità del modello verranno migliorate grazie all'introduzione nella regressione di effetti fissi utili a cogliere le possibili influenze da fattori esogeni, che rischiano di influenzare il modello, discostandolo dalla realtà. Come ulteriore step, si è deciso di includere anche delle variabili di controllo, al fine di catturare altre influenze che potrebbero contribuire a spiegare la varianza della variabile dipendente.

La seconda sezione del capitolo sarà dedicata alla presentazione e all'analisi dei risultati. Questa include l'interpretazione dei coefficienti di regressione, i quali permetteranno di quantificare l'effetto delle variabili indipendenti su quella dipendente, nonché la verifica della significatività statistica di tali effetti. L'analisi dei residui e la valutazione della bontà del fit del modello sono altrettanto importanti per validare l'affidabilità dei risultati ottenuti. Per valutare la presenza di eventuali problemi di autocorrelazione, eteroschedasticità e multicollinearità saranno effettuati test statistici *ad hoc*.

L'introduzione di effetti fissi, variabili di controllo e la trasformazione della retta da lineare a logaritmica, supportati da test specifici, sono utili per approfondire dinamiche complesse che non emergerebbero da un semplice esame delle correlazioni lineari.

4.1: Introduzione al modello

Lo scopo principale del presente lavoro di tesi ha riguardato la valutazione degli impatti dell'evoluzione delle infrastrutture digitali sulla ricerca. Come discusso nei precedenti capitoli, l'obiettivo è stato quello di verificare se l'incremento della connettività e l'accesso facilitato alle informazioni, uniti al rafforzamento del network interpersonale tra ricercatori, agevolato dalle nuove modalità di smart e co-working, abbiano effettivamente aumentato il numero di brevetti depositati e, in particolare, se abbiano ampliato la distanza tra queste citazioni. La valutazione della distanza dei documenti citati permette di valutare come l'incremento e l'evoluzione delle interconnessioni digitali abbiano impattato sulla ricerca.

Il periodo di riferimento per questa analisi copre gli anni dal 2012 al 2018.

L'analisi econometrica inizia valutando gli effetti dell'evoluzione dell'ultrabroadband. Per questa analisi, è stata utilizzata come variabile indipendente la variabile "*tot_dum_ubb*", che assume valore 1 quando il comune è dotato di una connessione veloce, 0 altrimenti. La variabile dipendente esaminata è la distanza dei brevetti citati, con particolare attenzione alla media delle distanze dei documenti citati "*m_dist_cited*", alla distanza del documento citato più lontano "*max_dist_cited*" e alla distanza dal citato più vicino "*min_dist_cited*".

Le rette di regressione includono, sotto ogni variabile, le dimensioni da cui esse dipendono. Nelle equazioni sono stati quindi inseriti pedici per ogni variabile al fine di indicare la dipendenza delle variabili stesse da determinati fattori. In particolare, è stata evidenziato che la variabile "*m_dist_cited*" dipende dal comune e dagli anni, analogamente alla variabile indipendente "*tot_dum_ubb*". Più precisamente, la dipendenza dai comuni è stata indicata con il pedice "*c*", mentre la dipendenza dal tempo con il pedice "*y*".

È importante tenere in considerazione che, per quanto una analisi possa essere accurata, non potrà mai tenere in considerazione tutti i fattori che determinano un dato fenomeno e le correlazioni tra questi. Pertanto, risulta indispensabile inserire un termine di errore residuo che modellerà la parte non spiegata dalla regressione stessa. L'errore di regressione è pari alla differenza tra i valori osservati e quelli previsti ed è fondamentale per valutare la bontà del modello e per capire quanto le variabili di interesse riescano a spiegare la variabilità della variabile dipendente. Il termine di errore μ è stato calcolato come la differenza tra il valore osservato ed il valore predetto.

$$\begin{aligned}m_dist_cited_{y,c} &= \beta_0 + \beta_1 * tot_dum_ubb_{y,c} + \mu \\max_dist_cited_{y,c} &= \beta_0 + \beta_1 * tot_dum_ubb_{y,c} + \mu \\min_dist_cited_{y,c} &= \beta_0 + \beta_1 * tot_dum_ubb_{y,c} + \mu\end{aligned}$$

Le rette di regressione, riportate sopra, rappresentano la relazione in questione. L'analisi proseguirà con affinamenti successivi di questo modello inserendo le varie misure aggiuntive al fine di migliorarne l'accuratezza. Per l'intero processo di analisi econometrica è stato utilizzato il software STATA.

Effetti fissi

Per comprendere meglio il contesto, consideriamo che le distanze dei documenti citati da Milano, dove è stata installata la fibra ottica, sono maggiori rispetto a quelle citate da città in cui le infrastrutture digitali sono meno sviluppate. Questa variazione delle distanze non solo varia da comune a comune, ma anche di anno in anno. Tali variazioni temporali possono essere attribuite alla presenza della fibra ottica, ma sono influenzate anche da fattori esterni geopolitici, normative comunali, etc....

La sfida principale della nostra analisi è isolare l'effetto della fibra ottica eliminando l'influenza di questi fattori esterni che potrebbero distorcere i risultati. A tal fine, si predilige l'uso degli effetti fissi rispetto alla stima del modello con effetti casuali perché ci permettono di controllare tutti quei fattori che influiscono sulla stima della variabile dipendente (Y) ma che non possiamo direttamente controllare. Gli effetti fissi sono implementati inserendo una serie di variabili dummy che li identificano. Nel nostro caso abbiamo due dimensioni che variano: differenze tra comuni e differenze tra anni. Se vogliamo mettere l'effetto fisso sui comuni, inseriamo una dummy per ogni comune. Questi effetti fissi valutano l'eterogeneità dei comuni indipendentemente dalla presenza della fibra ottica. Avendo 7850 comuni nella regressione, dovremmo inserire 7849 variabili dummy, poiché il numero di dummy deve essere pari al numero di comuni meno uno per evitare la collinearità perfetta. Discorso analogo lo facciamo per il tempo per cui inseriamo dummy per ogni anno tra il 2012 e il 2018.

Per incorporare gli effetti fissi, STATA offre il comando “areg” (fixed-effects regression). Questo comando è specificamente progettato per stimare gli effetti fissi a livello di entità nei modelli di dati panel.

La retta di regressione è quindi:

$$\begin{aligned}m_{dist_cited}_{y,c} &= \beta_0 + \beta_1 * tot_dum_ubb_{y,c} + \beta_2 * e_fisso_1_y + \beta_3 * e_fisso_2_c + \mu \\max_{dist_cited}_{y,c} &= \beta_0 + \beta_1 * tot_dum_ubb_{y,c} + \beta_2 * e_fisso_1_y + \beta_3 * e_fisso_2_c + \mu \\min_{dist_cited}_{y,c} &= \beta_0 + \beta_1 * tot_dum_ubb_{y,c} + \beta_2 * e_fisso_1_y + \beta_3 * e_fisso_2_c + \mu\end{aligned}$$

Dalle diverse analisi di regressione svolte è emersa una spiccata similarità nei trend e nei risultati indipendentemente dalla variabile dipendente utilizzata, pertanto, per semplicità di trattazione verrà in seguito riportata solo la retta di regressione che utilizza la media delle distanze citate come variabile dipendente. Sono state comunque eseguite le analisi econometriche su tutte le rette sopra citate ed i risultati sono consultabili nell'appendice.

Variabili di controllo

La relazione tra le variabili indipendenti e la variabile dipendente potrebbe essere influenzata da altre variabili non di interesse che quindi minano l'affidabilità del modello. Per questo motivo sono state inserite variabili di controllo. Così come gli effetti fissi servono a controllare l'eterogeneità presente nel tempo e tra i comuni, le variabili di controllo vengono incluse nel modello per tenere conto di questi fattori confondenti che potrebbero influenzare la variabile dipendente e distorcere i risultati. Un'attenta scelta delle variabili di controllo permette di ridurre infatti la variabilità ed ottenere risultati migliori.

