POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi dell'impatto della diffusione della Banda Ultra Larga sulle prestazioni degli ospedali italiani

Relatori
Professor Carlo Cambini
Professor Lorien Sabatino

Candidata
Cecilia Romano

Anno Accademico 2020-2021

Sommario

I recenti eventi legati alla pandemia di Covid-19 hanno risaltato il ruolo chiave di digitalizzazione e gestione della sanità. In questo senso, le iniziative che nell'ultimo decennio hanno promosso la diffusione e l'accesso a connessioni ultrarapide, sono state affiancate e rafforzate a livello comunitario dall'iniziativa Next Generation EU che contribuirà a garantire la copertura globale del territorio con reti a Banda Ultra Larga e a digitalizzare il Sistema Sanitario. Appare pertanto necessario comprendere come questi due aspetti interagiscano ed a quali esiti possano condurre.

Il presente lavoro si propone di indagare l'impatto delle reti in fibra ottica (NGA) sulla performance del Sistema Sanitario Nazionale, servendosi da un lato dei dati relativi all'introduzione della Banda Ultra Larga nei comuni italiani e dall'altro i dati sull'attività dei reparti ospedalieri raccolti dal Ministero della Salute. L'analisi è affrontata attraverso l'utilizzo di tecniche econometriche quali l'analisi di regressione *Ordinary Least Square* (OLS) ed il metodo *Event Study* e pone l'attenzione sia sul Sistema nel suo complesso che sull'impatto differenziato per specialità cliniche.

Indice

Introduzione 1
Capitolo I 3
1.1 La Banda Ultra Larga: definizioni, implicazioni e iniziative politiche 3
1.2 Tecnologie e infrastrutture 7
1.2.1 Digital Subscriber Lines DSL 7
1.2.2 Connessioni in fibra ottica FTTx 8
1.2.3 Fixed Wired Access FWA 9
1.3 La sanità digitale 11
1.3.1 Il Sistema Sanitario Nazionale 13
1.3.2 Iniziative per la digitalizzazione 17
1.3.3 Innovazione organizzativa: i 5 pilastri digitali 22
1.3.4 Innovazione ospedaliera: medicina digitale e progresso clinico 24
1.4 Letteratura economica 30
Capitolo II 43
2.1 Statistiche descrittive: l'UBB 44
2.2 Statistiche descrittive: le strutture ospedaliere italiane 46
2.2.1 Capacità ospedaliera 47
2.2.2 Misure di performance 51
Capitolo III 63
3.1 Parte prima: analisi dell'intero campione 63
3.1.1 Il metodo OLS 63
3.1.2 La specificazione 66
3.1.3 L'Event Study 67
3.1.4 I risultati del modello 69
3.2 Parte seconda: analisi per gruppi eterogenei 75
3.2.1 Differenziazione per discipline 75
3.2.2 Altre eterogeneità 79
Conclusioni 80
Appendice 82
Sezione A 82
Sezione B 88
Sezione C 91
Bibliografia 93
Sitografia 97

Introduzione

Il mondo odierno vede un sempre crescente peso delle telecomunicazioni e delle connessioni, tale da generare risvolti non trascurabili tanto a livello sociale, quanto in chiave economica e politica. La digitalizzazione e la costruzione di un'infrastruttura che la sostenga sono evidentemente diventate motivo di incentivo da parti di governi e strutture sovranazionali.
Il biennio appena trascorso è stato illuminante nel far riconoscere l'importanza di tali strumenti anche ai non addetti ai lavori e a rendere evidenti le loro possibili applicazioni in tutti i settori, primo tra tutti quello della gestione sanitaria.
Il dibattito pubblico forse per la prima volta ha iniziato a concentrarsi rumorosamente su eHealth, sanità digitale, telemedicina, rivelando come un settore quale quello ospedaliero, tradizionalmente considerato consolidato e immutabile nelle sue pratiche, in realtà si poggi sempre più su meccanismi innovativi ed applicazioni *ICT-enabled* sia nella la gestione sistemica che nell'analisi clinica.
Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) darà un ulteriore impulso in questa direzione: dei 15,63 miliardi di euro previsti dal PNRR per riformare la salute in chiave digitale un quarto verrà dedicato alla creazione di un sistema di telemedicina e di cure domiciliari che possa alleggerire il peso della richiesta di cure sulla rete di assistenza territoriale, mentre un altro 50% sarà destinato a migliorare le dotazioni infrastrutturali e tecnologiche degli ospedali, rafforzando il ruolo degli strumenti per la simulazione e la raccolta, elaborazione ed analisi dei dati, e allo sviluppo di competenze tecniche, professionali digitali e manageriali del personale.

Fornire una prima analisi sulla presenza di un impatto sugli ospedali del Sistema Sanitario portato dall'infrastruttura a Banda Ultra Larga è, pertanto, lo scopo che questo lavoro si prefigge.
L'analisi è svolta per un arco temporale che va dal 2010 al 2018 ed utilizza informazioni sull'attività dei singoli reparti delle strutture ospedaliere fornite dal Ministero della Salute e dati a livello comunale sulla diffusione della Banda Ultra Larga concesse da Telecom Italia.
Il Capitolo I si apre con una breve introduzione sulla natura delle reti in fibra e sulle iniziative politiche a sostegno della loro diffusione; segue un focus sul Sistema Sanitario Nazionale e sull'innovazione digitale in Sanità e la sua promozione, sia sul piano clinico-ospedaliero che su quello gestionale; infine, viene presentata la precedente letteratura econometrica con particolare riguardo per l'ambito *healthcare*.

Il Capitolo II, invece, è dedicato alla presentazione del dataset e ad una prima analisi descrittiva dello stesso.

I principali risultati dell'analisi econometrica sono riassunti nel Capitolo III, il quale consta di due parti: la prima parte si occupa dell'analisi sull'intero dataset, mentre la seconda si concentra su specifici gruppi di discipline.

Capitolo I

1.1 La Banda Ultra Larga: definizioni, implicazioni e iniziative politiche

Per Banda Larga si intende generalmente la trasmissione di dati via cavo ad una velocità che superi i 2 Mbps, mentre il termine Banda Ultra Larga (BUL)- *Ultrabroadband* (UBB) in lingua inglese- designa un sistema delle telecomunicazioni che garantisca velocità in download non inferiori ai 30 Mbps, costituendo la principale evoluzione della Banda Larga stessa.

Banda Larga ed Ultra Larga ricadono nel vastissimo spettro delle cosiddette *Information and Communications Technology* (ICT), tecnologie riguardanti i sistemi integrati di telecomunicazione che favoriscono lo scambio di informazioni e la raccolta dati in modo da garantirne la trasmissione rapida, ubiqua e l'automazione dei processi.

Il risvolto che tali tecnologie hanno avuto e il loro ulteriore potenziale evolutivo le portano ad essere classificate come *General Purpouse Technologies* (GPT). L'espressione deve la sua paternità agli studiosi Timothy Bresnahan e Manuel Trajtenberg [10] che la utilizzarono per la prima volta negli anni '90 per raggruppare in maniera generica tutte quelle tecnologie che godono della preziosa caratteristica di non contribuire all'esclusivo avanzamento di un preciso settore o di una specifica applicazione, ma di irradiare il proprio potere evolutivo su tutti i settori, con una pervasività tale da creare una propulsione al progresso e all'innovazione.

Definite anche "motori della crescita", le GTP si sviluppano su tutti gli aspetti dell'economia. Essendo applicate al complesso dei settori industriali, sono caratterizzate da aspetti di *spillover* e di complementarità tra settori stessi che producono un aumento della produttività in aggregato ed aprono ad opportunità di sviluppo tecnologico.

Rispetto ad altri sistemi di trasmissione, le Next Generation Access (NGA), ovvero le reti in fibra ottica a Banda Ultra Larga, sono più veloci ed affidabili; si prevede pertanto che queste possano abilitare e rafforzare la diffusione dell'informazione, la condivisione e l'accessibilità del patrimonio pubblico, l'adozione di nuovi servizi digitali tanto pubblici quanto privati, lo snellimento dei meccanismi burocratici, l'inclusione dei cittadini e, di conseguenza, l'innovazione sociale ed economica.

In tale ottica, pare del tutto ragionevole l'interesse dei vari Paesi a promuovere la costruzione di un'infrastruttura adeguata che permetta a famiglie ed imprese di sfruttare in maniera ottimale la rete, mirando, così, a supportare e potenziare la propria crescita. L'attenzione diviene ancora maggiore se si considera il periodo storico recessivo, nel quale diventa quanto mai fondamentale fare leva sugli elementi abilitanti per lo sviluppo.

L'Unione Europea e gli Stati Membri hanno tradotto queste aspirazioni in una serie di strategie e piani nel segno della digitalizzazione.

Già dal 2010 con il piano strategico decennale Europe 2020 la Commissione Europea ha incluso tra le 7 iniziative cardine per la crescita e lo sviluppo il piano *A Digital Agenda For Europe* (DAE), ovvero un insieme di obiettivi legati allo sviluppo delle NGA, alla diffusione della copertura e del mercato delle connessioni ultraveloci [18]. Entro il 2020 dovevano essere raggiunti i seguenti obiettivi:

I. Garantire a tutti i cittadini una connessione con velocità minima in download di 30 Mbps;
II. Raggiungere una connessione di 100 Mbps per almeno il 50% delle case;
III. Promuovere la competizione, il mercato unico e l'inclusione digitale.

A supporto e parziale integrazione della DAE è intervenuta nel 2016 la comunicazione *Connectivity for a Competitive Digital Single Market - Towards a European Gigabit Society* che recepisce le mutazioni nel panorama competitivo e il significativo passo in avanti delle applicazioni tecnologiche utilizzate da cittadini ed imprese, che da un lato richiedono maggior velocità e minor tempo di latenza e dall'altro rendono possibili una pletora di nuovi servizi digitali all'interno dell'Unione [20]. Il secondo obiettivo del *Digital Agenda For Europe* è stato aggiornato promettendosi di raggiungere tutte le case con una rete dalla velocità di 100 Mbps entro il 2025.

Alla luce dell'emergenza pandemica del biennio 2020-2021, si è avuto un ulteriore riconoscimento universale dell'importanza della diffusione di tali tecnologie, non solo agli scopi di crescita, ma anche di amministrazione e sostenimento delle attività produttive e amministrative dei Paesi.

Il piano per la ripresa *Next Generation EU,* approvato nell'estate del 2020, punta in questa direzione e, con un investimento di 806,9 miliardi di euro fornisce del capitale da reinvestire per favorire il mutamento e l'adattamento dei paesi all'era moderna, puntando su digitalizzazione e quindi anche sulla diffusione di servizi innovativi basati sulla broadband, tutela dell'ambiente e rafforzamento dei sistemi sanitari nazionali.

Del 2021 è la nuova prospettiva europea per la trasformazione digitale *Digital Compass*, che in termini tecnici promuove una connettività dalla velocità minima di 1 Gbps per tutti entro il 2030 e, su uno spettro più ampio, tenta di dare un impulso a trasformazione digitale delle imprese, sicurezza informatica, sviluppo delle competenze TIC[1], servizi pubblici digitali e salute digitale [22].

L'Italia, sull'onda della spinta comunitaria, sta sviluppando la propria rete ultraveloce. Nel marzo del 2015, infatti, è stato approvato il Piano di investimenti per la diffusione della Banda Larga che ha previsto la stesura della Banda Ultra Larga nel proprio territorio, corredato da una serie di azioni tese a favorire la successiva adozione della UBB da parte degli utenti [42]. Nelle prime fasi le operazioni di cablaggio della nuova rete sono state portate avanti dalla sola TIM. Tuttavia, al fine di rendere fornite anche tutte quelle aree a bassa densità demografica, troppo poco remunerative per giustificare gli investimenti dell'operatore, sono stati indetti dei bandi per la costruzione e gestione della rete pubblica a banda Ultra Larga, aggiudicati da Open Fiber che è stata pertanto vincolata ad installare la fibra in tali zone dette Aree Bianche.

L'evoluzione più recente di questo piano è datata a Maggio 2021. In concordanza con le disposizioni europee *Gigabit Society* e *Digital Compass*, guidata dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), la Strategia nazionale per la Banda Ultra Larga- "Verso la Gigabit Society" amplia gli obiettivi posti inizialmente dal piano e si prefigge di portare la connettività ad 1 Gbps su tutto il territorio nazionale entro il 2026, anticipando di quattro anni l'obiettivo fissato dall'Unione [40]. Per favorire uno sviluppo equo e assottigliare sempre più il *Digital divide*, i 3,8 miliardi di euro stanziati per raggiungere tale soglia saranno spesi in maniera prioritaria per intervenire su quelle aree del paese in cui non sia ancora garantita la velocità di 100 Mbps. La spinta verso le connessioni ultraveloci è assolutamente ancillare al

[1] Tecnologie dell'Informazione e Telecomunicazione

Piano di Crescita Digitale, il quale mira ad una maggiore integrazione delle tecnologie digitali nella vita delle imprese, dei cittadini, della Pubblica Amministrazione e nell'erogazione dei servizi fondamentali come quelli legati a salute ed istruzione. A riprova di questo, due nuovi obiettivi che si inseriscono nella Strategia 2021 sono il piano "Scuole Connesse" e il piano "Sanità Connessa" che dichiarano imprescindibile la connessione a 1 Gbps per le strutture sanitarie e per i luoghi di istruzione.

1.2 Tecnologie e infrastrutture

Per meglio comprendere quale siano i connotati dell'infrastruttura BUL e come essa si distribuisca nel territorio nazionale, è conveniente affrontare un excursus sulle reti di telecomunicazione.

Il passaggio da Banda Larga a Banda Ultra Larga si configura in termini generali come il passaggio da reti di telecomunicazione basate sul doppino ritorto di rame, inizialmente utilizzato per la telefonia, a reti che sfruttano almeno parzialmente la fibra ottica.