I coefficienti β rappresentano la variazione della variabile dipendente in risposta a una variazione unitaria della variabile indipendente, presupponendo quest'ultima indipendente dalle altre variabili di interesse. Idealmente, infatti, è necessario che le variabili indipendenti siano ortogonali, ossia non correlate tra loro, per garantire l'accuratezza delle stime dei coefficienti. In presenza di correlazione tra le variabili indipendenti risulta infatti difficile isolare l'effetto individuale di ciascuna di esse, inducendo a problemi di collinearità. La collinearità riduce l'efficacia del modello statistico, rendendo le stime dei coefficienti meno precise e aumentando l'incertezza nelle inferenze. Sfortunatamente la complessità della realtà rende l'assenza completa di collinearità uno scenario raramente raggiungibile. Si preferisce pertanto accettare un lieve degrado delle prestazioni del modello a causa della collinearità piuttosto che eliminare del tutto variabili correlate, il che potrebbe aumentare l'errore di omissione, rappresentato da μ , compromettendo la completezza del modello. Le variabili di controllo introdotte nel modello sono selezionate perché sono correlate non solo con la variabile dipendente ma anche con le variabili indipendenti. Questo approccio aiuta a isolare meglio l'effetto delle variabili indipendenti primarie sulla variabile dipendente, migliorando la validità interna del modello e permettendo stime più robuste e affidabili.

Le variabili di controllo inserite nel modello sono state selezionate valutando, oltre la significatività dei coefficienti, le variazioni dei parametri quali R^2 , R^2 -Adjusted ed RMSE. Le papabili variabili di controllo selezionate sono:

- **pop_tot** (popolazione totale): può influenzare i risultati in termini di densità e dimensione del mercato.
- **olt_distance** (distanza dalla cabina): può controllare gli effetti geografici.
- **opb_distance** (distanza optical packet backbone): può controllare gli effetti geografici.
- **sh_inv_mun** (quota di inventori nel comune): può controllare il livello di attività inventiva locale.

Tuttavia, dai risultati della regressione, valutando la significatività dei coefficienti di *pop_tot* e *opb_distance*, si è deciso di escluderli dall'analisi in quanto non risultano significativi ad un livello di significatività al 5%.

$$m_{dist_{cited}y,c} = \beta_0 + \beta_1 * tot.dum.ubb_{y,c} + \beta_2 * e.fisso.1_y + \beta_3 * e.fisso.2_c + \\ + \beta_4 * olt.distance + \beta_5 * sh.inv.mun + \mu$$

Il comando VIF calcola il Variance Inflation Factor per ogni variabile indipendente nel modello di regressione. Il VIF misura quanto la varianza di un coefficiente di regressione stimato è aumentata a causa della collinearità tra le variabili indipendenti. Controllare il VIF è particolarmente utile quando si includono variabili di controllo nel modello di regressione, poiché queste variabili possono essere correlate tra loro e con la variabile di interesse. Un valore di VIF inferiore a 5, è generalmente accettabile e indica che non c'è una collinearità eccessiva tra le variabili indipendenti. Un VIF superiore suggerisce una collinearità alta, indicando che i coefficienti di regressione sono influenzati negativamente dalla collinearità e che i risultati potrebbero essere distorti.

Variable	VIF	1/VIF
<i>tot_dum_ubb</i>	1.33	0.749851
<i>olt_distance</i>	1.40	0.716559
<i>sh_inv_mun</i>	1.01	0.987534
<i>year</i>		
2014	1.78	0.562451
2015	1.94	0.515745
2016	2.08	0.480789
2017	2.26	0.442306
2018	2.30	0.434858
Mean VIF	1.76	

(Tabella 1- test VIF)

Nell'analisi eseguita, i VIF delle variabili indipendenti sono tutti ben al di sotto della soglia critica, suggerendo che la collinearità non sia un problema significativo nel modello. La media del VIF di 1.76 ulteriormente rafforza questa conclusione essendo inferiore a 5. Di conseguenza, le stime dei coefficienti del modello sono da considerarsi affidabili, consentendo una chiara interpretazione degli effetti delle variabili indipendenti sulla variabile dipendente. Questo migliora la robustezza e la validità del modello di regressione, fornendo maggiore fiducia nei risultati ottenuti e nelle conclusioni tratte dall'analisi.

4.2: Costruzione retta di regressione

I risultati stimati dalla regressione sono analizzati gradualmente per esaminare i diversi passaggi e il contributo di ogni componente aggiunto alla retta di regressione. Attraverso questo processo d'analisi, è possibile verificare l'impatto e la significatività delle variabili aggiuntive. Questa modalità d'approccio ha permesso di avere contezza di un costante miglioramento della robustezza e dell'affidabilità.

Del lavoro svolto, come preannunciato precedentemente, vengono riportati solo i risultati della regressione che vedono la media delle distanze dei documenti citati come variabile dipendente. Questa scelta è motivata dalla similarità dei risultati e dei trend osservati negli anni, che rendevano ridondante la presentazione di tutte le regressioni. Altri metodi alternativi sono stati visualizzati in appendice.

L'esistenza di una relazione significativa tra le variabili è valutata definendo l'ipotesi nulla (H_0) e l'ipotesi alternativa (H_1). L'ipotesi H_0 ipotizza che non ci siano differenze o relazioni significative, ovvero che la variabile dipendente studiata non sia correlata con la variabile indipendente. Al contrario, l'ipotesi alternativa H_1 suggerisce l'esistenza di una relazione significativa tra le variabili. Per determinare quale ipotesi sia corretta, consideriamo il *p-value*, ossia la probabilità di rifiutare l'ipotesi nulla, quando questa è vera. Se il *p-value* risulta inferiore ad un prefissato α , si conclude che l'ipotesi nulla può essere rifiutata in favore dell'ipotesi alternativa.

Effetti fissi

Il punto di partenza per la nostra analisi è stato il modello di regressione lineare che incorpora gli effetti fissi per i comuni e per gli anni.

$$m_dist_cited_{y,c} = \beta_0 + \beta_1 * tot_dum_ubb_{y,c} + \beta_2 * e_fisso_1_y + \beta_3 * e_fisso_2_c + \mu$$

Il comando Stata utilizzato per eseguire questa regressione è stato `areg`, che permette di inserire automaticamente gli effetti fissi per i comuni e per il tempo. Questo comando è utile quando si desidera controllare gli effetti fissi su più dimensioni, come le unità spaziali (comuni) e le unità temporali (anni), riducendo così il bias dovuto a variabili non osservate che variano su queste dimensioni. Il codice usato per quest'analisi è:

```
areg m_dist_cited tot_dum_ubb i.year, absorb(comune) cluster(comune).
```

VARIABLES	(1) m_dist_cited
tot_dum_ubb	125.150*** (30.814)
year = 2014	-25.512 (23.191)
year = 2015	43.919* (24.478)
year = 2016	37.755 (23.984)
year = 2017	41.355 (25.373)
year = 2018	22.760 (25.384)
Constant	480.932*** (15.648)
Observations	47,142
R-squared	0.429
Robust standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

(Tabella 2 - regressione lineare con effetti fissi)

La tabella di regressione sopra riportata fornisce importanti informazioni sull'effetto delle connessioni a banda larga ultraveloce sulla distanza media delle citazioni dei brevetti. In particolare, la regressione

mostra che la varianza spiegata dal modello, che include gli effetti fissi per gli anni e per i comuni, raggiunge il 42,90% (R-squared). Tuttavia, quando si considera l'aggiustamento per i gradi di libertà, la varianza spiegata scende al 31,46% (Adjusted R-squared).

Un aspetto rilevante che emerge dall'analisi è l'assenza di significatività dei coefficienti relativi agli anni per un livello di alfa del 5%. Questo suggerisce che non vi è una forte correlazione tra le variazioni annuali delle infrastrutture digitali e la distanza dai brevetti citati. In altre parole, le differenze tra gli anni non sembrano influenzare significativamente la distanza media delle citazioni. Tuttavia, il coefficiente per la variabile `tot_dum_ubb`, che rappresenta la disponibilità di banda larga ultraveloce, è altamente significativo ($p < 0,000$), suggerendo che la banda larga ultraveloce ha un impatto positivo e rilevante sulla distanza media delle citazioni dei brevetti.

Si desume quindi seppur le variazioni annuali delle infrastrutture digitali non mostrano una relazione significativa con la distanza delle citazioni dei brevetti, la disponibilità di connessioni a banda larga ultraveloce ha un effetto significativo e positivo.