In Italia, il traffico dati principale scorre lungo una dorsale con struttura portante in fibra ottica; il traffico è poi smistato in dei nodi principali da cui la linea si dirama verso le centrali telefoniche locali; quelle centrali in cui è presente un convertitore di segnali ottici o *optical line terminal* (OLT) entrano in gioco per servire l'ultimo miglio. Viene detto dunque ultimo miglio il segmento di rete che intercorre tra la centrale e l'edificio in cui risiede il fruitore; in questa parte terminale della rete detta rete di accesso si insedia lo scarto tecnologico che permette il passaggio da Banda Larga a Banda Ultra Larga. Questo si configura in termini generali come il passaggio da reti di telecomunicazione basate sul doppino ritorto di rame, conosciute tradizionalmente con il nome di ADSL, a reti che sfruttano almeno parzialmente la fibra ottica, il cui nome commerciale generico è FTTx.

Scendendo ad un livello di dettaglio maggiore si passano in rassegna ADSL, FTTx e FWA, un sistema di trasmissione mobile ausiliario nel raggiungimento degli obiettivi definiti dalla *Digital Agenda for Europe*.

1.2.1 Digital Subscriber Lines DSL

La Digital Subscriber Line è una connessione da rete fissa che sfrutta i cavi in rame della linea telefonica per trasmettere dati in banda larga. Attraverso un filtro per le frequenze, il modem del sistema DSL evita che il traffico di dati vada ad intaccare il traffico telefonico come avveniva nel precedente meccanismo *dial-up*.

Le velocità di trasmissione cui la DSL abilita è dipendente dalla tecnologia utilizzata:

- Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) ha velocità in download maggiore di quella in upload, per una media che va dai 256 kbps a 24 Mbps;
- Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL) funziona in maniera simmetrica per upload e download ad una velocità massima di 3 Mbps;
- Very High bit rate Digital Subscriber Line (VDSL): è l'evoluzione di ADSL e SDSL che consente di raggiungere velocità di 52 Mbps in download e 16 Mbps massimi in upload.

I principali svantaggi delle DSL sono legati alle caratteristiche stesse del rame, soggetto a dispersioni che sono tanto maggiori all'aumentare della distanza. Questo rende non solo la velocità media inferiore a quella della fibra, ma anche inversamente proporzionale alla distanza della centrale.
Tale aspetto non ha importanza centrale soltanto a livello tecnico, ma anche a livello di servizio alla cittadinanza: le località che, per ragioni storiche o topografiche, si trovano distanti dalle centrali degli operatori telefonici, non hanno in alcun modo possibilità di accedere ad una rete più performante.

1.2.2 Connessioni in fibra ottica FTTx

Le connessioni ultraveloci FTTx sono caratterizzate dalla sostituzione integrale o parziale del rame nell'ultimo miglio con cavi in fibra ottica.
Questa tecnologia garantisce maggior affidabilità e velocità, anche se le prestazioni dipendono da quale dei tre tipi possibili di configurazione (*Figura 1)* questa assume:

- *Fiber-to-the cabinet* (FTTC): è la configurazione più semplice ed alterna un tratto in rame posto tra la centrale dell'operatore e l'armadio ripartilinea ad un ultimo tratto in cui permangono i vecchi cablaggi. Esso permette di avere una velocità di connessione che è almeno pari a 30 Mbps, con degli interventi e dei costi di investimento minori, riutilizzando in parte l'infrastruttura già presente. Ciò avviene al costo di avere delle performance non svincolate dalla distanza tra il consumatore e la centralina.
- *Fiber-to-the-building (*FTTB): tale soluzione prevede che i cavi in fibra arrivino alla base dell'edificio che la linea deve servire, aumentando ulteriormente le prestazioni. Non si adatta particolarmente al contesto italiano, la cui conformazione urbana

favorisce la presenza delle centraline, che generalmente si trovano entro 300 metri dagli edifici.

- *Fiber-to-the-home* (FTTH): il collegamento raggiunge la singola unità abitativa, implicando un investimento più ingente e lavori più articolati, in cambio di un bit rate che supera 1 Gbps assicurando anche gli ambiziosi obiettivi della *Gigabit Society*. Inoltre, non essendoci più la presenza di rame si annullano i problemi relativi alla dispersione.

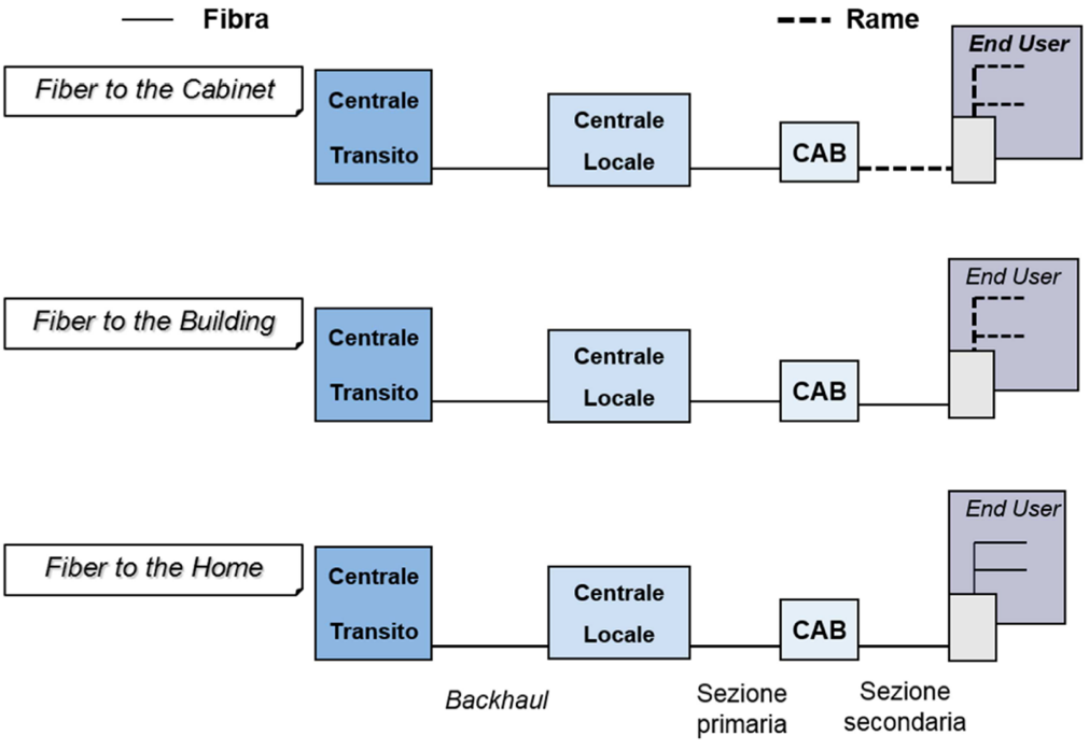

Figura 1: le configurazioni delle reti in fibra ottica

1.2.3 Fixed Wired Access FWA

A differenza di xDSL e FTTx, il Fixed Wired Access, altresì detto *Broadband Wireless Access* è un sistema di trasmissione dati misto che sfrutta una rete cablata in fibra in combinazione con un sistema ad onde radio.

Questo articolato meccanismo permette di rendere accessibile la Banda Larga o Ultra Larga anche in zone in cui il cablaggio sarebbe complesso, pur rimanendo una tecnologia di assoluta minoranza nel piano italiano.

L’assenza della rete di cavi rende le FWA più sensibili alle condizioni al contorno, come eventi atmosferici e presenza di ostacoli fisici che ne minano l’affidabilità e la stabilità

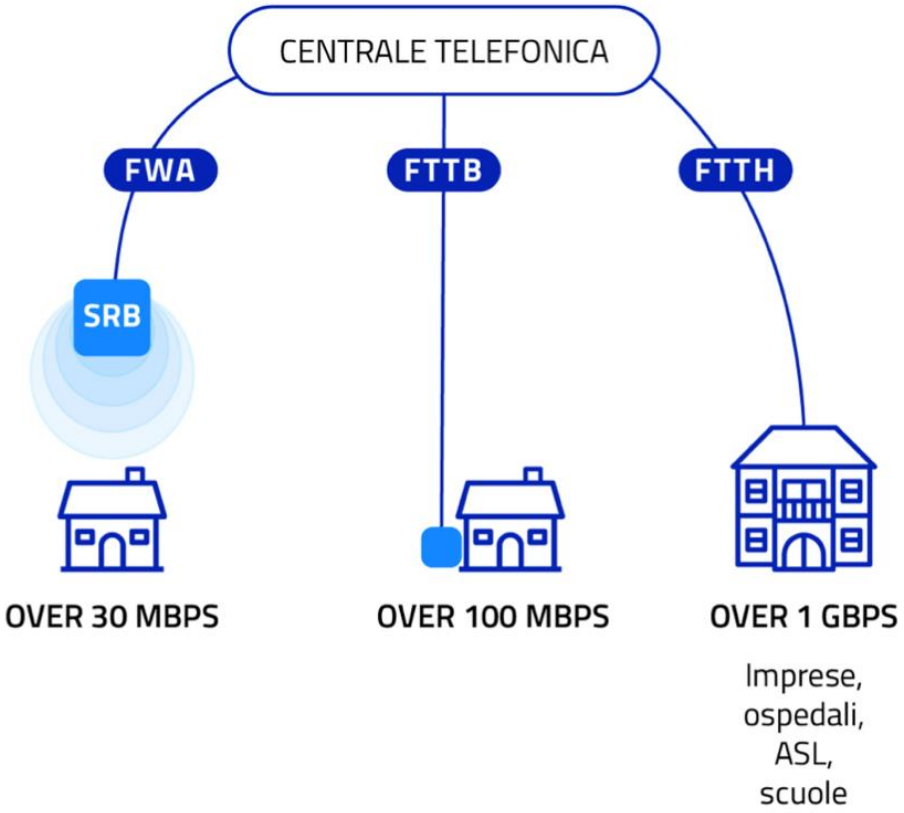

Figura 2: le connessioni del Piano Strategico Banda Ultra Larga

1.3 La sanità digitale

Sebbene il mondo della sanità possa apparire ad un occhio esterno poco esperto un settore piuttosto tradizionale e, in un certo senso, immutabile nelle sue pratiche e nelle figure professionali che lo caratterizzano, la realtà è quanto più possibile lontana da questa visione: esso è investito da quasi due decenni da una progressiva riforma, talvolta impercettibile per il paziente, ma tanto profonda da toccarne in realtà tutti i tasselli: dagli aspetti organizzativi, alla *governance*, alla ricerca e formazione, al supporto tecnologico, ai meccanismi informativi e di raccolta dati clinici.

Il paradigma che si va affermando è quello del modello di medicina *patient-centered* basato sulle 4 P- personalizzata, predittiva, preventiva, partecipativa - e affinché questo sia perseguito è indispensabile un forte supporto tecnologico e una trasformazione digitale della sanità.

Ironicamente, un evento drammatico come la pandemia di Coronavirus ha portato maggiore attenzione e dibattito sia sull'importanza di possedere un Sistema Sanitario solido, efficiente e adattativo, sia sul contributo essenziale di sistemi ICT di supporto tanto nella routine ordinaria, quanto nei momenti in cui è sottoposto a pressioni anomale. Il dibattito sulla sanità digitale acceso dal virus diventa centrale per l'azione politica ed è elemento non più trascurabile nelle strategie e nei piani di crescita delle varie nazioni.

L'innovazione è multiforme e condensa in sé aspetti puramente medici e dinamiche legate alla gestione dei processi. Nuove tecniche diagnostiche, di *imaging*, di trasmissione dei dati *intramoenia* e tra strutture differenti si combinano con la possibilità di accedere a una visione completa della storia clinica del paziente; il tutto in un ambiente gestito in maniera snella evitando gli sprechi. A partire da questo ci si attende che ad un miglioramento della cura si affianchi lo sviluppo di nuovi servizi sanitari che, nel complesso, portino ad un aumento del benessere della popolazione.

Le tecnologie portanti di questo mutamento sono molteplici, ma cifra comune è che tutte si basano su sistemi ICT innovativi abilitati da condizioni al contorno che ne garantiscano l'operatività, tra cui sistemi di telecomunicazione affidabili, stabili e rapidi.
Prendendo coscienza di questo fatto, la misura Sanità Connessa della Strategia nazionale per la Banda Ultra Larga- "Verso la Gigabit Society" prevede una spesa di 501 milioni di euro per

fornire a circa 12.280 strutture sanitarie italiane una connettività ad 1 Gbps attraverso una rete interamente finanziata e di proprietà dello Stato.

Il grosso vantaggio che ci si aspetta dalla trasformazione digitale sanitaria deriva dalla possibilità di mettere in atto sistemi di prevenzione su larga scala, percorsi di cura sempre più mirati e personalizzati, interventi di emergenza più efficienti e di successo.
La medicina digitale può rappresentare un aiuto nella risposta ad una domanda crescente di cure attraverso l'espansione della capacità del sistema, migliorando la qualità del servizio; attraverso l'ottimizzazione delle risorse questa permette di avere un aumento di produttività e, allo stesso tempo, una riduzione nei costi (Stroetmann et al. [2006]) [44].