Variabili di controllo

Per migliorare l'accuratezza dell'analisi e aumentare la varianza spiegata dal modello, sono state aggiunte le variabili di controllo menzionate in precedenza. Queste aggiunte permettono di catturare meglio le complessità e le sfumature della relazione tra la disponibilità di banda larga ultraveloce e la distanza media delle citazioni dei brevetti, tenendo conto delle influenze aggiuntive.

$$m_{dist_{cited}y,c} = \beta_0 + \beta_1 * tot_dum_ubb_{y,c} + \beta_2 * e.fisso.1_y + \beta_3 * e.fisso.2_c$$

$$+ \beta_4 * olt.distance + \beta_5 * sh.inv.mun + \mu$$

VARIABLES	(1) m dist cited
tot_dum_ubb	82.331*** (30.477)
sh_inv_mun	324.157*** (51.283)
olt_distance	0.341** (0.163)
year = 2014	-26.857 (24.116)
year = 2015	43.986 (27.254)
year = 2016	37.879 (27.713)
year = 2017	47.009 (29.461)
year = 2018	33.152 (29.684)
Constant	293.085*** (34.924)
Observations	47,142
R-squared	0.458

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 3 - regressione lineare con effetti fissi e variabili di controllo)

La tabella di regressione in figura 3 presenta i risultati ottenuti dopo l'inclusione delle variabili di controllo sh_inv_mun, olt_distance, ottenuto tramite STATA usando il codice di regressione:

areg m_dist_cited tot_dum_ubb sh_inv_mun olt_distance i. year, absorb(comune) cluster(comune).

L'incremento del valore dell' R^2 indica che una percentuale maggiore della varianza della distanza media delle citazioni è spiegata dalle variabili indipendenti incluse nel modello. L'Adjusted R^2 è migliorato al 34.98%, suggerendo che, seppur considerando il numero di variabili aggiunte, il modello offre una capacità esplicativa superiore rispetto al benchmark iniziale.

Per quanto riguarda i coefficienti degli anni, si osserva che la loro significatività rimane limitata. Solo i coefficienti per gli anni 2015, 2016 e 2017 risultano marginalmente significativi per un p-value intorno all' 11%, contrariamente ai risultati precedentemente ottenuti. Questo suggerisce che le variazioni annuali hanno una significatività maggiore rispetto al modello iniziale, ma non sono ancora completamente determinanti nel contesto di analisi.

Le variabili di controllo hanno contribuito a migliorare la comprensione delle dinamiche in gioco. Ad esempio, la variabile `sh_inv_mun` risulta altamente significativa ($p < 0,007$), suggerendo che la quota di inventori nel comune ha un ruolo rilevante nell'influenzare la distanza delle citazioni. Le caratteristiche socioeconomiche specifiche dei comuni si rivelano quindi altrettanto importanti nel valutare l'impatto sulla ricerca.

Trasformazione log-log/lin

Un ulteriore passaggio per migliorare la regressione è stato la trasformazione log-log/lin, riportata nell'equazione sottostante. Questa scelta è basata sulle seguenti considerazioni:

in primo luogo, la trasformazione logaritmica riduce l'asimmetria della distribuzione della variabile dipendente, portando a una distribuzione prossima alla normalità. I residui del modello di regressione lineare, infatti, dovrebbero essere normalmente distribuiti per soddisfare una delle principali ipotesi del modello di regressione.

In secondo luogo, permette di rappresentare relazioni non lineari tra la variabile dipendente e le variabili indipendenti, riducendo conseguentemente l'errore residuo.

Infine, i coefficienti in un modello log-log hanno un'interpretazione più intuitiva. Infatti, un coefficiente di una variabile indipendente in un modello log-log rappresenta la variazione percentuale della variabile dipendente per una variazione percentuale della variabile indipendente.

Per consentire una trasformazione logaritmica corretta, è stata sommata alle variabili una costante pari ad uno con il fine di evitare errori matematici e garantire che tutti i valori fossero positivi.

Questi ulteriori step, ha portato alla seguente retta di regressione:

$$\ln _m_{distcited_{y,c}} = \beta_0 + \beta_1 * tot.dum.ubb_{y,c} + \beta_2 * e.fisso.1_y + \beta_3 * e.fisso.2_c \\ + \beta_4 * ln.olt.distance + \beta_5 * sh.inv.mun + \mu$$

I risultati dell'analisi econometrica, implementati su STATA sono riportati in tabella 4.

VARIABLES	(1) ln_m dist cited_adj
tot_dum_ubb	0.071 (0.045)
sh_inv_mun	0.548*** (0.087)
ln_olt_distance	0.004 (0.021)
year = 2014	-0.064* (0.034)
year = 2015	0.024 (0.041)
year = 2016	-0.007 (0.049)
year = 2017	0.010 (0.053)
year = 2018	-0.022 (0.053)
Constant	0.558*** (0.100)
Observations	47,142
R-squared	0.532

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 4- regressione log-log/lin)

Questo modello ha mostrato miglioramenti significativi rispetto al modello lineare originale. Il valore di R^2 è aumentato a 53.2%, indicando che il modello spiega una percentuale maggiore della varianza. Questi risultati confermano ancora una volta l'importanza della banda larga ultraveloce e della quota di inventori nel comune nel determinare l'impatto sull'innovazione.

Visti i risultati della regressione, si è deciso di completare l'analisi valutando gli effetti a livello di macroaree italiane, per comprendere l'impatto delle infrastrutture digitali nelle diverse zone della penisola. Questo permette di valutare come le comunità locali hanno percepito e usufruito del cambiamento, evidenziando le differenze regionali nell'adozione delle nuove tecnologie.

4.3: Distribuzione italiana

Accertato che le infrastrutture digitali abbiano effetti estremamente significativi sull'attività di ricerca e innovazione all'interno del sistema, si vuole approfondire in che modo tali effetti possano variare in relazione alla disomogeneità della composizione geografica presente fra le regioni. L'Italia, infatti, mostra notevoli disomogeneità dal punto di vista economico, sociale e infrastrutturale tra le regioni, che rendono importante l'indagine. Per fare questo, la penisola è stata suddivisa in macroregioni geografiche su cui è stata svolta un'analisi approfondendo l'impatto delle infrastrutture digitali. L'uso della retta di regressione lineare è stato poi implementato in ogni cluster con lo scopo di mostrare come le differenze infrastrutturali, economiche e sociali influenzano l'impatto delle tecnologie digitali sull'innovazione e sulla ricerca.

Divisione delle Regioni per Macroaree Geografiche:

- **Nord-Est:** Veneto, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna.

Questa macroarea è nota per il suo alto livello di industrializzazione e una solida rete infrastrutturale. L'analisi in queste regioni può mostrare come le infrastrutture digitali contribuiscano a mantenere e potenziare un ecosistema già altamente innovativo.

- **Nord-Ovest:** Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Liguria.

Il Nord-Ovest è il cuore industriale dell'Italia, con una lunga tradizione di innovazione e ricerca. Le infrastrutture digitali in queste regioni potrebbero avere un impatto significativo nel supportare le attività di ricerca e sviluppo, migliorando la competitività delle imprese locali.

- **Centro:** Toscana, Umbria, Marche, Lazio.

Il Centro Italia combina importanti centri urbani e universitari con aree rurali. Questa macroarea offre una prospettiva interessante su come le infrastrutture digitali possano influenzare l'innovazione sia nelle città, con la loro alta densità di ricerca e sviluppo, sia nelle aree meno sviluppate.

- **Sud e Isole:** Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna.

Il Sud e le Isole presentano sfide particolari legate ad un ritardo infrastrutturale e socioeconomico rispetto al resto del paese. L'analisi in queste regioni può rivelare in che modo le infrastrutture digitali possono aiutare a superare questi ostacoli e promuovere l'innovazione.

Per ciascuna macroarea, è stato applicato il modello di regressione lineare precedentemente discusso, con la variabile dipendente `m_dist_cited`. Le variabili indipendenti includono `tot_dum_ubb`, `sh_inv_mun` ed `olt_distance`, insieme ai controlli per gli anni e i comuni.

Sud e Isole

Di seguito riportata la tabella di regressione per la macroarea sud e isole italiane.

VARIABLES	(1) m dist cited
tot dum ubb	62.767** (31.142)
sh inv mun	835.669*** (123.141)
olt_distance	0.324** (0.149)
year = 2014	-9.291 (25.724)
year = 2015	83.600*** (31.305)
year = 2016	41.810 (30.431)
year = 2017	58.818* (34.344)
year = 2018	49.085 (34.039)
Constant	10.533 (28.944)
Observations	15,270
R-squared	0.424

Robust standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

(Tabella 5- regressione lineare macroarea Sud)

La tabella di regressione presentata in Figura 5 evidenzia le differenze tra il Meridione, comprensivo di Isole, ed il resto d'Italia. Dalla tabella di regressione, si osserva infatti che il coefficiente per la variabile *tot_dum_ubb* è significativo per un p-value del 5%, suggerendo che la disponibilità di banda larga ultraveloce ha un impatto rilevante sulla distanza media delle citazioni in questa zona. Questo risultato è antitetico rispetto alle conclusioni tratte per le altre zone italiane, dove l'effetto della banda larga potrebbe non essere stato altrettanto marcato.

In altre parole, mentre nelle altre regioni l'impatto della banda larga è meno evidente o addirittura insignificante, nel Meridione questo fattore sembra giocare un ruolo cruciale. Questa differenza

sottolinea una ripresa sostanziale del Meridione, suggerendo che l'aumento della connettività digitale è particolarmente efficace nel colmare il divario tecnologico e socioeconomico attualmente presente tra il Sud e il resto d'Italia. Questo risultato mette in luce l'importanza di investire nelle infrastrutture digitali nelle aree che sono state storicamente svantaggiate, poiché tali investimenti hanno effetti profondi e trasformativi.

Gli effetti fissi per gli anni mostrano coefficienti mediamente positivi e significativi tra il 2015 ed il 2018. Questo potrebbe riflettere specifiche dinamiche socioeconomiche o politiche durante quegli anni che hanno influenzato l'innovazione. Ad esempio, nel 2015 il coefficiente è 0,008, suggerendo che in quell'anno ci sono stati fattori che hanno contribuito positivamente alla distanza media delle citazioni, come politiche di incentivazione dell'innovazione, investimenti in ricerca e sviluppo o miglioramenti nelle infrastrutture tecnologiche. Questi anni potrebbero aver visto l'introduzione di nuovi programmi di finanziamento, partnership pubblico-privato o iniziative educative volte a potenziare le capacità locali. In contrasto, il 2014 non mostra effetti significativi, indicando una stabilità o una mancanza di interventi particolarmente rilevanti in quel periodo. Questo tipo di analisi temporale è utile per identificare i periodi chiave in cui è avvenuto un cambiamento e valutare così l'efficacia delle politiche adottate.

I risultati per il Sud e le Isole riflettono quindi le caratteristiche socioeconomiche di questa macroarea, caratterizzata da un'economia meno sviluppata rispetto al Nord Italia, ma con potenziali significativi in termini di innovazione se adeguatamente supportata. La significatività della quota di inventori sh_inv_mun sottolinea l'importanza del capitale umano qualificato nell'ecosistema innovativo della regione.

Questo suggerisce che le politiche future dovrebbero concentrarsi sull'ottimizzazione dell'uso delle infrastrutture digitali esistenti e sul migliorare l'attrattiva per degli inventori e per le imprese innovative, tenendo conto delle specificità socioeconomiche della regione.

Centro

Di seguito riportata la tabella di regressione per la macroarea centro Italia.

VARIABLES	(1) m dist cited
tot dum ubb	58.798 (78.784)
sh inv mun	300.098*** (99.605)
olt_distance	4.979** (2.160)
year = 2014	128.771 (84.811)
year = 2015	226.505** (101.780)
year = 2016	302.263** (124.760)
year = 2017	352.369** (140.209)
year = 2018	337.551** (143.022)
Constant	4.198 (133.629)
Observations	5,718
R-squared	0.434
Robust standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

(Tabella 6- regressione lineare macroarea Centro)

I risultati della regressione per il Centro Italia sono parzialmente in linea con il risultato dell'Italia meridionale. La tabella mostra una significativa influenza del numero di inventori sulle distanze dei brevetti citati, con un p-value dello 0,3%. Al contempo però si nota l'assenza di correlazione tra la variabile dipendente e l'innovazione tecnologica. Il test calcolato con la T-student, dato dal rapporto del coefficiente β_1 e la sua varianza, riporta un valore di 0,75 per cui in questo caso si accetterà l'ipotesi nulla. Si potrebbe motivare l'assenza di significatività dimostrando che, come riportato dai grafici nel precedente capitolo, la rete è già ampiamente diffusa in queste regioni portando ad una diminuzione del beneficio marginale sulla ricerca e sull'innovazione nelle regioni centrali.

È evidente inoltre la significatività, durante l'intero periodo di osservazione delle dummy che modellano le variazioni temporali. Queste differenze significative per un α del 5%, possono essere dipese da politiche regionali utili a influenzare l'ecosistema dell'innovazione. Si può pensare che incentivi fiscali per le imprese innovative o programmi di sviluppo delle competenze possano aver avuto effetti significativi.

Nord-Est

Di seguito riportata la tabella di regressione per la macroarea Nord-Est.

VARIABLES	(1) m dist cited
tot dum ubb	60.566 (91.514)
sh inv mun	258.418*** (61.972)
olt_distance	-0.191 (1.654)
year = 2014	-58.682 (84.361)
year = 2015	14.648 (100.104)
year = 2016	78.100 (107.126)
year = 2017	77.466 (114.270)
year = 2018	-13.357 (117.677)
Constant	719.034*** (121.070)
Observations	8,214
R-squared	0.450
Robust standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

(Tabella 7- regressione lineare macroarea Nord-Est)

I risultati in tabella 7 evidenziano, così come per le regioni centrali, un'assenza di significatività degli effetti che l'innovazione ha avuto sulla ricerca. In questa macroarea la diffusione della connettività, seppur con prestazioni inferiori, è antecedente agli anni osservati nella presente analisi. Avendo quindi le imprese ed i ricercatori integrato completamente l'uso del digitale nelle loro operazioni, ulteriori aumenti di velocità potrebbero riscontrare un impatto marginale inferiore. La stessa tematica è stata affrontata da Xu Xu, Alison Watts e Markum Reed in "Does access to internet promote innovation? A look at the U.S. broadband industry". Gli autori analizzano gli effetti sortiti dalle infrastrutture digitali in America tra il 2010 ed il 2015. In questo studio arrivano alla conclusione che l'accesso ad

internet ha un impatto marginale notevolmente superiore rispetto al successivo incremento della velocità di navigazione.

L'interazione tra la banda larga e le distanze medie dei brevetti citati suggerisce quindi che, una volta raggiunto un certo livello di infrastruttura digitale, il potenziamento delle infrastrutture di rete non aumenta significativamente la distanza delle citazioni.

Nord – Ovest

Di seguito riportata la tabella di regressione per la macroarea Nord-Ovest.

VARIABLES	(1) m dist cited
tot dum ubb	92.557 (63.846)
sh inv mun	342.607*** (99.552)
olt_distance	0.994 (1.110)
year = 2014	-51.342 (43.227)
year = 2015	14.250 (52.577)
year = 2016	7.926 (56.123)
year = 2017	9.657 (61.162)
year = 2018	25.370 (62.953)
Constant	327.760*** (83.612)
Observations	17,940
R-squared	0.452
Robust standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

(Tabella 8- regressione lineare macroarea Nord-Ovest)

I risultati della regressione per il Nord-Ovest sono in linea con i risultati delle regioni al Nord-Est, rispecchiando una significativa influenza del numero di inventori sulle distanze ma un'assenza di correlazione tra lo sviluppo delle reti di fibra ed il mondo della ricerca.

4.4: Divario digitale

Evidenziato che l'effetto sulla ricerca dello sviluppo delle infrastrutture in fibra ottica nel Meridione è più significativo rispetto al Settentrione, si desidera approfondire le cause di tale divario.

È emerso, infatti, che le aree del Centro-Nord sono sature in termini di infrastrutture digitali rendendo il beneficio marginale di ulteriori sviluppi decrescente. D'altro canto, il Sud, presentando un minore sviluppo pregresso di infrastrutture digitali, gode tutt'oggi di un beneficio marginale maggiore, registrando una crescita più rapida.

Per verificare questa tesi, si è deciso di creare due itemset, ognuno costituito da cinque regioni. Il primo sottogruppo comprende le cinque regioni più densamente popolate ed industrializzate, con alti livelli di urbanizzazione. Il secondo sottogruppo comprende le regioni più rurali, meno industrializzate e con economie meno sviluppate, nonché con bassa disponibilità di infrastrutture digitali. Inoltre, nella creazione degli itemset è stato preso in considerazione il contributo regionale al PIL complessivo, al fine di avere una visione completa e bilanciata. È presumibile che l'impatto marginale degli investimenti in infrastrutture digitali sia più basso nelle regioni industrializzate a causa della saturazione, ma che possa, al contrario, avere un ruolo ancora molto importante nello stimolare l'innovazione e la ricerca nelle regioni rurali e meno sviluppate.

Il primo sottogruppo è costituito dalle regioni: Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna, Piemonte e Toscana.

Il secondo itemset è costituito dalle regioni: Molise, Valle d'Aosta, Calabria, Abruzzo e Sicilia.

Cluster 1

Di seguito riportata la tabella di regressione per le 5 regioni piu industrializzate.