Secondo il rapporto dell'Osservatorio sulle Aziende e sul Sistema Sanitario Italiano (OASI) 2019 [14], si possono identificare 5 ambiti in cui le tecnologie stanno modificando i modelli di servizi:

- Probabilmente l'area più sviluppata della sanità digitale in Italia è quella che regola **i sistemi di accesso, contatto e relazione** con il paziente, basata su tecnologie piuttosto affermate, ma essenziali nell'assicurare un servizio pratico, rapido e ben strutturato. Ricadono in questo cluster i sistemi di prenotazione elettronica delle visite ambulatoriali, i sistemi di raccolta e trasmissione dati tra strutture, le prescrizioni online, la visualizzazione di risultati diagnostici da remoto.
- L'esercizio della professione medica può essere attualmente semplificato attraverso **processi innovativi di presa in carico del paziente e continuità assistenziale**. Tali sistemi hanno particolare rilievo nel trattamento di pazienti in età avanzata o con patologie croniche, abilitando un controllo a distanza o una composizione più semplice di un quadro anamnestico nel momento della visita, grazie alla predisposizione di un sistema di informazione e formazione del paziente da remoto. In questa sfera rientrano anche gli interventi di telemedicina e *telenursing* alla quale si dedicherà un approfondimento più dettagliato in seguito (Paragrafo 1.3.3).
- I **processi decisionali di diagnosi e scelta del trattamento** digitalmente supportati sono ormai una realtà in molti reparti d'ospedale, ad esempio nell'ambito della diagnostica per immagini. Essi beneficiano di tecnologie recenti e in continua evoluzione basate su Intelligenza Artificiale. Attraverso un sistema di supporto all'attività decisionale un medico può accedere in maniera automatica a tutte le

informazioni e casistiche relative ad una certa tematica, oppure può essere aiutato nell'individuazione della patologia e della risposta diagnostica più adeguata al paziente.

- Per **terapie riabilitative** sia ospedaliere che domiciliari la robotica e l'intelligenza artificiale possono favorire i processi sanitari di cura e riabilitazione. Le soluzioni sono ancora limitate e la loro adozione non ha raggiunto una scala così ampia, ma il loro potenziale è alto e potrebbe, più di altri, beneficiare di un ambiente infrastrutturale ben fornito.
- Con l'avvento dell'*Internet of Things* anche il settore della sanità ha iniziato a progettare e sfruttare soluzioni a domicilio e **ambienti intelligenti di cura**. Se riusciranno ad affermarsi, essi saranno di vitale importanza per ridurre la pressione sugli ospedali, garantendo a pazienti con disabilità e cronici un'assistenza domiciliare al pari di quella in struttura evitando altresì il ricovero anche a tutti quei pazienti in condizioni che richiedano l'interesse di un medico, ma sufficientemente stabili per poter evitare il ricovero.

La sintesi proposta restituisce nitidamente l'idea dell'eterogeneità di soluzioni abilitate da tecnologie ICT.

Il Sistema Sanitario è una rete complessa di entità altrettanto complesse la cui esistenza e conduzione deve tenere conto di una pletora di variabili. Il fatto che la tecnologia possa agire su livelli molto diversi tra loro, da quello organizzativo a quello clinico apre a prospettive di miglioramento e la rende uno strumento potente, critico e da sfruttare con accortezza.

1.3.1 Il Sistema Sanitario Nazionale

Al fine di poter fornire una visione più ampia sulla relazione tra reti internet, ICT e performance degli ospedali è necessario analizzare, quantomeno in maniera sintetica, la struttura del Sistema Sanitario italiano.

Il Sistema Sanitario Nazionale (SSN) è un sistema di strutture preposte all'erogazione di prestazioni sanitarie nel rispetto dei suoi tre principi fondamentali ovvero universalità dell'estensione dei servizi sanitari, uguaglianza nell'accesso alle prestazioni ed equità.
Esso rappresenta lo strumento operativo per garantire la tutela della salute e si compone di tutte le strutture e le attività che concorrono al mantenimento o al recupero della salute per i cittadini.

La sua istituzione risale al 1978 a seguito della creazione delle regioni, la quale ha rappresentato per i cittadini italiani il passaggio da un'assistenza di tipo mutualistico su modello tedesco all'erogazione secondo il principio del *Welfare State*[2].

L'erogazione della prestazione è affidata alle strutture sul territorio organizzate a partire dalla riforma del 1999 in forma aziendale ovvero come enti strumentali delle regioni sicché la gestione, un tempo politica, è divenuta tecnica.
Le aziende sanitarie si distinguono in:

- Aziende Unità Sanitarie Locali (AUSL) che operano su un ambito territoriale comunale, intercomunale o provinciale. All'interno delle stesse Unità Sanitarie Locali si individuano un dipartimento di prevenzione, focalizzato sulla promozione della salute e sulla prevenzione di malattie e infezioni, il distretto, ospedale vero e proprio operante sul territorio, e presidi ospedalieri minori.
- Aziende Ospedaliere (AO) ovvero strutture di rilevo nazionale ad alta specializzazione.
- Aziende Ospedaliere Universitarie (AOU) che operano a stretto contatto con una università di riferimento e svolgono attività di ricerca.

L'assistenza ospedaliera inoltre viene garantita anche dagli Istituti di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico (IRCCS) e dagli istituti privati accreditati.

I livelli di controllo ed intervento sul Sistema Sanitario sono attualmente quello centrale e quello regionale:

- lo Stato opera attraverso il Ministero della Salute definendo nell'ambito del Piano Sanitario Nazionale[3] (PSN) i LEA[4] ovvero l'insieme di servizi e prestazioni che il SSN deve effettivamente essere in grado di fornire ai cittadini.

---

[2] Il modello sanitario *Welfare State* è un modello universalistico ideato da Lord Beveridge nel 1942 basato sul principio per cui avere buone condizioni di vita sia un diritto sociale del cittadino. Nel *Welfare State* l'assistenza è generalizzata e copre una vasta gamma di casistiche; le risorse, ottenute ricorrendo alla fiscalità generale, vengono orientate a rispondere alle condizioni di maggior bisogno, indipendentemente dalle capacità economiche e contributive dei singoli.
[3] Il Piano Sanitario Nazionale è un documento programmatorio, redatto con cadenza triennale, del quale lo Stato si serve per stabilire le linee di indirizzo del SSN, gli obiettivi fondamentali di prevenzione, cura e riabilitazione, nonché i livelli di assistenza sanitaria da applicare in condizione di uniformità sul territorio nazionale.
[4] I Livelli Essenziali di Assistenza (LEA) sono le prestazioni e i servizi che il Servizio Sanitario Nazionale (SSN) è tenuto a fornire a tutti i cittadini**,** gratuitamente o dietro pagamento di una quota di partecipazione, con le risorse pubbliche raccolte attraverso la fiscalità generale. Definiti per la prima volta nel 2011, i LEA sono stati aggiornati

- a livello regionale vengono definite le modalità organizzative delle aziende del sistema, le iniziative, gli obiettivi e i parametri di controllo. Alle regioni compete anche il finanziamento e la definizione della spesa delle varie aziende e l'autonomia di poter ampliare la gamma delle prestazioni offerte ad integrazione dei LEA, facendovi fronte con risorse proprie.

L'attività ospedaliera è condotta facendo ricorso ad un finanziamento parzialmente generato internamente e parzialmente di natura pubblica, in un sistema che consta di fonti su tre livelli:

- Entrate proprie dell'azienda ospedaliera, in particolare derivanti dai ticket, corrisposti dagli utenti per cui non è prevista gratuità di accesso per degli importi stabiliti dall'Intesa tra Stato e Regioni, e dagli oneri attivi sull'attività di *intramoenia* dei dipendenti.
- Fiscalità generale delle regioni attribuita agli ospedali del Sistema Sanitario Nazionale attraverso l'allocazione di quota parte dell'imposta IRAP[5] e dell'addizionale IRPEF[6].
- Bilancio dello Stato che finanzia il fabbisogno sanitario rimasto scoperto dalle due fonti precedentemente citate attraverso proventi derivanti dall'IVA e attraverso il Fondo Sanitario Nazionale. Tale somma arriva agli ospedali attraverso un passaggio intermedio per le Regioni, in cui queste ultime definiscono sulla base di uno schema parametrale la quota spettante alle singole strutture.

La questione della spesa pubblica in sanità è vista da molti osservatori come particolarmente problematica.
Il Sistema Sanitario ha affrontato un periodo di definanziamento coincidente con il periodo di crisi economica risultante in un sostanziale appiattimento della curva del finanziamento pubblico.

nel 2017 con il Dpcm 12/01. I tre macrolivelli previsti dal decreto sono: I) prevenzione collettiva e sanità pubblica; II) assistenza distrettuale; III) assistenza ospedaliera.

[5] L'IRAP o Imposta Regionale Attività Produttive è un'imposta diretta introdotta in Italia dal d.l. 15 dicembre 1997, n. 446. L'IRAP è tributo proprio derivato il cui gettito è di competenza delle Regioni, che in autonomia possono stabilire i limiti impositivi, senza sforare quelli stabiliti dalla legge dello Stato.

[6] L'IRPEF o Imposta sul Reddito delle Rersone Fisiche è un'imposta diretta, personale, progressiva e generale, regolata dal testo unico delle imposte sui redditi, emanato con DPR 22 dicembre 1986 n. 917.

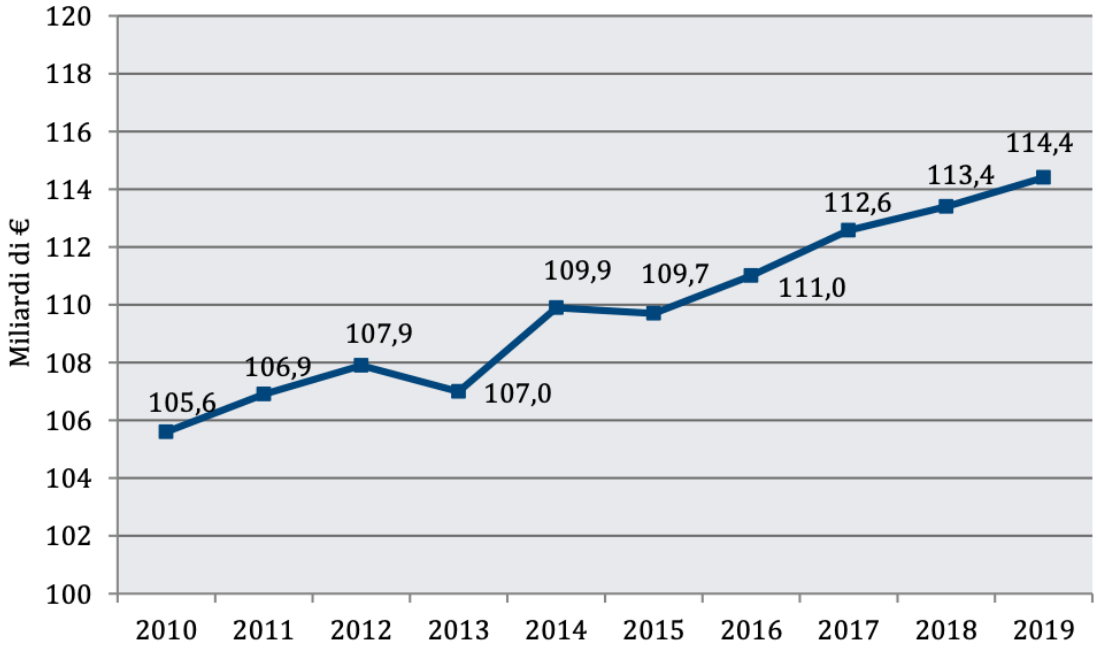

Figura 3: finanziamento del SSN nel decennio 2010-2019

Se in termini attuali, infatti, il finanziamento pubblico (*Figura 3*) è aumentato di 8,8 miliardi tra il 2010 e il 2019, tuttavia tale valore corrisponde ad una crescita media dello 0,9% annuo (Figura 4), al di sotto del tasso di inflazione media annua pari all'1,07% [27].

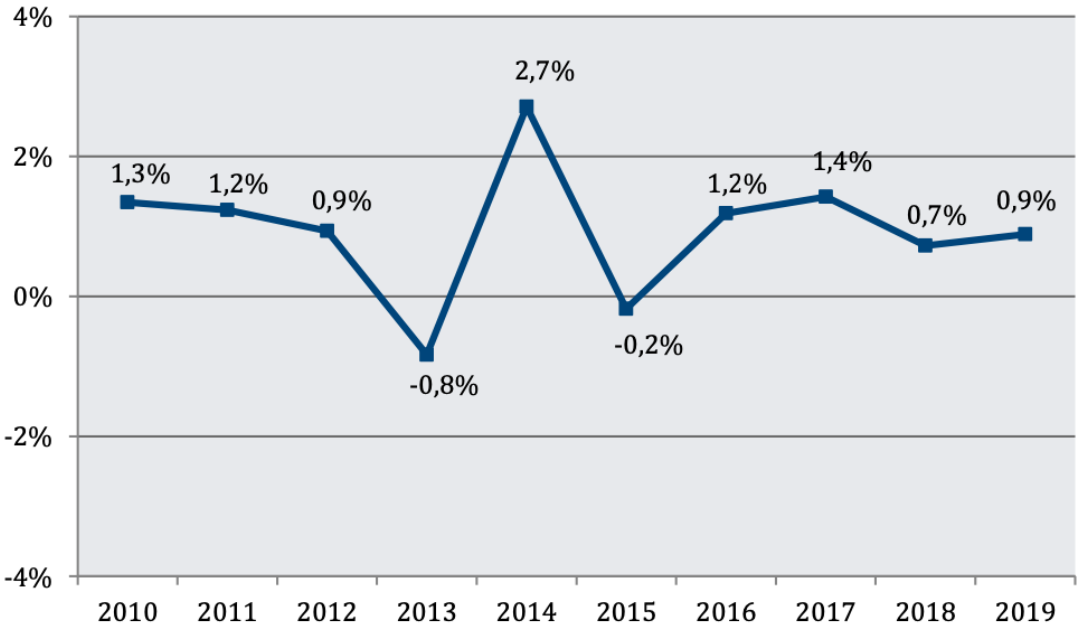

Figura 4: variazioni percentuali nel finanziamento dell'SSN nel decennio 2010-2019

A livello internazionale, l'Italia si trova al di sotto della media dei paesi europei per spesa sanitaria totale.