VARIABLES	(1) m dist cited
tot_dum_ubb	120.758** (54.234)
sh_inv_mun	282.403*** (52.337)
olt_distance	2.034 (1.357)
year = 2014	-39.674 (43.537)
year = 2015	47.507 (53.200)
year = 2016	69.071 (59.073)
year = 2017	81.264 (64.523)
year = 2018	66.006 (66.892)
Constant	452.855*** (75.006)
Observations	22,986
R-squared	0.463
Robust standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

(Tabella 9- regressione 5 regioni piu industrializzate)

Analizzando i risultati della regressione per le cinque regioni più densamente popolate e industrializzate, emerge un risultato diverso dalle aspettative. Si poteva prevedere che i risultati fossero in linea con quelli delle macroaree settentrionali, essendo tutte le regioni presenti nella selezione situate nel Nord Italia.

Il risultato mostrato, tuttavia, indica un esito diverso, sottolineando il significativo impatto degli sviluppi della rete sulla distanza media dei brevetti citati. La variabile indipendente *tot_dum_ubb* è infatti significativa, con un p-value di 0,026.

Ciò suggerisce che l'impatto delle migliorie alle infrastrutture digitali in località particolarmente avanzate è evidente, contrastando parzialmente i risultati di Xu Xu, Alison Watts e Markum Reed nel loro studio "Does access to internet promote innovation? A look at the U.S. broadband industry".

Cluster 2

Di seguito riportata la tabella di regressione per le 5 regioni meno industrializzate.

VARIABLES	(1) m_dist_cited
tot_dum_ubb	75.534* (42.788)
sh_inv_mun	895.771*** (141.650)
olt_distance	2.596*** (0.979)
year = 2014	21.874 (31.470)
year = 2015	195.939*** (56.287)
year = 2016	138.717** (60.590)
year = 2017	214.800*** (65.324)
year = 2018	193.284*** (70.533)
Constant	-140.839** (70.924)
Observations	7,848
R-squared	0.448
Robust standard errors in parentheses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

(Tabella 10- regressione lineare 5 regioni meno industrializzate)

Analizzando i risultati della regressione per le cinque regioni più rurali e meno industrializzate, emerge un quadro chiaro sull'importanza delle infrastrutture digitali e del capitale umano qualificato per l'innovazione. La banda larga ultraveloce ha un impatto positivo e significativo sulla distanza media delle citazioni (0,115), indicando che l'accesso migliorato alla connettività digitale è elemento cardine per stimolare l'innovazione in queste aree. Partendo da una base infrastrutturale più bassa, è evidente come le regioni rurali traggono un vantaggio marginale elevato dagli investimenti in reti a banda larga.

Gli effetti fissi per gli anni sono positivi, suggerendo che in questi anni ci sono state condizioni favorevoli che hanno stimolato l'innovazione. Questo riflette l'impatto di specifiche politiche governative, programmi di finanziamento o miglioramenti economici che hanno incentivato la ricerca e lo sviluppo.

In conclusione, l'effetto della presenza di infrastrutture di rete ultraveloce è positivo nelle regioni sotto-industrializzate del Meridione e nelle regioni più densamente industrializzate del Nord-Italia, mentre è limitato o addirittura negativo nelle regioni con infrastrutture mediamente sviluppate.

4.5: Settori industriali

Analizzati i risultati delle macroaree italiane, si vogliono adesso frammentare gli effetti riscontrati nei vari settori economici, per dettagliare quali di essi hanno catturato maggiore vantaggio dall'implementazione delle infrastrutture digitali. Il dataset dispone del numero di brevetti presenti in ogni comune, raggruppati in base alle attività. La classificazione statistica delle attività riportata del dataset è suddivisa in base al regolamento CE (n. 1893/2006) e comunemente nota come NACE. In particolare, sono state suddivise le attività in base al primo livello gerarchico, riportando 21 sezioni identificate da lettere alfabetiche dalla 'A' alla 'U'.

Per questo tipo di analisi si è preferito usare la retta di regressione log-lin, in modo interpretare i coefficienti di regressione come variazioni %, ossia valutare la variazione percentuale della variabile dipendente in seguito ad una variazione unitaria della variabile indipendente.

Le problematiche che sono state riscontrate in questo compito sono dipese dall'appartenenza di un singolo brevetto, potenzialmente, a più di un settore. Per risolvere questa problematica, si è deciso di raggruppare in due modalità le categorie, in modo da evidenziare caratteristiche diverse.

Nel primo caso è stato aggregato il dataset nei 4 macrosettori tipici dell'economia:

- Produzione e risorse naturali:
 - Agricoltura, silvicoltura e pesca (A)
 - Estrazione di minerali (B)

- Infrastrutture e Costruzioni:
 - Attività manifatturiere (C)
 - Fornitura di energia e acqua (D, E)
 - Costruzioni (F)

- Commercio e Servizi:
 - Commercio e riparazione di autoveicoli (G)
 - Trasporti e magazzinaggio (H)
 - Servizi di alloggio e ristorazione (I)
 - Informazione e comunicazione (J)
 - Attività finanziarie e assicurative (K)
 - Attività immobiliari (L)
 - Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)
 - Attività amministrative e di supporto (N)
 - Attività artistiche, sportive e di intrattenimento (R)

- Servizi Pubblici e Sociali:
 - Pubblica amministrazione e difesa (O)
 - Istruzione (P)
 - Sanità e assistenza sociale (Q)

Inserendo quindi le variabili create, rappresentative dei singoli gruppi, il codice di STATA che viene implementato è il seguente:

```
areg ln_m_dist_cited_adj settore_primario settore_secondario settore_terziario settore_quaternario i.year,
absorb(comune) cluster(comune)
```

Il risultato della regressione è il seguente:

VARIABLES	(1) ln m dist cited adj
tot_dum_ubb	0.137*** (0.043)
settore_primario	-0.115 (0.091)
settore secondario	0.001 (0.012)
settore_terziario	0.003 (0.010)
settore_quaternario	0.036 (0.177)
year = 2014	-0.047 (0.034)
year = 2015	0.047 (0.035)
year = 2016	0.019 (0.035)
year = 2017	0.028 (0.036)
year = 2018	-0.012 (0.037)
Constant	-0.562 (0.793)
Observations	47,142
R-squared	0.495

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 11 - regressione log-lin settori economici)

Dai risultati emerge che il settore primario ha avuto un impatto negativo, sebbene non significativo. Questo era prevedibile, poiché attività come l'estrazione mineraria e i settori agricolo ed ittico non sono tecnologicamente avanzati. Queste attività sono generalmente caratterizzate da bassi investimenti in R&D e da una forte presenza di metodi tradizionali consolidati. Tuttavia, sarebbe interessante riproporre lo studio con dati più recenti, considerando le recenti tendenze verso l'automazione e la semplificazione dei processi in questi settori.

Per mettere in evidenza la natura delle attività, le caratteristiche operative di ciascun settore e le potenziali strategie di crescita, è stata adottata una classificazione in attività industriali e attività di servizi. Le attività industriali sono ulteriormente suddivise in produzione e distribuzione, mentre le attività di servizi sono distinte in servizi pubblici e servizi privati.

- Produzione:
 - Agricoltura, silvicoltura e pesca (A)
 - Estrazione di minerali (B)
 - Attività manifatturiere (C)
 - Costruzioni (F)

- Distribuzione:
 - Commercio e riparazione di autoveicoli (G)
 - Trasporti e magazzinaggio (H)
 - Servizi di alloggio e ristorazione (I)

- Servizi Pubblici:
 - Fornitura di energia e acqua (D, E)
 - Pubblica amministrazione e difesa (O)
 - Sanità e assistenza sociale (Q)
 - Istruzione (P)
 - Organizzazioni ed organismi extraterritoriali (U)

- Servizi Privati:
 - Informazione e comunicazione (J)
 - Attività finanziarie e assicurative (K)
 - Attività immobiliari (L)
 - Attività professionali, scientifiche e tecniche (M)
 - Attività amministrative e di supporto (N)

Il risultato della regressione è il seguente:

VARIABLES	(1) ln max dist cited adj
tot_dum_ubb	0.137*** (0.043)
settore_produzione	-0.018 (0.015)
settore_distribuzione	0.001 (0.010)
settore_servizi_publici	0.102 (0.074)
settore_servizi_privati	-0.059 (0.070)
year = 2014	-0.047 (0.034)
year = 2015	0.047 (0.035)
year = 2016	0.019 (0.035)
year = 2017	0.028 (0.036)
year = 2018	-0.012 (0.037)
Constant	-3.973 (2.987)
Observations	47,142
R-squared	0.495

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 12- regressione log-lin settori 2)

Il medesimo test di regressione proposto su questa seconda divisione dei settori riporta risultati poco aspettati. L'area industriale, infatti, negli ultimi anni sta riscuotendo notevole successo nel mondo della ricerca, stravolgendo la catena di produzione e distribuzione. Un esempio del matrimonio tra il settore della distribuzione e l'innovazione è sicuramente Amazon, con l'automazione dei processi interni. Allo stesso modo anche le case automobilistiche, per abbattere i costi di produzione, stanno robotizzando passaggi lungo la catena di produzione.

Le motivazioni di questo risultato si possono trovare nell'analisi di Evhenii Fadeev in "Creative Construction: Knowledge Sharing in Production Networks". L'autore ritiene infatti che le imprese tendono a condividere la propria conoscenza con fornitori e clienti, ma a nascondersela ai concorrenti, riscontrando un aumento della concentrazione di citazioni. Le imprese nei settori industriali, per

mantenere il loro vantaggio competitivo nel tempo, sono inclini a non divulgare le proprie scoperte, rallentando così il processo di innovazione universale.

Un'ulteriore motivazione di questi risultati è insita nella storica organizzazione delle imprese italiane. Le aziende prediligono acquisire tecnologie estere rispetto allo sviluppo interno. Questa tendenza è stata poi incrementata nel campo dell'additive manufacturing nel 2017, anno in cui il Governo ha varato Il Piano Nazionale Industria 4.0. Si stima che il 90% delle tecnologie innovative, quali robot industriale e sistemi IoT sono importati.

Discorso diverso nel settore dei servizi in cui, essendo minore la competizione e la necessità di differenziazione, si creano cooperazioni tra ricercatori, usufruendo delle nuove infrastrutture. Un nuovo brevetto nel settore dei servizi pubblici comporta infatti una crescita della distanza media dei papers citati dello 0,097%.

Conclusioni

In questa tesi si è voluto quantificare gli impatti dell'evoluzione delle infrastrutture digitali sulla ricerca scientifica, ponendo l'attenzione sull'incremento del numero e della distanza dei documenti citati in seguito alla diffusione della fibra ottica. Attraverso un'analisi del dataset, seguita da un modello di regressione è stato possibile dimostrare come l'adozione di connessioni ad alta velocità abbia favorito una maggiore interconnessione tra i ricercatori, facilitando collaborazioni internazionali con una conseguente accelerazione del progresso scientifico.

Il primo capitolo ha contestualizzato ed analizzato lo stato dell'arte, esaltando l'importanza delle infrastrutture digitali. È stata esaminata l'evoluzione storica delle connessioni internet, le sue caratteristiche tecniche e l'architettura di rete italiana ed europea. Sono rilevati i punti di forza e le debolezze delle connessioni via cavo con i possibili sviluppi futuri. Gli investimenti erogati sono stati quantificati e confrontati con quelli esteri, per valutare i trend e le posizioni assunte dei vari paesi nell'implementazione del digitale.

La trattazione è proseguita con un'analisi della letteratura esistente, approfondendo gli effetti sulla produttività delle imprese e sul mondo della ricerca. Sono emerse analisi su diversi stati, con un focus particolare sull'Unione Europea e sulle relazioni tra Cina ed America. In questi studi è stato dimostrato come l'incremento di competitività favorito dalle infrastrutture digitali abbia modificato il modo di operare delle imprese, influenzando le strategie di crescita e le operazioni quotidiane.

La relazione tra l'implementazione delle infrastrutture e la distanza media dei documenti citati in Italia è stata approfondita dall'analisi esplorativa del dataset da cui sono emersi i trend delle variabili chiave. L'utilizzo di rappresentazioni grafiche per facilitare l'identificazione dei pattern e le correlazioni tra i dati è stato riportato nella terza sezione del documento. Partendo infatti dall'analisi delle cause, si sono valutati gli effetti sul mondo della ricerca.

Questi risultati sono stati poi verificati statisticamente attraverso modelli di regressione. L'introduzione degli effetti fissi e delle variabili di controllo aggiunte alla retta di regressione hanno garantito una maggiore robustezza ed affidabilità del modello, migliorando la bontà del fit.

I risultati ottenuti mostrano che le infrastrutture digitali avanzate hanno favorito una maggiore interconnessione, aumentando significativamente la distanza dei documenti citati. Per dettagliare gli effetti sul territorio italiano si è deciso di suddividere le regioni nelle seguenti quattro macroaree: Nord-Est, Nord-Ovest, Centro, Sud e Isole. Da questi approfondimenti è emerso come gli investimenti nel Meridione hanno un beneficio marginale superiore rispetto al Settentrione. Essendo

infatti il Sud Italia tecnologicamente meno evoluto rispetto al Settentrione gli effetti sortiti sono significativamente positivi.

Dal confronto tra le cinque regioni più industrializzate e le cinque regioni prevalentemente rurali, è emerso come nel tempo gli impatti di connessioni sempre più veloci tendono a diventare meno significativi, ad eccezione delle regioni maggiormente industrializzate e popolate dove invece si riscontra un beneficio costante.

È stata poi riportata un'ulteriore analisi in cui ci si focalizza sui settori economici. Per dettagliare le influenze sui singoli settori, sono state proposte due differenti divisione del dataset che hanno fatto emergere prospettive diverse. La prima divisione, in base ai settori economici tradizionali, ha sottolineato la lenta evoluzione del settore primario e secondario. La seconda divisione evidenzia la suddivisione tra le attività industriali e le di servizi. Da qui è emerso come l'impatto sul settore dei servizi, sia pubblici che privati, è stato significatamene positivo, al contrario dei settori industriali italiani che tendono a comprare tecnologie dall'estero, piuttosto che ricercare soluzioni internamente.

Idee di sviluppo

Le citazioni dei brevetti possono assumere un ruolo chiave nel mostrare come le relazioni tra i paesi influenzino la ricerca. È interessante approfondire, allargando il database a disposizione su scala mondiale, come le ostilità tra gli stati abbiano ripercussioni negative sull'innovazione. Avendo infatti a disposizione un dataset più ampio, sarebbe interessante valutare le variazioni nel tempo dei brevetti citati, con particolare attenzione alle relazioni tra paesi rivali. Sarebbe plausibile pensare che paesi come la Cina, evitino di citare brevetti americani o, allo stesso modo, che brevetti di aziende russe non citino documenti ucraini. Queste ostilità potrebbero rappresentare barriere alla diffusione della conoscenza, specie se influenzate da politiche interne. Si propone di analizzare le variazioni del numero di citazioni in periodi di conflitto rispetto a periodi di pace, per identificarne tendenze emergenti.

Bibliografia

- Xu, Alison Watts, Markum Reed, does access to internet promote innovation? A look at the U.S. broadband industry, Growth and Change, 2019
- H. Gruber, M. Denni, The diffusion of broadband telecommunications: the role of competition, Departmental Working Papers of Economics - University 'Roma Tre'
- Aghion et al., The effects of entry on incumbent innovation and productivity, The Review of Economics and Statistics, Vol. 91, No. 1, 2009
- Jed Kolko, Broadband and local growth, Trulia Inc., San Francisco, CA, United States, 2011
- FTTH, FTTH Market Panorama - Report by Country, 2024
- An Effect of Internet Penetration on Income Inequality in Southeast Asian Countries, International Telecommunications Society, 2018
- Yanfeng Zheng, Qinyu (Ryan) Wang, Shadow of the great firewall: The impact of Google blockade on innovation in China, 2018
- C. Cambini, L. Sabatino, Digital Highways and Firm Turnover, Journal of economics & management strategy, 2023
- L. Abrardi, C. Cambini, L. Sabatino, The Impact of Ultra-Broadband on Labor Income: AnEvent Study Approach, Economics of innovation and new technology, 2023
- Raul Katz, International Telecommunication Union, Impact of broadband on the economy, 2012
- FTTH, Whitepaper - FTTH Council Carbon footprint project: a reporting model for the entire sector, 2024
- FTTH, FTTH Investments in Europe - Market Sentiment Survey, 2024
- D. Aron, D. Burstein, "Broadband Adoption in the United States: An Empirical Analysis", from SSRN Electronic Journal, 2003
- P. Aghion, R. Blundell, R. Griffith, P. Howitt, S. Prantl, The effects of entry on incumbent innovation productivity, from Review of Economics and Statistics, Vol. 91, No. 1, pp. 20-32, 2009
- Bartelsman et al., Cross-Country Differences in Productivity: The Role of Allocation and Selection, 2013
- FTTH, FTTH/B in Rural Areas 2024, 2024
- Evgenii Fadeev, Creative Construction: Knowledge Sharing in Production Networks, 2021