Secondo il rapporto OCSE *Health at a Glance 2020* (*Figura 5*) nel 2019 la spesa procapite è stata di 2473 euro, a fronte di una media di 2572 euro; paesi come Germania e Francia hanno contribuito ai rispettivi sistemi sanitari con 3644 euro e 4504 euro per persona [41].

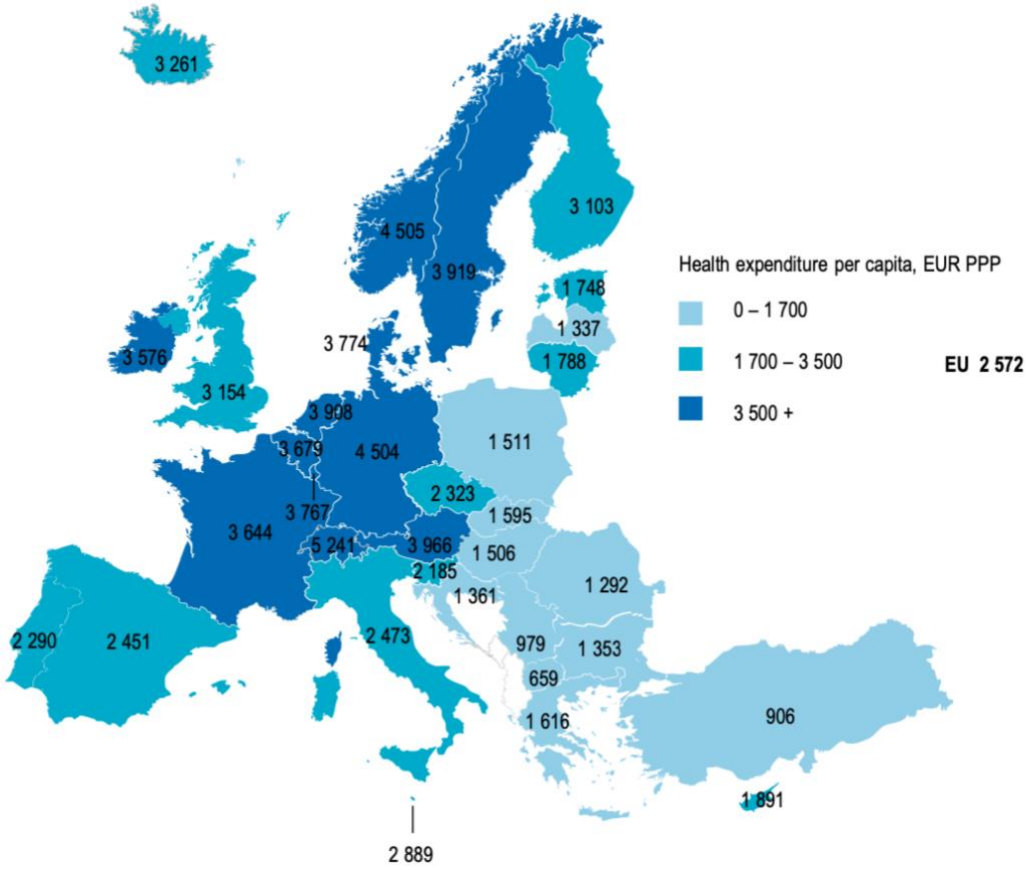

Figura 5: Spesa Sanitaria Procapite nel 2019. (Fonte: OCSE)

L'interesse a mantenere dei livelli qualitativi elevati, nonostante degli investimenti contenuti, porta a sottolineare in maniera più evidente come la digitalizzazione possa essere uno strumento cardine nel portare a termine le nuove sfide nella sanità.

1.3.2 Iniziative per la digitalizzazione

Se è vero che il tema della digitalizzazione dei Sistemi Sanitari ha subito un'accelerazione senza precedenti in concomitanza con la diffusione del Covid-19, da almeno un decennio si

intravedono sforzi, modulati in maniera variabile, sia da parte dei governi italiani che a livello centralizzato europeo, per promuovere la transizione digitale in Sanità.

In Europa, il primo Piano d'azione eHealth è stato adottato dall'Unione nel 2004, corredato da una serie di progetti e iniziative collaterali che promuovevano in maniera pratica la diffusione dell'eHealth [17].
Il Ministero della Salute ha diramato per la prima volta una Strategia nazionale per l'eHealth soltanto nel 2011. La necessità di innovazione nasce dalla presa di coscienza dell'invecchiamento della popolazione e della necessità di rimodulare la spesa pubblica senza andare ad inficiare la qualità del Servizio Sanitario pubblico, mirando comunque al miglioramento delle prestazioni [39].
Il miglioramento delle telecomunicazioni e la diffusione sempre maggiore nella popolazione di dispositivi elettronici personali come smartphone, personal computers e tablet, aprono, inoltre, a nuovi scenari e possibilità.
La riorganizzazione tocca in maniera diretta aspetti organizzativi e di accesso alla rete dei servizi sanitari, lasciando libertà nell'innovazione degli strumenti clinici, diagnostici e terapeutici.

In linea con gli obiettivi di *Europe 2020,* si inserisce il Piano d'azione eHealth 2012-2020 che rafforza l'impegno verso una sanità europea digitale proponendosi di eliminare tutti gli ostacoli all'implementazione della stessa [19]. Le sfide presentate nel piano sono quattro:

I. Migliorare la gestione delle malattie croniche e della plurimultimorbilità rafforzando le partiche di prevenzione e promozione della salute;
II. Garantire l'*empowerment* e la responsabilizzazione del cittadino ponendolo al centro della cura e promuovere l'innovazione; incoraggiare, inoltre, i cambiamenti organizzativi in modo da aumentare sostenibilità ed efficienza dei sistemi sanitari;
III. Promuovere l'assistenza sanitaria trans-frontaliera, la sicurezza sanitaria, la solidarietà, l'universalità e l'equità;
IV. Migliorare le condizioni legali e di mercato per lo sviluppo di prodotti e servizi eHealth.

Con tale piano, inoltre, l'Unione ha posto l'attenzione su interoperabilità dei servizi eHealth e sull' importanza di ricerca, innovazione e facilitazione della comprensione dell'eHealth da parte dei cittadini.

Ulteriore riconoscimento dell'affermarsi delle tematiche relative alla sanità digitale è il fatto che nella Riforma della Sanità del 2012, firmata dell'allora ministro della salute Renato Balduzzi, si sia prevista una riorganizzazione delle cure primarie che prevedesse lo "sviluppo dell'ICT quale strumento irrinunciabile per l'aggregazione funzionale e per l'integrazione delle cure territoriali e ospedaliere".

Il Nuovo Sistema Informativo Italiano (NSIS), principale sistema di raccolta dati del Sistema Sanitario Nazionale (SSN), ha visto la propria creazione nel lontano 2002. Solo nel 2016, tuttavia, il Ministero della Salute ha introdotto le procedure per l'interconnessione a livello nazionale dei sistemi informativi gestiti da diverse amministrazioni statali.
La raccolta ed integrazione dei dati individuali dei cittadini ad opera dell'NSIS, permette lo svolgimento di importanti attività di monitoraggio dello stato di salute della popolazione, dell'efficienza ed efficacia dell'SSN e della spesa sanitaria.
Il monitoraggio permette di agire sul piano del miglioramento qualitativo e nella pianificazione dell'offerta dei servizi. Inoltre, tali dati sono sfruttati dal Ministero della Salute per svolgere il proprio compito di verifica dei Livelli Essenziali di Assistenza.

Figura 6: gli obiettivi del Nuovo Sistema Informativo Italiano

Tra le azioni più recenti vi è il report della Commissione Europea *On enabling the digital transformation of health and care in the Digital Single Market; empowering citizens and*

building a healthier society pubblicato nel 2018 [21]. Esso tenta di risolvere le resistenze legate allo sfruttamento dei dati raccolti nella sanità al fine di poterli utilizzare nella ricerca e nell'innovazione, restituendo al cittadino dei sistemi di sanità digitale articolati. La comunicazione evidenzia anche l'importanza dell'interoperabilità e di strutture a supporto dei nuovi sistemi sanitari digitalizzati.

Le principali risoluzioni adottate si prepongono di rendere centrale il cittadino nel sistema sanitario in tre modi:

I. Garantendo ai cittadini l'accesso sicuro ai dati sulla propria salute in formato elettronico anche oltre i confini del paese di provenienza;
II. Facilitando l'uso di ampie raccolte di dati attraverso una base dati condivisa tra stati europei per prevenire l'insorgere di malattie, combattere le epidemie e determinare sempre più trattamenti medici personalizzati;
III. Promuovendo l'uso di strumenti digitali che consentano ai cittadini di gestire la propria salute più attivamente in sistemi di trattamento integrati.

L'aggiornamento del 2021 della strategia comunitaria per la salute *EU4Health* ribadisce l'impegno nel creare un sistema europeo di sanità digitale che permetta le collaborazioni tra reti di medici e strutture anche oltre i confini nazionali, in modo da poter combattere in maniera coesa e collaborativa nuove possibili emergenze sanitarie, tramite il supporto dell'ICT e della collaborazione da remoto, in modo da sfruttare le sinergie, l'aggregazione e l'integrazione dei dati di paesi differenti.

Figura 7: le missioni del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza

La strategia sarà implementata in Italia attraverso le risorse derivanti dal PNRR le cui sei missioni sono illustrate nel grafico di *Figura 7* [38]. In continuità con la "missione 1" dedicata alla digitalizzazione del paese in termini generali e alla copertura universale con reti a banda larga, la "missione 6" garantisce un importo pari a 15,6 miliardi di euro dedicati ad una ristrutturazione del Sistema Sanitario in chiave digitale.

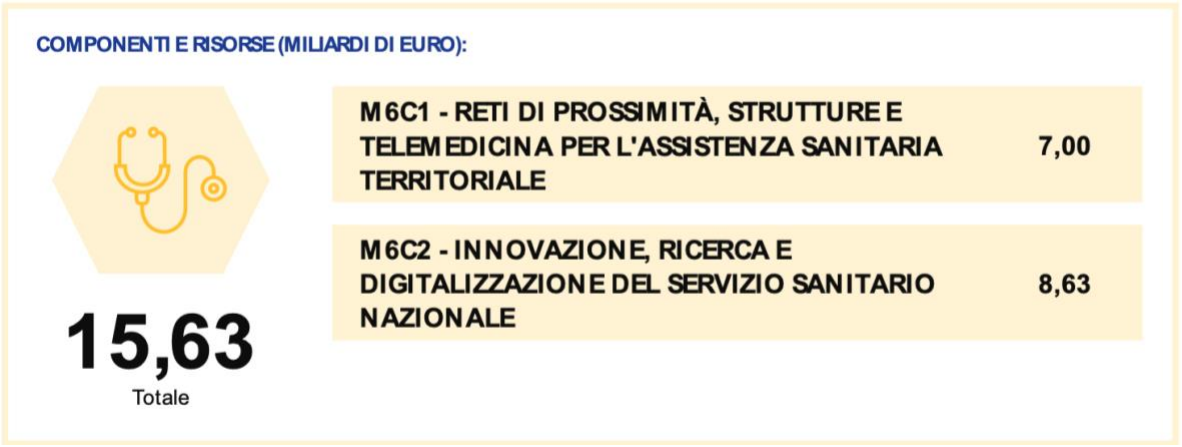

Figura 8: PNRR e l'allocazione di fondi per la Salute

Come espresso dal grafico in *Figura 8* la missione si articola in due dimensioni:

- Riforma della sanità territoriale: gli interventi puntano al rafforzamento delle prestazioni erogate sul territorio in parte attraverso il potenziamento della rete ospedaliera e dei suoi presidi ed in parte attraverso il rafforzamento dell'assistenza domiciliare. La metà dei fondi (4 mld) sono indirizzati a questo secondo obiettivo e alla creazione di un sistema di telemedicina che permetta di aumentare le interazioni tra medico e paziente, rendendo la dimora il primo presidio di cura. Conseguentemente, questo dovrebbe portare ad una riduzione dell'ospedalizzazione dei pazienti cronici e degli accessi inappropriati al pronto soccorso.
- Piano per l'ospedale e le nuove tecnologie: si punta al rinnovamento e ammodernamento delle strutture tecnologiche e digitali esistenti, all'utilizzo di sistemi informativi più performanti di supporto all'attività di erogazione e monitoraggio dei LEA, nonché il completamento, aggiornamento e diffusione del Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE). Dal lato ricerca, l'idea è di favorire il trasferimento tecnologico e rafforzare le competenze digitali e manageriali del capitale umano. I fondi dedicati ad obiettivi tecnologico-digitali propriamente detti sono oltre 5 miliardi.

1.3.3 Innovazione organizzativa: i 5 pilastri digitali

La creazione di un Sistema Sanitario dinamico, innovativo e digitale e, in senso più ampio, lo sfruttamento del potenziale dell'ICT per promuovere una crescita sostenibile basata su innovazione, digitalizzazione e rispetto ambientale, sono, come illustrato nei paragrafi precedenti (Paragrafo 1.1 e Paragrafo 1.3.2) , priorità sia italiane che europee.
Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione applicate ai Sistemi Sanitari e all'assistenza sanitaria, infatti, possono aumentarne l'efficienza, migliorare la qualità della vita e rilanciare l'innovazione nel settore della salute.
Si passano ora in rassegna le innovazioni di natura organizzativa al supporto dell'attività dell'SSN che permettono di tradurre in senso pratico tali aspirazioni.

Nel perseguimento di questi scopi si inserisce la strategia dell'Agenda Digitale Italiana, la quale ha patrocinato la Strategia italiana per le Banda Ultra Larga e la Strategia per la crescita digitale 2014-2020 [41][43].
Per il raggiungimento degli obiettivi in ambito sanità l'Agenda Digitale Italiana ha sostenuto tre tipologie di interventi:

I. Digitalizzazione del ciclo prescrittivo;
II. Creazione di un sistema di raccolta e aggregazione dei dati del paziente accessibile tanto al cittadino quanto ai professionisti sanitari;
III. Aumento del tasso di innovazione digitale nelle aziende sanitarie, sia nei processi di organizzazione interna, sia nell'erogazione dei servizi al cittadino.

La Strategia Italiana per l'eHealth del 2011 (*Figura 9*) ha individuato come punti cardine della propria azione:

I. Dematerializzazione dei documenti sanitari;
II. Promozione dell'accesso ai servizi sanitari attraverso la creazione di un servizio unico ed integrato di prenotazione denominato Centro Unico di Prenotazione (CUP);
III. Realizzazione del Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE), ovvero un fascicolo digitale che garantisca l'accessibilità alla storia clinica dei pazienti per consentire una gestione delle casistiche di morbilità personalizzata per ogni paziente;

IV. Creazione di una rete di Medici di Medicina Generale (MMG), Pediatri di Libera Scelta (PLS), farmacie e strutture sanitarie per la trasmissione delle prescrizioni in forma dematerializzata e dei certificati di malattia online;

V. Riorganizzazione dell'architettura del Sistema e delle strutture che lo compongono attraverso l'utilizzo della telemedicina in tutte le sue forme.

Particolare rilevanza tra tali misure la ha l'FSE, chiamato a livello internazionale *Electronic Health Record* (EHR) o *Electronic Medical Record* (EMR). Esso consiste in una raccolta di dati e documenti digitali di tipo sanitario e sociosanitario generati da eventi presenti e trascorsi riguardanti l'assistito ed è stato introdotto dall'articolo 12 del d.l. 179/2012, con obbligo di attivazione da parte di Regioni e Province Autonome entro il 30 Giugno 2015.

La sua attivazione risponde ad una delle azioni chiave per la sanità digitale definite dal DAE che prevede di dotare i cittadini europei di un accesso on-line sicuro ai propri dati medici entro il 2015.

La sua utilità non si limita ad una questione di semplice dematerializzazione documentale in quanto la sua diffusione porta con sé la possibilità di espandere sensibilmente l'automazione dei servizi clinici, attraverso la standardizzazione delle linee guida sul trattamento dei pazienti e l'implementazione di procedure guidate che permettano la riduzione degli errori più comuni. Nel caso di un ricovero o di un *iter* complesso per la diagnosi di una malattia, ad esempio, l'accesso rapido a informazioni cliniche accurate da parte di più professionisti che si interfacciano con il paziente può da un lato migliorare la diagnosi, dall'altro evitare errori e sovrapposizioni, facilitando il coordinamento, le azioni di risposta e, infine, il monitoraggio del paziente.

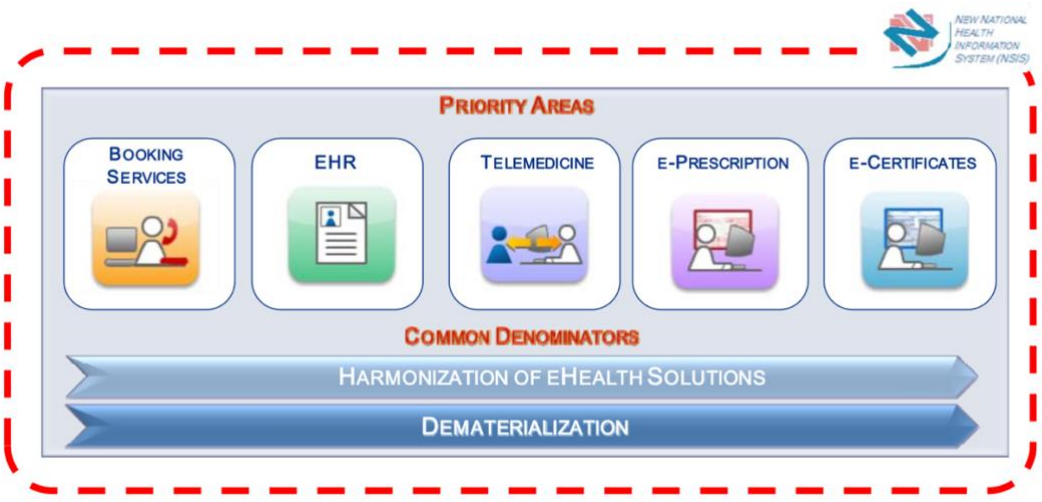

Figura 9: schema operativo della Strategia Italiana per l'eHealth

L'implementazione di misure organizzative è stata presa in carico direttamente dallo Stato, mentre per i processi di innovazione clinica è stata lasciata libertà alle strutture, dietro ad un generale incentivo al progresso e al riammodernamento basato sulle tecnologie digitali.

1.3.4 Innovazione ospedaliera: medicina digitale e progresso clinico

Alle innovazioni di struttura ed organizzative discusse nel paragrafo precedente, si associano evoluzioni digitali a livello di trattamento del paziente. La sfera è parecchio vasta e abbraccia concetti che vanno dai sistemi di medicina digitale, all'utilizzo dell'intelligenza artificiale nel processo di diagnosi e cura. Questa sezione ha pertanto l'obiettivo di dare una panoramica quanto più possibile ampia, ma certamente non esaustiva, del mondo dell'*eHealth*.

La World Health Organization (WHO) definisce l'*eHealth* come "l'utilizzo di tecnologie informatiche e di telecomunicazione a vantaggio della salute umana" lasciando un larghissimo orizzonte sulle possibili interpretazioni.

Spesso tradotta in italiano come Sanità Digitale essa comprende tutte le innovazioni tecniche, le procedure amministrativo-sanitarie, le dotazioni ospedaliere, i sistemi di diagnosi, prevenzione e cura che fanno affidamento su tecnologie tipiche del settore ICT.

a) Telemedicina

Uno dei concetti più maturi nel panorama italiano che ha trovato ampio e rinnovato dibattito in ragione dell'emergenza Covid è quello della telemedicina.
La telemedicina può essere intesa come una particolare modalità di svolgimento della pratica di assistenza sanitaria, sia a livello organizzativo ed operativo, sia a livello di erogazione e fruizione. L'impiego di sistemi di telecomunicazione avanzati, efficienti ed affidabili permette la conduzione di pratiche mediche che contemplino un'interazione a distanza; tale interazione non avviene soltanto tra paziente e medico curante, ma anche tra professionista e professionista e tra team di risorse sanitarie.
La telemedicina, eliminando i vincoli fisici, permette ad esempio ad un chirurgo di controllare da remoto la propria equipe in un'operazione, di confrontarsi con colleghi in strutture con

strumentazioni differenti o più avanzate, ma anche di anticipare parte del proprio intervento in situazioni emergenziali controllando a distanza i parametri di un paziente. Si consente inoltre il controllo extra-ospedaliero di pazienti cronici, garantendo interventi tempestivi in casi di emergenza ed evitando, almeno in linea teorica, di ricorrere in condizioni normali al ricovero.

Il potere di questi strumenti, in un sistema come quello italiano caratterizzato da un'ampia diffusione sul territorio, ma al contempo da un'eterogeneità di dotazione e sapere specialistico nelle varie strutture, è quello di permettere lo sfruttamento delle sinergie tra ospedali, la creazione di reti di specialisti inter-struttura, le quali permettano di rispondere in maniera più adeguata alle esigenze del territorio, senza che questo comporti di fatto costi aggiuntivi.

In Italia la telemedicina complementa i sistemi tradizionali da più di un decennio e le Linee Guida che la regolano sono state emesse già nel 2014. L'attività *internet-based* è ovviamente una componente di minoranza della classica attività ospedaliera, ma l'interesse sul tema è crescente, come dimostra anche la quota di risorse del PNRR dedicate specificatamente alla Telemedicina (cfr. Paragrafo 1.3.2).
Inoltre, l'emergenza Covid ha evidenziato la necessità di aggiornamento delle Linee Guida sicché nuove indicazioni che definiscono le regole per l'erogazione da remoto di prestazioni sanitarie sono state emanate a Dicembre 2020.

In quei paesi caratterizzati da territori vasti con popolazione poco densa ed aree rurali remote, come ad esempio Stati Uniti e Norvegia, la telemedicina intesa come consulto a distanza tra medico e paziente diventa essenziale per garantire il servizio a tutta la popolazione.
In questo senso il binomio Banda Ultra Larga e telemedicina è citato come una delle superdeterminanti della salute nazionale in articoli statunitensi (Bauerly et al. [2019], Benda et al. [2020]) [5][6].
In Italia, tuttavia, prevalgono le declinazioni a supporto della pratica ospedaliera e ambulatoriale.

La facilità di trasmissione di dati relativi al paziente e agli esami su esso effettuati consente alle equipe degli ospedali dislocati sul territorio di fruire della possibilità di videoconsultarsi. Attraverso la condivisione in rete di immagini diagnostiche, di segnali biomedicali monodimensionali (elettrocardiogramma, elettroencefalogramma, flussimetria Doppler) e

bidimensionali (TAC, risonanza magnetica nucleare, radiografie, ecografie, PET, SPECT) e l'instaurazione di comunicazioni audio-video, un singolo operatore o un'equipe sanitaria può ottenere una consulenza in tempi rapidi da un centro specialistico, senza dover trasferire fisicamente il paziente, aumentandone le possibilità di cura.

Il telemonitoraggio include, però anche tutte quelle pratiche che prevedono di controllare i parametri del paziente e il decorso di una malattia senza essere fisicamente vicini (telemonitoraggio cardiaco, della dialisi, per diabetici, perinatale).
Esso può prendere la forma di telemonitoraggio domiciliare ed essere utilizzato per ridurre la degenza garantendo pur sempre l'assistenza domiciliare post-ospedaliera. L'importanza dell'implementazione di questi sistemi si può evincere dall'efficacia che esso ha avuto nel garantire la continuità nella cura dei pazienti con problemi neurologici e con morbo di Parkinson durante l'epidemia di Covid-19 (R. Cilia et al. [2020]) [13].

Spesso l'impiego maggiore del telemonitoraggio si ha all'interno delle mura dell'ospedale o nei suoi prolungamenti mobili, le ambulanze.
Nel ramo della cardiologia tale prassi è consolidata e si parla quindi di telecardiologia. I consulti telecardiologici possono essere portati avanti sia in condizioni di ordinario controllo che in fattispecie di emergenza. Il telemonitoraggio e la teleriabilitazione sono utilizzati per i pazienti con insufficienza cardiaca cronica, per la prevenzione del rischio cardiovascolare, per lo screening in medicina dello sport e, nondimeno, nel triage pre-ospedalizzazione in caso di infarto miocardico acuto.
La telecardiologia è imperniata su un sistema completamente digitale che consta di un sistema trasmissivo e uno gestionale di elaborazione dei tracciati. Il primo è rappresentato da un elettrocardiografo numerico con software interpretativo che memorizza gli elettrocardiogrammi e li trasmette attraverso un modem incorporato. Nel caso di emergenza l'intervento è anticipato già dal momento in cui il paziente è soccorso dall'ambulanza, con notevoli benefici sulla possibilità di cura e guarigione (Brunetti et al. [2017]) [12].

b) Intelligenza Artificiale

La creazione di basi di dati ampie, la possibilità di trasmetterle, di stoccarle e renderle condivisibili ha creato terreno fertile per l'applicazione di Intelligenza Artificiale (AI) anche in campo medico. Tali soluzioni dal punto di vista della ricerca sono quelle a maggior potenziale innovativo e, in alcuni campi, hanno già determinato un avanzamento significativo dello stato dell'arte, producendo nuove metodologie di trattamento che traggono vantaggio dall'interazione tra il sapere specialistico del professionista sanitario e la capacità predittiva basata sui dati della macchina.
L'AI in medicina può essere sfruttato in applicazioni fisiche, come le protesi intelligenti o i robot operatori, oppure avere un'applicazione virtuale, che va dalla gestione intelligente dei dati sanitari alle soluzioni che supportano il medico nella scelta del trattamento.

Il suo raggio d'azione è molto ampio e le aree in cui l'intelligenza artificiale è correntemente impiegata sono quelle dell'*imaginig*, dell'analisi dei report e dell'analisi genomica come rappresentato in *Figura 10* (R. Hamamoto [2021]) [31].

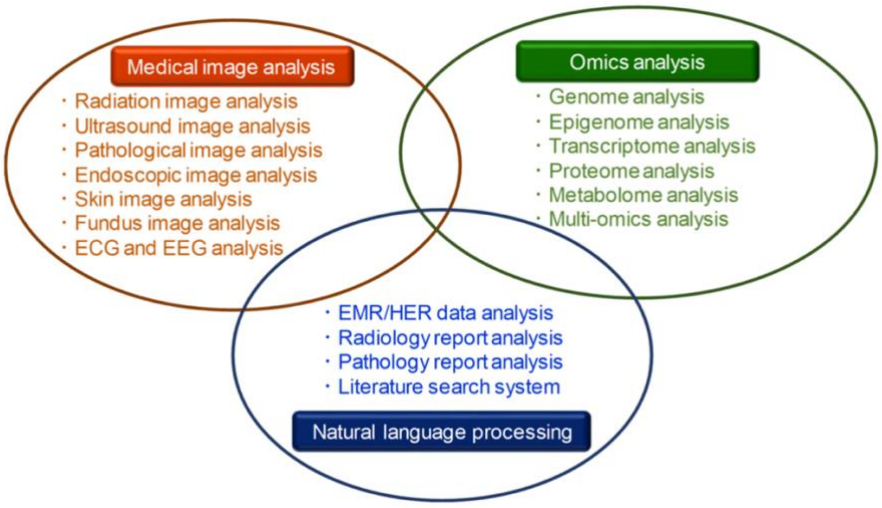

Figura 10: aree di implementazione dell'AI in campo medico

In radiologia, campo solitamente prono ad assorbire l'innovazione, l'aiuto dell'intelligenza artificiale permette, ad esempio, di riconoscere immediatamente esami fuori norma e soprattutto di rilevare l'assenza di problematiche in esami quali TAC, raggi X e risonanza

magnetica in un volume massiccio di esami, fornendo un ottimo aiuto soprattutto negli ospedali in cui il numero di risorse umane è ridotto (Amisha et al. [2019]) [2].