- Evgenii Fadeev, Creative Construction: Knowledge Sharing and Cooperation Between Firms, 2023
- Peter Thompson, Melanie Fox-Kean, Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: A Reassessment, 2005
- FTTH, The role of IT in accelerating FTTH Deployments and Operations, 2023
- A. Kaufmann, P. Lehner, F. Todtling, Effects of the Internet on the spatial structure of innovation networks, 2002
- Gerard Hoberg, Yuan Li, Gordon M. Phillips, internet access and u.s. - china innovation competition, 2020
- Alessandro Falaschi, Trasmissione dei segnali e sistemi di telecomunicazione, 2022
- Gaétan de Rassenfosse, Jan Kozak, Florian Seliger, Geocoding of worldwide patent data, 2017
- Eric J. Bartelsman, Martin Falk, Eva Hagsten, Michael Polder, Productivity, technological innovations and broadband connectivity: Firm-level evidence for ten European countries, 2018
- European Commission, Indice di digitalizzazione dell'economia e della società (DESI), 2021, Italia
- Briglauer et al, Socioeconomic benefits of high-speed broadband availability and service adoption, Impatti economici dovuti allo sviluppo della banda ultralarga
- Ministro per l'innovazione tecnologica e la transizione digitale, Ministero dello Sviluppo economico, Strategia Italiana per la Banda Ultralarga "Verso la Gigabit Society", 2021.
- Mckinsey &Company, Connected world: An evolution in connectivity beyond the 5G revolution, 2020
- Massimo Giuliani, corso di tecnologie di infrastrutture di reti TIM, 2019
- Corte dei conti europea, relazione speciale n.12, La banda larga negli Stati membri dell'UE: nonostante i progressi, non tutti i target di Europa 2020 saranno raggiunti, 2018

Sitografia

- Internet:la seconda vita dei cavi sottomarini, 2016/2020, <https://www.dire.it/27-01-2016/33895-internet-la-seconda-vita-dei-cavi-sottomarini/>
- Vito Speroni, Telecommunication, <https://www.dire.it/27-01-2016/33895-internet-la-seconda-vita-dei-cavi-sottomarini/>
- Piano strategico Banda Ultralarga, Ministero delle imprese e del Made in Italy, <https://bandaultralarga.italia.it/>
- Cavi sottomarini, <https://www2.telegeography.com/submarine-cable-map-trivia>
- Stanford university, <https://doresearch.stanford.edu/>
- Fiber to the x, https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x
- Open Fiber, <https://openfiber.it/en/open-fiber-world/press-releases/sustainability-report-2023/>, 2024
- Open Fiber, The FTTH Council Europe Operator Award 2024. To Open Fiber “decisive contribution to the development of fibre-optic in Italy”, 2024, <https://openfiber.it/en/open-fiber-world/press-releases/the-ftth-council-europe-operator-award-2024/>
- Open Fiber, Open Fiber, TIM and Fibercop sign a commercial agreement to speed up digitalisation of the Country, 2022, <https://openfiber.it/en/open-fiber-world/press-releases/partnership-open-fiber-tim-fibercop/>
- Come sono realizzati I cavi di fibra, <https://it.quora.com/Come-sono-fatti-i-cavi-della-fibra-ottica>, 2020
- Cosa è la fibra ottica, <https://www.eter.it/news/cosa-e-la-fibra-ottica/>
- <https://www.itu.int/en/ITU-T/committees/scv/Documents/T17-SCV-LS-0015.pdf>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Fibra_ottica
- <https://www.sorgenia.it/guida-energia/fibra-ottica-cose-e-come-funziona#:~:text=La%20fibra%20ottica%20%C3%A8%20un,rame%2C%20chiamato%20%E2%80%9Cdoppino%E2%80%9D>
- <https://www.epo.org/en/about-us/statistics/statistics-centre#/customchart>
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Brevetto>
- <https://spectrum.ieee.org/>
- Indice DESI e DMI: lo stato della digitalizzazione in Italia, https://blog.osservatori.net/it_it/desi-indice-digitalizzazione-italia, 2023

- The Digital Economy and Society Index (DESI), 2023, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
- Infrastructure Strategy 2022: A Pivot to the Digital Frontier, <https://www.bcg.com/publications/2022/infrastructure-investors-pivot-to-the-digital-frontier>, 2022
- Full-fibre networks in Europe: state of play and future evolution, <https://www.analysismason.com/consulting/reports/european-fibre-networks-and-their-ability-to-accommodate-future-demand/>. 2023
- The keys to deploying fiber networks faster and cheaper, <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-keys-to-deploying-fiber-networks-faster-and-cheaper>, 2024
- Italy- Country Commercial Guide, <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/italy-advanced-manufacturing>, 2024
- Rete fibra ed Olt, <https://community.fs.com/it/article/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-odn.html>, 2023

Appendice

VARIABLES	(1) m dist cited	(2) min dist cited	(3) max dist cited
tot_dum_ubb	125.150*** (30.814)	126.025*** (30.746)	124.398*** (30.879)
year = 2014	-25.512 (23.191)	-25.143 (23.149)	-25.901 (23.252)
year = 2015	43.919* (24.478)	42.894* (24.422)	44.513* (24.547)
year = 2016	37.755 (23.984)	36.881 (23.942)	38.644 (24.039)
year = 2017	41.355 (25.373)	40.345 (25.333)	41.571 (25.420)
year = 2018	22.760 (25.384)	22.503 (25.357)	22.747 (25.420)
Constant	480.932*** (15.648)	479.616*** (15.615)	482.474*** (15.687)
Observations	47,142	47,142	47,142
R-squared	0.429	0.428	0.429

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 13- regressione lineare con effetti fissi)

VARIABLES	(1) m dist cited	(2) min dist cited	(3) max dist cited
tot_dum_ubb	82.331*** (30.477)	83.313*** (30.414)	81.502*** (30.542)
sh_inv_mun	324.157*** (51.283)	323.403*** (51.203)	324.811*** (51.356)
olt distance	0.341** (0.163)	0.339** (0.162)	0.340** (0.163)
year = 2014	-26.857 (24.116)	-26.515 (24.074)	-27.291 (24.179)
year = 2015	43.986 (27.254)	42.912 (27.192)	44.513 (27.333)
year = 2016	37.879 (27.713)	36.946 (27.653)	38.688 (27.785)
year = 2017	47.009 (29.461)	45.923 (29.409)	47.150 (29.529)
year = 2018	33.152 (29.684)	32.808 (29.653)	33.073 (29.728)
Constant	293.085*** (34.924)	292.272*** (34.854)	294.339*** (34.999)
Observations	47,142	47,142	47,142
R-squared	0.458	0.458	0.459

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 14 - regressione lineare effetti fissi e variabili di controllo)

VARIABLES	(1) ln_m_dist_cited_adj	(2) ln_min_dist_cited_adj	(3) ln_max_dist_cited_adj
tot_dum_ubb	0.071 (0.045)	0.072 (0.045)	0.071 (0.045)
sh_inv_mun	0.548*** (0.087)	0.548*** (0.087)	0.548*** (0.087)
ln_olt_distance	0.004 (0.021)	0.003 (0.021)	0.004 (0.021)
year = 2014	-0.064* (0.034)	-0.064* (0.034)	-0.064* (0.034)
year = 2015	0.024 (0.041)	0.021 (0.041)	0.025 (0.041)
year = 2016	-0.007 (0.049)	-0.008 (0.049)	-0.006 (0.049)
year = 2017	0.010 (0.053)	0.008 (0.053)	0.011 (0.053)
year = 2018	-0.022 (0.053)	-0.024 (0.053)	-0.022 (0.053)
Constant	0.558*** (0.100)	0.559*** (0.100)	0.558*** (0.100)
Observations	47,142	47,142	47,142
R-squared	0.532	0.532	0.532

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 15 - regressione log-log/lin con effetti fissi e variabili di controllo)