In oncologia, invece, procedure di analisi di risonanze magnetiche attraverso algoritmi di intelligenza artificiale, permettono di identificare le aree tumorali con un'altissima probabilità di successo, cogliendo indizi della malattia anche quando il cancro non è visibile.

c) Sistemi di Imaging

Con il termine *Medical imaging* si indica una serie di tecnologie differenti utilizzate in campo medico per avere un'immagine del corpo umano allo scopo di diagnosticare, monitorare o trattare delle condizioni cliniche (M.A. Flower [2012]) [26].
Le applicazioni più note sono le radiografie- *X-rays plain film* (PF)-, le tomografie computerizzate- *computed tomography* (CT)- e la risonanza magnetica- *magnetic resonance imaging* (MRI).

Tali sistemi sono utilizzati sia per la raccolta di immagini diagnostiche che, in sede operatoria, per gestire gli interventi chirurgici. I campi di applicazione prevalenti sono la neurochirurgia, la cardiochirurgia e l'oncologia. Durante gli interventi generalmente l'immagine è gestita attraverso dei software, diversi a seconda della disciplina e della procedura, che evidenziano in maniera differente i vari tessuti o le aree da trattare secondo il bisogno.
Ad esempio, l'utilizzo di *intraoperative Computed Tomography* (iCT) permette di scansionare le immagini non solo prima dell'intervento, ma anche durante, fornendo un'immagine in tempo reale e permettendo al medico di verificare il successo dell'intervento prima che l'effetto dell'anestesia svanisca (Ashraf et al. [2020]) [4]. Per interventi neurologici l'iCT è utilizzato in sinergia con degli strumenti e dei software che danno origine ad una sorta di sistema di navigazione chirurgico che permette al medico di sapere sempre in maniera esatta, precisa e non deformata dove sta operando e quanto tessuto ha rimosso.

Tutti gli strumenti, i software, gli hardware di *Medical imaging* si appoggiano sul *Picture Archiving and Communication System* (PACS) un sottosistema *dell'Hospital Information System* (HIS) - Sistema informativo ospedaliero. Il PACS permette di trasmettere ad archiviare le immagini elettroniche, allegando eventualmente anche componenti di testo. Trasmissione ed archiviazione devono rifarsi al protocollo DICOM (*Digital Imaging and Communication in*

Medicine) il quale rappresenta lo standard ISO per la trasmissione ed archiviazione di immagini in campo medico.
Il sistema PACS si compone sostanzialmente di quattro elementi:

- La modalità di acquisizione dell'immagine (i.e. PF, CT, MRI, etc.);
- La connessione ad una rete protetta;
- Una postazione di lavoro per l'interpretazione e revisione delle immagini;
- Un archivio digitale per l'archiviazione delle immagini, delle loro interpretazioni e dei dati a loro correlati.

d) Realtà Virtuale

La *mixed reality* (MR) è una tecnologia che si innesta nel campo della realtà virtuale- *virtual reality* (VR)- che permette di creare degli ologrammi digitali. Nello specifico, la MR permette di proiettare oggetti virtuali interattivi su entità reali. Tale caratteristica la rende un applicativo estremamente interessante in campo chirurgico, offrendo al medico la possibilità di riprodurre le operazioni più complesse in un ambiente simulato (Hu et al. 2019) [33].
In campo neurochirurgico, i visori MR sono utilizzati dal chirurgo e dal suo team per discutere l'intervento con completa cognizione dell'effettiva struttura tridimensionale dell'anatomia del paziente. Questo consente di formulare il piano operatorio in maniera più accurata, con una potenziale riduzione dell'effettiva durata dell'operazione del 59% (Fischer [2016]) [25].
Negli ospedali più avanzati, inoltre, si sta affermando l'esoscopio, un sistema che sostituisce il microscopio con un sistema di visione in 3D, rendendo più agevoli e meno invasivi interventi complessi come quelli che coinvolgono il tratto spinale, quelli di rimozione di tumori cerebrali, malformazioni artovenose ed aneurismi (Fiani et al. [2020]) [24].

1.4 Letteratura economica

Come precedentemente analizzato, la Banda Ultra Larga e, più in generale, le *Information and Communication Technologies* sono tradizionalmente riconosciute come GPT in grado di applicarsi ad una pletora di campi differenti e dalle quali si attende un beneficio trasversale e interdisciplinare (cfr. Paragrafo 1.1).
Questa proprietà ne eleva l'utilità e accresce l'interesse in quanto fattori abilitanti per lo sviluppo e per la crescita. D'altro canto, questo rende più complicato identificare il meccanismo con cui esse influiscono in termini effettivi sulla società e gli ambiti di maggior impatto.
Diventa pertanto rilevante comprendere l'effetto che possono avere sull'economia, sui settori industriali, e anche su aspetti salienti della società.

I piani di sviluppo della Banda Larga e Ultra Larga hanno attirato l'attenzione di molti economisti, i quali hanno tentato di valutarne l'effetto in relazione alle misure fondamentali dell'economia, quali crescita, produttività, impiego.

A livello di crescita, le tesi sembrano concordare su un effetto stimolante delle connessioni veloci nei confronti della ricchezza dei paesi.

Czernich et al. nel 2007 hanno valutato la relazione tra penetrazione della Banda Larga in 25 paesi OCSE e la crescita economica degli stessi, identificando un impatto positivo e significativo [16]. L'analisi di tale dinamica presenta un elemento di complicazione fondamentale, comune anche ai lavori successivi: la penetrazione della Banda Larga può essere influenzata anche dal livello di crescita di un paese, creando una fonte di endogenità. Al fine di considerare la potenziale endogenità gli autori sfruttano la metodologia delle variabili strumentali, specificando in prima battuta un modello nel quale le variazioni nella diffusione della banda larga sono fatte dipendere dalla presenza di reti di telecomunicazione precedenti, come quella telefonica e televisiva. In definitiva, la regressione di tipo 2SLS suggerisce che un aumento di 10 punti percentuali nella penetrazione della banda larga porta ad un aumento del PIL pro-capite che oscilla tra 0,9 e 1,5 punti percentuali.

Gruber, Hätönen e Koutroumpis confermano questa ipotesi, differenziando però per diverse velocità di connessione e diversi livelli di penetrazione [28]. Il campione su cui questa operazione è effettuata comprende paesi europei nel periodo 2005-2011.

I benefici sulla crescita potrebbero essere diretti, derivanti dalla costruzione dell'infrastruttura, oppure indiretti e connessi ai vantaggi operativi della rete; inoltre, paesi con crescita maggiore potrebbero essere più propensi a potenziare l'infrastruttura. Per scremare i risultati da questi fattori, gli studiosi utilizzano un modello strutturale con equazioni simultanee (3SLS).
I risultati dell'analisi individuano un impatto positivo che è massimo per i servizi con velocità media (>0,75 Mbps); all'aumentare della velocità, però, i ritorni hanno un andamento decrescente. La seconda parte dell'analisi, evidenza che i benefici derivanti dall'adozione della rete superano i costi per la creazione.

Mentre le opere precedenti prendono in considerazione dati relativi a tecnologia xDSL, Briglauer and Gugler (2018) godono della possibilità di utilizzare dati sulla Banda Ultra Larga in fibra ottica [11]. L'analisi si basa su un panel non bilanciato di dati per il periodo 2003-2015, comprensivo dei 27 stati membri dell'unione europea, e affronta il problema dell'endogenità utilizzando come variabili strumentali gli incentivi all'upgrade nella connessione e l'adozione media della precedente tecnologia.
L'effetto non è massiccio, ma significativo: un aumento dell'1% nell'adozione di connessioni FTTx comporta un aumento dello 0,004-0,005% del PIL.

Tralasciando l'aumento occupazionale comportato da costruzione e manutenzione della rete, gli effetti a livello di impiego possono essere più ampi.
La tematica è indagata da Akerman et al. (2015) [1] indicando che gli effetti sono positivi solo per quei lavoratori che presentano complementarità di *skills* rispetto ai nuovi mezzi tecnologici.
Interessante è la distinzione tra settori proposta da Crandall et al. (2007) per l'occupazione nel contesto statunitense: lo studio rileva un generale aumento dell'occupazione determinato dalla penetrazione della broadband con particolare riguardo per il settore dei servizi, specialmente istruzione e sanità [15].

Se a livello macro i benefici sono dunque comunemente affermati, pur con eterogeneità di impatti, l'impatto a livello di impresa è di interpretazione più complessa.
Uno studio del 2015 di Haller e Lyons focalizzato sulla produttività delle imprese Irlandesi evidenzia una propensione delle imprese più produttive all'adozione di reti a banda larga, ma, viceversa, non può trarre conclusioni sul fatto che vi sia un impatto causale [30].

La Nuova Zelanda, similmente a quanto promosso dall'unione Europea, ha supportato un'iniziativa per la creazione di un'infrastruttura in fibra ottica per rendere l'UBB disponibile all'80% della popolazione entro il 2020. Tale operazione ha dato priorità alla connessione delle scuole e degli ospedali, con termine ultimo il 2015.
Fabling e Grimes (2015), sull'onda di questa iniziativa, hanno valutato l'impatto causale della Banda Ultra Larga sulla produttività delle aziende [23]. Proprio la distanza dalle scuole è utilizzata come variabile strumentale per dipanare l'endogenità.
Il risultato è che l'effetto non può dirsi significativamente diverso da zero ed assume significatività solo in presenza di imprese che investono sulla creazione di una struttura organizzativa che valorizzi il comparto ICT.

L'importanza di valutare gli effetti della rete internet non si limita al campo dell'economia in senso stretto. L'analisi econometrica si estende, invero, anche alle conseguenze che la diffusione della rete può avere su aspetti afferenti a questioni sociopolitiche[7] o attinenti alla sfera della salute e del benessere personale.

Di Billari et. Al (2018) è la riflessione su come l'accesso ad una connessione ad alta velocità possa influire sui pattern del sonno [7]. Lo studio, condotto per gli anni 2008, 2009 e 2011, prende in considerazione da un lato la diffusione della DSL, dall'altro la quantità e la qualità del sonno. I valori sono ricavati per i singoli membri della popolazione tedesca tra 18 e 59 anni, in modo da considerare soltanto la fascia centrale della vita, escludendo periodi come infanzia, adolescenza, età della pensione e vecchiaia che potrebbero presentare dei pattern idiosincratici.
Un modello OLS potrebbe sollevare il problema dell'endogenità, essendo la connessione veloce potenzialmente correlata a determinanti socioeconomiche del sonno. Seguendo, quindi, un'intuizione simile a quella di Chzernich, si utilizzano le variabili strumentali, sfruttando le variazioni dell'infrastruttura telefonica preesistente, particolarmente evidenti in un paese nato della riunificazione delle due Germanie.
I risultati individuano uno scenario per cui la diffusione di connessioni veloci va a detrimento del sonno dei cittadini. L'accesso alla DSL riduce in media, infatti, la durata del sonno di 25 minuti al giorno, provocando inoltre una diminuzione del gradimento del sonno. Questi effetti

[7] Bhuller et al. (2011) indagano la relazione tra la diffusione della Banda Larga e l'aumento dei crimini a sfondo sessuale, Campante et al. (2013) individuano una relazione tra BB e partecipazione politica, mentre svariate indagini sono state condotte sulla relazione tra accesso ad internet veloci ed esiti scolastici (Belo et al. [2014]).

sono tanto più evidenti nella popolazione giovane (18-30 anni) che arriva a perdere più di un'ora al giorno di sonno (70 minuti in media) in presenza di connessione internet.

Billari, Giuntella e Stella (2017) hanno, poi, indagato l'esistenza di un impatto causale tra connessione a Banda Larga e fertilità [8].
Con una struttura simile a quella dello studio sull'impatto causale delle connessioni veloci sul sonno, porta a degli esiti per nulla banali.
L'accesso ad una connessione veloce non ha effetto statisticamente significativo per gli uomini, ma vi è un impatto positivo e significativo per le donne con un livello di istruzione superiore.
Soffermandosi sul nesso causale tra xDSL e mondo del lavoro solo per quest'ultima categoria, si rileva che la variabile DSL è correlata positivamente con la possibilità di svolgere telelavoro o lavoro part-time e negativamente con le ore lavorate.
In virtù di questo, gli studiosi ipotizzano che la connessione internet permetta alle donne con un livello di istruzione superiore, di conciliare maggiormente carriera e maternità. Allo stesso tempo maggiore accesso alle informazioni su costi e rischi di una gravidanza in età adolescenziale, potrebbe essere la causa dell'effetto negativo verificato per ragazze tra i 18 e 25 anni.

Il legame tra Banda Larga e benessere psicologico dei giovani è l'oggetto del lavoro di McDool, Powell, Roberts e Taylor (2020) [36]. I dati provengono dall'autorità per le telecomunicazioni britannica e da una serie di 6 questionari, posti alla popolazione tra il 2009 e il 2018, che includono le risposte di ragazzi tra i 10 e i 15 circa alcuni aspetti della propria percezione e del proprio stato mentale.
Il modello è una regressione lineare con effetti fissi che, secondo gli autori, sono in grado di cogliere l'effetto delle possibili fonti di endogenità. Un aumento dell'1% della velocità della Banda Larga nel distretto in cui i ragazzi vivono produce una riduzione della serenità relativa a tutti gli ambiti su cui sono posti quesiti (scuola, aspetto, famiglia, amici, vita) dello 0,5-0,8%.
Suddividendo per sottogruppi, si identifica una relazione significativamente negativa tra velocità della banda e soddisfazione delle ragazze, soprattutto per il campo dell'apparenza fisica.
I più colpiti, a livello di età, sembrano essere i ragazzi al di sopra dei 13 anni: un incremento dell'1% della velocità di internet impatta in maniera significativa, portando una riduzione della felicità dello 0,6-0,7%.