VARIABLES	(1) m dist cited	(2) min dist cited	(3) max dist cited
tot_dum_ubb	60.566 (91.514)	60.709 (91.296)	61.322 (91.820)
sh_inv_mun	258.418*** (61.972)	257.892*** (62.012)	258.796*** (61.950)
olt distance	-0.191 (1.654)	-0.236 (1.651)	-0.178 (1.656)
year = 2014	-58.682 (84.361)	-60.222 (84.304)	-58.199 (84.463)
year = 2015	14.648 (100.104)	7.377 (99.931)	18.198 (100.310)
year = 2016	78.100 (107.126)	75.543 (106.908)	79.380 (107.305)
year = 2017	77.466 (114.270)	68.626 (113.827)	79.427 (114.664)
year = 2018	-13.357 (117.677)	-15.792 (117.471)	-13.106 (117.896)
Constant	719.034*** (121.070)	720.600*** (120.899)	719.706*** (121.235)
Observations	8,214	8,214	8,214
R-squared	0.450	0.450	0.451

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 16- regressione lineare macroarea Nord-Est)

VARIABLES	(1) m dist cited	(2) min dist cited	(3) max dist cited
tot_dum_ubb	92.557 (63.846)	95.077 (63.632)	90.630 (64.019)
sh_inv_mun	342.607*** (99.552)	341.476*** (99.235)	343.770*** (99.872)
olt distance	0.994 (1.110)	0.995 (1.107)	1.007 (1.112)
year = 2014	-51.342 (43.227)	-50.275 (43.120)	-51.242 (43.318)
year = 2015	14.250 (52.577)	15.214 (52.385)	14.513 (52.719)
year = 2016	7.926 (56.123)	7.321 (55.919)	8.977 (56.280)
year = 2017	9.657 (61.162)	10.280 (61.088)	10.338 (61.231)
year = 2018	25.370 (62.953)	24.838 (62.885)	26.455 (63.020)
Constant	327.760*** (83.612)	326.223*** (83.350)	328.111*** (83.829)
Observations	17,940	17,940	17,940
R-squared	0.452	0.451	0.452

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 17 - regressione lineare macroarea Nord-Ovest)

VARIABLES	(1) m dist cited	(2) min dist cited	(3) max dist cited
tot_dum_ubb	58.798 (78.784)	60.224 (78.743)	56.360 (78.852)
sh_inv_mun	300.098*** (99.605)	299.781*** (99.486)	300.063*** (99.613)
olt distance	4.979** (2.160)	5.002** (2.155)	4.922** (2.168)
year = 2014	128.771 (84.811)	130.784 (84.581)	123.214 (85.351)
year = 2015	226.505** (101.780)	228.445** (101.537)	221.819** (102.408)
year = 2016	302.263** (124.760)	301.854** (124.594)	301.974** (125.186)
year = 2017	352.369** (140.209)	354.024** (140.033)	347.837** (140.663)
year = 2018	337.551** (143.022)	339.918** (142.733)	331.871** (143.699)
Constant	4.198 (133.629)	0.621 (133.326)	12.538 (134.291)
Observations	5,718	5,718	5,718
R-squared	0.434	0.433	0.434

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 18 - regressione lineare macroarea Centro)

VARIABLES	(1) m dist cited	(2) min dist cited	(3) max dist cited
tot dum ubb	62.767** (31.142)	62.964** (31.179)	62.737** (31.135)
sh inv mun	835.669*** (123.141)	834.592*** (122.548)	836.828*** (123.875)
olt_distance	0.324** (0.149)	0.323** (0.149)	0.323** (0.149)
year = 2014	-9.291 (25.724)	-9.522 (25.714)	-9.008 (25.767)
year = 2015	83.600*** (31.305)	82.373*** (31.292)	84.464*** (31.365)
year = 2016	41.810 (30.431)	41.174 (30.397)	42.123 (30.493)
year = 2017	58.818* (34.344)	58.641* (34.349)	58.839* (34.401)
year = 2018	49.085 (34.039)	48.795 (34.068)	49.326 (34.027)
Constant	10.533 (28.944)	10.606 (28.916)	10.582 (28.997)
Observations	15,270	15,270	15,270
R-squared	0.424	0.423	0.424

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 19 - regressione lineare macroarea Sud)

VARIABLES	(1) m_dist_cited	(2) min_dist_cited	(3) max_dist_cited
tot_dum_ubb	120.758** (54.234)	122.608** (54.083)	119.588** (54.385)
sh_inv_mun	282.403*** (52.337)	281.608*** (52.239)	283.115*** (52.432)
olt_distance	2.034 (1.357)	2.009 (1.353)	2.065 (1.360)
year = 2014	-39.674 (43.537)	-39.111 (43.449)	-39.651 (43.625)
year = 2015	47.507 (53.200)	45.701 (53.042)	49.143 (53.347)
year = 2016	69.071 (59.073)	67.446 (58.903)	70.750 (59.223)
year = 2017	81.264 (64.523)	78.416 (64.378)	82.985 (64.651)
year = 2018	66.006 (66.892)	64.686 (66.798)	67.113 (67.004)
Constant	452.855*** (75.006)	452.366*** (74.794)	453.078*** (75.192)
Observations	22,986	22,986	22,986
R-squared	0.463	0.463	0.463

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 20- regressione lineare 5 regioni piu industrializzate)

VARIABLES	(1) m dist cited	(2) min dist cited	(3) max dist cited
tot_dum_ubb	75.534* (42.788)	74.769* (42.734)	76.269* (42.820)
sh_inv_mun	895.771*** (141.650)	897.950*** (139.527)	893.368*** (143.796)
olt_distance	2.596*** (0.979)	2.598*** (0.979)	2.599*** (0.979)
year = 2014	21.874 (31.470)	21.617 (31.443)	22.593 (31.551)
year = 2015	195.939*** (56.287)	195.289*** (56.268)	196.724*** (56.341)
year = 2016	138.717** (60.590)	139.009** (60.620)	138.774** (60.574)
year = 2017	214.800*** (65.324)	215.319*** (65.340)	214.528*** (65.308)
year = 2018	193.284*** (70.533)	193.825*** (70.496)	192.993*** (70.561)
Constant	-140.839** (70.924)	-141.241** (70.970)	-140.681** (70.896)
Observations	7,848	7,848	7,848
R-squared	0.448	0.448	0.449

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 21- regressione lineare 5 regioni meno industrializzate)

VARIABLES	(1) ln_m dist cited adj	(2) ln_min dist cited adj	(3) ln_max dist cited adj
tot_dum_ubb	0.137*** (0.043)	0.138*** (0.043)	0.137*** (0.043)
settore_primario	-0.115 (0.091)	-0.115 (0.090)	-0.115 (0.091)
settore_secondario	0.001 (0.012)	0.001 (0.012)	0.001 (0.012)
settore_terziario	0.003 (0.010)	0.003 (0.010)	0.003 (0.010)
settore_quaternario	0.036 (0.177)	0.036 (0.177)	0.036 (0.177)
year = 2014	-0.047 (0.034)	-0.046 (0.034)	-0.047 (0.034)
year = 2015	0.047 (0.035)	0.044 (0.035)	0.047 (0.035)
year = 2016	0.019 (0.035)	0.018 (0.035)	0.019 (0.035)
year = 2017	0.028 (0.036)	0.027 (0.036)	0.028 (0.036)
year = 2018	-0.012 (0.037)	-0.013 (0.037)	-0.012 (0.037)
Constant	-0.562 (0.793)	-0.563 (0.793)	-0.561 (0.793)
Observations	47,142	47,142	47,142
R-squared	0.495	0.495	0.495

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 22- regressione log-lin settori economici)

VARIABLES	(1) ln m dist cited adj	(2) ln min dist cited adj	(3) ln max dist cited adj
tot_dum_ubb	0.137*** (0.043)	0.138*** (0.043)	0.137*** (0.043)
settore_produzione	-0.018 (0.015)	-0.018 (0.015)	-0.018 (0.015)
settore_distribuzione	0.001 (0.010)	0.001 (0.010)	0.001 (0.010)
settore_servizi_publici	0.102 (0.074)	0.102 (0.074)	0.102 (0.074)
settore_servizi_privati	-0.059 (0.070)	-0.059 (0.070)	-0.059 (0.070)
year = 2014	-0.047 (0.034)	-0.046 (0.034)	-0.047 (0.034)
year = 2015	0.047 (0.035)	0.044 (0.035)	0.047 (0.035)
year = 2016	0.019 (0.035)	0.018 (0.035)	0.019 (0.035)
year = 2017	0.028 (0.036)	0.027 (0.036)	0.028 (0.036)
year = 2018	-0.012 (0.037)	-0.013 (0.037)	-0.012 (0.037)
Constant	-3.973 (2.987)	-3.974 (2.987)	-3.973 (2.987)
Observations	47,142	47,142	47,142
R-squared	0.495	0.495	0.495

Robust standard errors in parentheses

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

(Tabella 23- regressione log-lin settori industriali/servizi)