Per quanto riguarda l'ambito strettamente ospedaliero, gli studi econometrici si concentrano più sul generale impatto dei sistemi ICT sulla salute, che sul mero accesso alla rete.

Lee, McCullough e Town nel 2012 si sono proposti di indagare impatto delle *Health Information Technologies* (HIT) sulla produttività degli ospedali americani la cui efficienza è tradizionalmente bassa [34].
L'analisi è svolta sul sistema ospedaliero californiano con dati estratti per il periodo 1997-2007, durante il quale si stava materializzando una rapida diffusione dei sistemi di HIT. I dati sono disponibili per 309 ospedali californiani e riportano anche informazioni sulla situazione finanziaria, le caratteristiche dell'ospedale (i.e. dimensione e proprietà) e un approfondimento sulle specifiche tecnologie IT adottate dall'ospedale
Alla base dell'analisi la Cobb-Douglas degli ospedali:

$$y_{it} = \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + d_l l_{it}^c + d_k k_{it}^c + \epsilon_{it}$$

Il valore aggiunto risulta funzione di quattro input produttivi- lavoro, capitale, lavoro dell'area IT e il capitale investito in HIT- e del termine di produttività multifattore.
Per affrontare il problema dell'endogenità sono proposte più tecniche di regressione, oltre alle stime OLS e FE, tra cui *dynamic panel data* DPD, ACF, OP ed LP.
Lee, McCullough e Town sottolineano che il ritorno marginale degli input IT è alto (*Tabella 1*) e il prodotto marginale mediano nel lungo periodo, secondo i loro calcoli, è di 1,04$ per il capitale HIT e di 0,73$ per il lavoro dell'area IT. Questo suggerisce che un'adozione diffusa potrebbe portare ad un forte aumento della produttività.
Tuttavia, il contributo al valore aggiunto in termini assoluti è modesto, in quanto le HIT rappresentano una quota bassa del totale degli input.

Variable	OLS (1)	FE (2)	DPD (3)	ACF (4)	OP (5)	LP (6)
Labor, l_t	.790**	.588**	.781**	.775**	.901**	.847**
	(.028)	(.070)	(.046)	(.028)	(.019)	(.024)
Capital, k_t	.096**	.0862**	.140**	.182**	.179**	.125**
	(.014)	(.014)	(.029)	(.025)	(.051)	(.036)
IT Labor, l_t^c	.012**	.011**	.028**	.009**	.004	.003
	(.003)	(.002)	(.007)	(.003)	(.004)	(.004)
IT Capital, k_t^c	.028**	.026**	.045**	.033**	.038**	.033**
	(.003)	(.004)	(.009)	(.005)	(.005)	(.005)
ρ	.799**	.555**	.664**	–	–	–
	(.028)	(.034)	(.046)			
ComFac	.000	.000	.218	–	–	–
No of Obs.	2,904	2,904	2,904	3,392	3,392	3,392
No of Hosp.	264	264	264	309	309	309

Note: FE is fixed-effects; DPD is dynamic panel data (Blundell/Bond); ACF is Ackerberg/Caves/Frazier; OP is Olley/Pakes and LP is Levinsohn/Petrin.
Standard errors are in parentheses.
$* : p < 0.05, ** : p < 0.01$

Tabella 1: Stime dei Parametri della funzione di produzione

McCullough, Parente e Town hanno fornito un nuovo contributo alla letteratura con uno studio del 2016 che si focalizza, però, non tanto sui ritorni, quanto sull'impatto che l'adozione di strumenti di *Health Information Technology* può avere sul decorso di diverse patologie [35].
Lo studio comprende informazioni relative all'adozione di strumenti di health IT come il fascicolo sanitario elettronico (EMR) e i software di gestione dei pazienti (CPOE), dettagli organizzativi e di localizzazione e dati estratti dai documenti di dimissione, comprensivi di informazioni anagrafiche e demografiche.
I pazienti in analisi sono stati osservati nel periodo 2002-2007 e sono stati colpiti da una delle quattro patologie con la più alta mortalità negli USA - infarto acuto miocardico (AMI), insufficienza cardiaca (CHF), aterosclerosi coronarica (CA) e polmonite (PN). Si distingue inoltre per la componente di infartati più gravi per cui è coinvolto il tratto transmurale (STEMI).

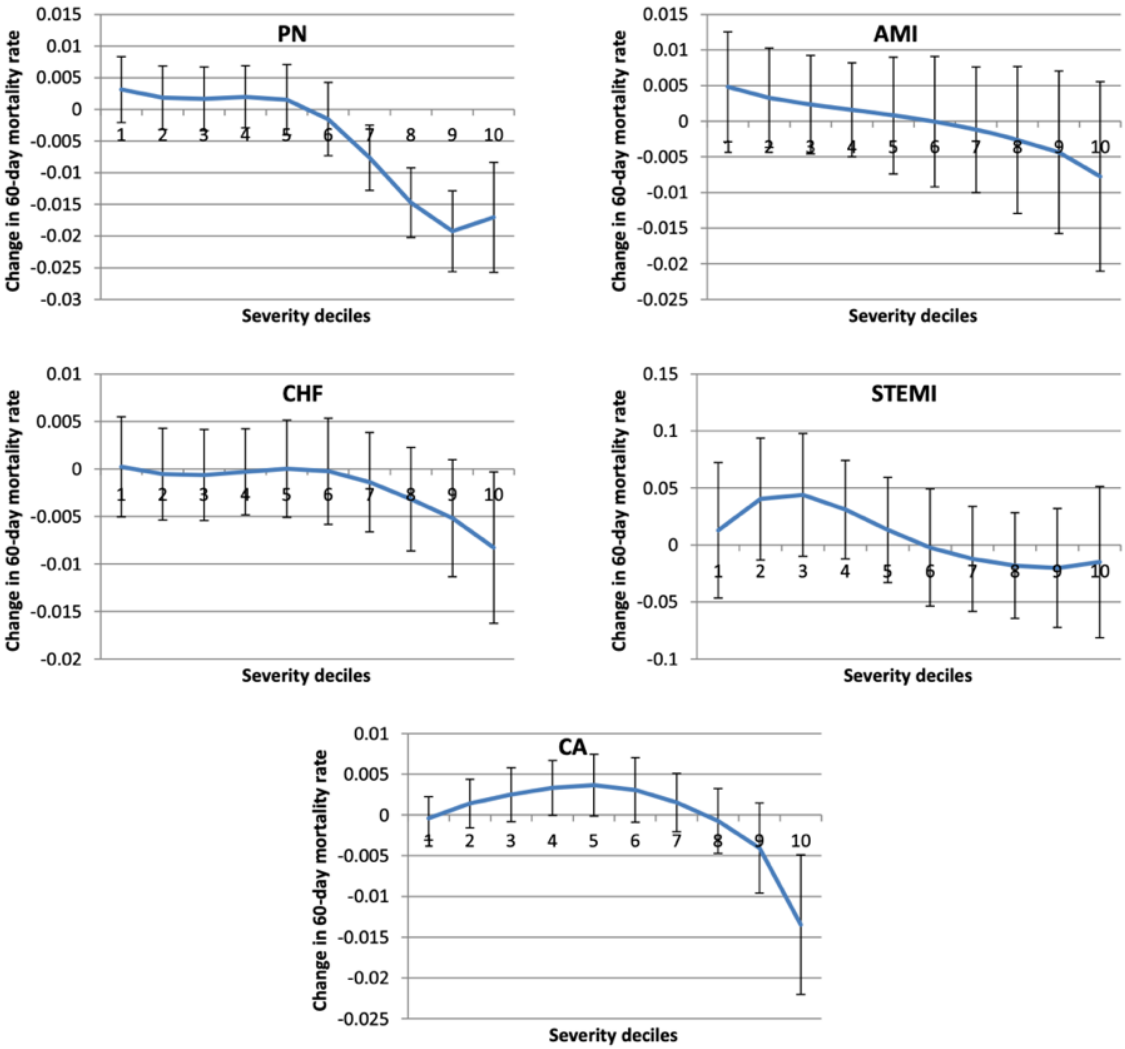

Figura 11

Lo studio tenta di stimare l'impatto dell'adozione delle IT sull'esito della cura del paziente differenziando per diagnosi e per gravità della condizione. I parametri considerati sono mortalità a 60 giorni dal ricovero, riammissione ospedaliera entro 30 giorni dalle dimissioni e lunghezza del ricovero.

Essi utilizzano un diff-in-diff evidenziando tuttavia che le fonti di endogenità che potrebbero portare ad una distorsione nella stima dei parametri sono molteplici: la decisione di adottare la tecnologia potrebbe dipendere da precedenti risultati della cura dei pazienti o l'introduzione degli HIT potrebbe fare parte di un percorso più ampio di miglioramento della qualità o ancora l'adozione della IT potrebbe intervenire sulla distribuzione della gravità dei casi trattati.

I risultati della specificazione base non sono significativi ed in ogni caso prossimi allo zero. Delle informazioni di maggior rilievo derivano se si scompongono i vari livelli di gravità.

Come illustrato dai grafici (*Figura 11*) le HIT non producono benefici misurabili per pazienti relativamente sani, ma riducono significativamente la mortalità per i pazienti gravi con polmonite, insufficienza cardiaca e aterosclerosi coronarica. Inoltre, tenendo in considerazione la relazione tra IT, la gestione delle informazioni cliniche complesse e il coordinamento di reparto, gli studiosi ottengono che, negli ospedali dotati di HIT, per i pazienti colpiti da polmonite la mortalità associata al coordinamento clinico si riduce dell'8,8% e quella associata con la gestione delle informazioni cala dell'11%.
Nel complesso, risultati evidenziano che l'adozione di IT riduce la mortalità per i pazienti con diagnosi più complesse, ma non ha impatto sul paziente medio: i benefici infatti sono dati soprattutto per coloro i quali necessitano di cure che richiedono coordinamento tra più reparti e specialità.

Particolare rilevanza sotto molteplici punti di vista, la assume lo studio di Arvantis e Loukis pubblicato nel 2016 che indaga il sistema di relazioni che si innesta tra ICT, innovazione e performance ospedaliera [3].
Si presenta come uno studio unico nel suo genere perché, come confermano gli autori, la letteratura econometrica circa innovazioni tecnologico-cliniche negli ospedali è poco nutrita per due motivi fondamentali:

I. Risulta complicato a livello concettuale applicare la definizione di innovazione al campo delle ICT: l'innovazione, infatti, colpisce anzitutto gli strumenti e i prodotti di cui gli ospedali si servono e solo in un secondo momento si insinua all'interno delle pratiche operative in maniera tale che l'identificazione dell'innovazione risulta assai ardua.
II. I dati sull'innovazione negli ospedali sono scarsi e parziali.

Inoltre, quello di Arvantis e Loukis è il primo studio comprensivo per gli ospedali europei, con dati provenienti da 743 ospedali in 18 paesi europei, provenienti da questionari sull'e-business redatti dall'Unione Europea.
Nondimeno esso ha l'interessante proprietà di non considerare solo uno o due specifici strumenti ICT come proxy del livello di adozione, ma di considerare un insieme più ampio, composto da 12 applicazioni.
Le ipotesi di ricerca sono le seguenti

I. L'ICT ha un impatto positivo sull'innovazione di processo negli ospedali, soprattutto grazie allo scambio, l'accumulo, la combinazione e la trasmissione in

rete di dati e conoscenze che può avvenire tra diverse organizzazioni, sia nella stessa disciplina, che in discipline diverse;

II. L'ICT ha un impatto positivo sull'innovazione di prodotto negli ospedali;

III. L'innovazione ha un impatto positivo sulle performance ospedaliere che derivano dall'uso delle ICT.

Lo studio indica come misure delle performance ospedaliere quelle relative alla qualità del trattamento dei pazienti (e.g. indicatori di mortalità, casi di complicazioni post-dimissione) o di efficienza dei processi ospedalieri (basate sul numero dei pazienti, sulla durata della degenza, etc.) fornendo un buon orientamento per la scelta delle variabili dipendenti nello studio oggetto di questa dissertazione.

Si utilizzano quindi due modelli di regressione, uno che testi gli effetti sull'innovazione e uno che indaghi gli effetti sulle performance; la metodologia usata è quella della stima probit.

Per l'innovazione le variabili dipendenti sono innovazione di prodotto e di processo, mentre le stime sulle performance utilizzano tre misure di performance (crescita dei ricavi, efficienza e qualità). Come controllo sono sfruttate una serie di caratteristiche specifiche del singolo ospedale.

Ciò che ne risulta è che gli investimenti per estendere l'infrastruttura ICT a livello di hardware, software e reti producono un effetto significativamente positivo sulla propensione all'innovazione di prodotto e processo.

Inoltre, dalle equazioni di performance emerge che la crescita dei ricavi derivante dall'utilizzo di strumenti ICT è correlata positivamente sia all'innovazione di prodotto che di processo: questo indica che la crescita generata dalle applicazioni ICT potrebbe essere rafforzata ulteriormente dall'introduzione di nuovi servizi supportati dall'ICT. L'efficienza e la qualità invece sono impattate in maniera significativa e positiva dalla sola innovazione di processo.

A livello generale, l'utilizzo di un sito internet ospedaliero è un elemento che aumenta in maniera significativa tutte e tre le variabili di performance.

Lo studio conclude con una visione positiva circa la possibile influenza sugli ospedali europei di soluzioni abilitate dal progresso delle telecomunicazioni.

Un filone piuttosto ampio della letteratura econometrica, approfondito però unicamente da studiosi americani, si concentra sull'effetto della condivisione e dell'aggregazione delle informazioni del paziente attraverso il fascicolo sanitario elettronico su vari output sanitari. Questa risorsa, che non si applica ad uno specifico reparto o ad uno specifico trattamento, è vista come uno dei possibili fari per il miglioramento sostanziale della sanità e del benessere

dei cittadini. Come già precedentemente citato, esso viene esplicitamente indicato dalla Strategia Europea per la Digitalizzazione, dalla Strategia Italiana per l'eHealth, come un elemento di svolta per il miglioramento dell'operatività degli ospedali, della collaborazione tra strutture e dell'accessibilità a cure *evidence-based*.

Miller e Tucker (2011) sono portate a chiedersi se l'utilizzo *dell'Electronic Medical Record* (EMR) possa aiutare a ridurre l'alto tasso di morti neonatali negli Stati Uniti [37]. Per fare ciò utilizzano un set di dati che si compone del registro delle nascite e delle morti infantili per l'intero paese e dei dati nazionali sull'adozione di fascicoli sanitari elettronici, costruendo un panel che considera un periodo di 12 anni.
Ne risulta, in prima battuta, una relazione negativa e significativa tra la proporzione di ospedali che adottano l'EMR pesata per il numero delle nascite e il tasso di morti neonatali; in particolare il tasso di morti neonatali si ridurrebbe di 16 morti ogni 100000 nascite in loco di un aumento del 10% del semplice utilizzo del fascicolo digitale. Tale calo è ancora maggiore se si associa l'adozione con l'uso di tecnologie specifiche nell'ambito ginecologia-ostetricia: per un aumento del 10% nel numero di ospedali che sfruttano la combinazione vi sarebbero 40 morti in meno ogni 100000 nati vivi.
Scomponendo le morti per le relative cause, inoltre, si individua un declino sostanziale delle morti dovute a parti prematuri o a complicazioni nel parto.
Tali risultati sono ottenuti da regressioni che, pur utilizzando un ricco set di controlli e di effetti fissi, non esclude il rischio di incappare in endogenità: è più probabile, ad esempio, che maggiori investimenti siano affrontati in ospedali specializzati su casi ad alto rischio i quali, per un fattore naturale, avranno risultati meno positivi.
Per superare i problemi di endogenità, Miller e Tucker utilizzano le variabili strumentali. Lo strumento sono le leggi statali sulla privacy che restringono le possibilità sullo scambio dei dati contenuti nell'EMR, riducendo di conseguenza anche l'attrattività delle HIT. L'effetto, controllando l'endogenità, evidenzia che i risultati originali sono stati sottostimati.
In definitiva, le evidenze che derivano da tale studio sono positive; a livello di analisi costo beneficio le studiose calcolano un costo per ogni vita salvata di 531 $.

L'utilizzo di fascicoli sanitari elettronici negli USA è oggetto dello studio di Hitt e Tambe (2016) che ne valutano l'importanza nel settore geriatrico [32].

I dati fanno riferimento al 2013 e per 304 case di ricovero e cura dello stato di New York raccolgono informazioni circa l'organizzazione del lavoro delle strutture, la loro situazione finanziaria, misure di qualità (condizioni di salute, numero di reclami) e, infine, adozione di EMR.

Hitt e Tambe attraverso un diff-in-diff valutano l'effetto su quattro parametri: produttività, costi, efficienza e qualità.

Secondo le loro valutazioni l'implementazione di un sistema EMR aumenta dell'1% la produttività, del 3% l'efficienza, ma porta anche a costi del 2,7% maggiori. Le strutture con una maggior livello di organizzazione del lavoro e che adottano pratiche che incoraggiano la collaborazione, il *decision making* e il *problem solving* non hanno impatto sui costi ed hanno un aumento supplementare della produttività dell'1,5%. Non vi è invece evidenza di un impatto significativo sulla qualità della cura.

Wani e Malhotra (2018) non si soffermano soltanto sull'adozione del fascicolo sanitario elettronico e differenziano, invece, per il livello con cui le strutture si affidano a questo sistema [45].

La distinzione restituisce tre gruppi di ospedali: quelli che utilizzano i fascicoli, ma con funzioni limitate (*partial adopters*), quelli che ne adottano tutti i casi d'uso (*full adopters*) e gli ospedali che utilizzano degli EHR che godono di completezza e qualità certificate (*meaningful assimilator)*.

I dati sono relativi al periodo 2010-2013 e la variabile dipendente indagata è la lunghezza della degenza (LOS).

Il presupposto è che l'utilizzo degli EHR abbia due possibili effetti:

I. Aiutare i professionisti ad essere più produttivi, riducendo gli errori nella diagnosi e nel trattamento, e diminuendo la probabilità di eventi avversi; questo ridurrebbe la lunghezza della degenza.
II. Aumentare il numero di esami da svolgere aumentando il tempo trascorso in ospedale.

Per avere una comprensione più approfondita degli effetti, Wani e Malhotra operano una segmentazione dei pazienti in base a tre dimensioni fondamentali: complessità della malattia (*disease-complexity*), multimorbilità (*comorbidity-complexity)*, complessità nel coordinamento delle risorse (*disease-complexity*).

Gli autori si pongono due ipotesi:

I. Ipotesi 1: i *meaningful assimilator* offrono ai loro pazienti un LOS inferiore a quello delle altre due categorie

II. Ipotesi 2:
   a. I *meaningful assimilator* hanno una riduzione del LOS maggiore per i pazienti con alto *disease-complexity.*
   b. I *meaningful assimilator* hanno una riduzione del LOS maggiore per i pazienti con alto *comorbidity-complexity.*
   c. I *meaningful assimilator* hanno una riduzione del LOS maggiore per i pazienti con alto *coordination-complexity.*

La strategia adottata è quella del difference-in-difference con gruppi multipli e anni multipli. Dal momento che l'acquisizione della certificazione di *meaningful assimilator* permette agli ospedali degli incentivi statali, che diminuiscono se la stessa tarda ad arrivare, si crea un problema di autoselezione circa la decisione di conseguire l'attestazione. Per risolvere tale problema di endogenità viene usato un modello a due fasi (*two-stage treatment-effects model*). La specificazione base è:

$$LOS_{ijt} = \alpha_1 EHR_{afht} + \alpha_2 EHR_{fpht} + \alpha_3 EHR_{afht} * Complexity + \alpha_4 EHR_{afht} * Complexity + \beta_1 X_{ijt} + \beta_2 Y_{jt} + \alpha_j + \tau_t + \varepsilon_{ijt}$$

LOS_{ijt} è la lunghezza della degenza per il paziente i, ricoverato nell'ospedale j al tempo t; α_1 misura la differenza di LOS tra ospedali *full adopters* e *meaningful assimilators*; α_2 misura la differenza di LOS per ospedali *partial adopters* contro *full adopters*; $Complexity$ è il peso relativo ad uno dei tre tipi di complessità, X_{ijt} rappresenta caratteristiche specifiche del paziente e Y_{jt} caratteristiche dell'ospedale.

I *meaningful assimilator* mostrano una durata della degenza inferiore ai *full adopters*, mentre non è significativa la differenza tra questi ultimi e i *partial adopters*: questo indica che la semplice introduzione dell'innovazione non mostra risultati significativi e solo un sistema avanzato comporta benefici per la struttura.

L'uso avanzato degli EHR non ha impatto al crescere della complessità della malattia, ma permette una riduzione aggiuntiva del tempo di degenza se vi è maggior complessità organizzativa o compresenza di più malattie. Ciò appare ragionevole se si pensa che l'EHR è pensato per rendere disponibile a qualsiasi professionista che vi si interfacci un ampio range di informazioni sul paziente, fornendogli delle basi per indirizzare il proprio operato e

semplificando il coordinamento con i colleghi. Nondimeno, l'utilità dell'EHR può aumentare per i pazienti con più patologie, fornendo ai medici il quadro completo sul suo stato di salute e rendendo disponibili informazioni che altresì potrebbero essere omesse.

Capitolo II

L'analisi econometrica vera e propria, per chiarezza espositiva e a beneficio del lettore, viene fatta precedere da uno studio descrittivo dei dati.

Lo studio è effettuato per gli anni 2010-2018 su un dataset che combina i dati relativi alla diffusione della Banda Ultra Larga con quelli relativi alle performance delle strutture ospedaliere italiane a livello di reparto. Inoltre, i dati sono stati corredati dalle demografiche comunali, da geostatistiche e dall'aggancio con i sistemi territoriali del lavoro.

La porzione di dati relativi alla Banda Ultra Larga definisce la presenza o meno di copertura a banda larga, nelle due conformazioni presenti in Italia (FTTC ed FTTH), a livello comunale.

Il dataset sulle strutture ospedaliere e le loro performance, invece, facente parte della banca dati del Servizio Sanitario Nazionale e gentilmente concesso dal Ministero della Salute, contiene i dati di struttura e di attività delle strutture di ricovero pubbliche a livello di singolo reparto. Sono altresì noti per ogni reparto:

- i posti letto per funzione ed utilizzo (posti letto totali, posti letto in day hospital, posti letto per day surgery, posti letto utilizzati);
- i dimessi e la loro composizione (dimessi totali, dimessi chirurgici, dimessi in 1 giorno);
- l'attività chirurgica del reparto (interventi e dimessi);
- la capacità annua e il suo utilizzo (giornate disponibili, giornate di degenza, giornate di degenza preoperatorie);
- la durata media delle degenze (durata media ordinaria, durata media preoperatoria);
- l'indice di *case-mix* (ICM)[8];
- Indice di entropia[9].

[8] L'indice di case mix è definito come rapporto fra il peso medio del ricovero di un dato reparto ed il peso medio del ricovero nella casistica standard nazionale; è indice della produttività dell'ospedale, ma anche del suo livello di specializzazione; esso assume valori maggiori di 1 se la casistica trattata è più complessa dello standard.
[9] Si tratta di un indice assoluto elaborato dal Ministero della Salute che misura l'eterogeneità della ripartizione dei dimessi nei vari gruppi di diagnosi.

Inoltre, per ogni struttura sono disponibili dati anagrafici (localizzazione, ordinamento e tipologia), l'ICM a livello di struttura, l'indice di entropia di struttura e il tasso di utilizzo medio.

2.1 Statistiche descrittive: l'UBB

Il dataset comprende circa 500 comuni sede di un'azienda ospedaliera, universitaria e non, un'unità sanitaria locale o un IRCCS.
Per tali comuni si possono osservare i seguenti dati relativi alla diffusione ovvero alla percentuale di questi nei quali è presente infrastruttura FTTx. Attraverso il collegamento con le demografiche, inoltre, si può osservare la percentuale di popolazione per cui la fibra è disponibile.

Dai grafici si intuisce chiaramente come la tecnologia *Fiber-to-the-house,* presente a partire dal 2017 in conseguenza all'entrata sul mercato di Open Fiber, rappresenti ancora una quota di minoranza rispetto al totale delle connessioni a Banda Ultra Larga.

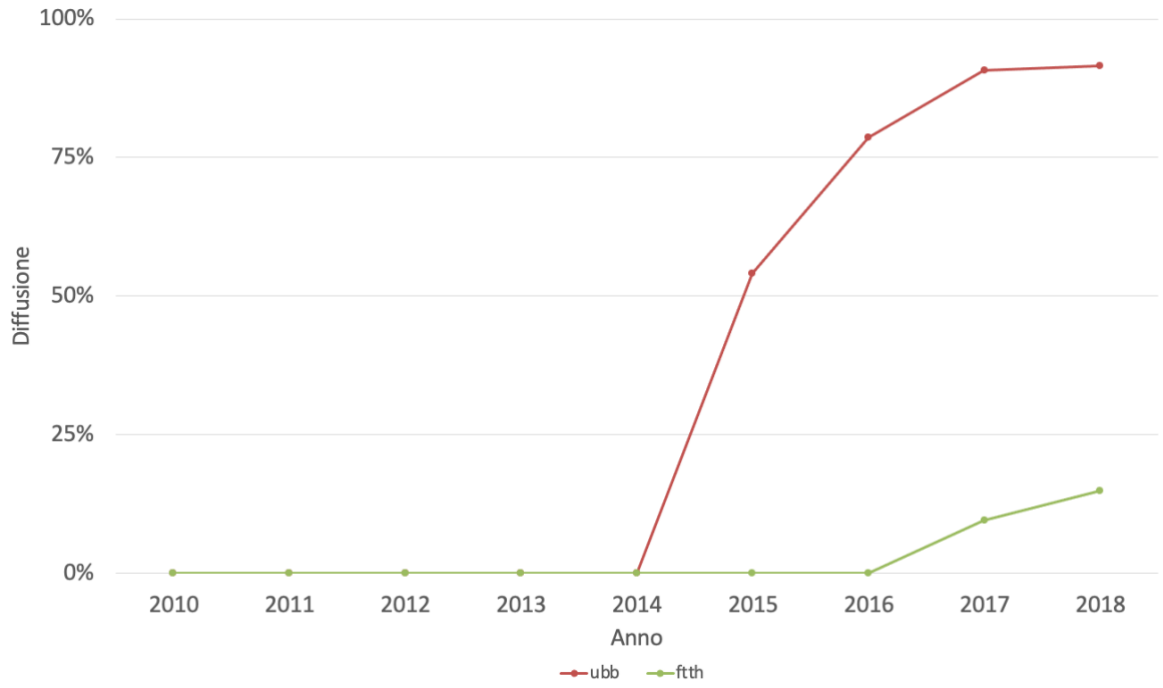

Figura 12: percentuale dei comuni del campione raggiunti da reti in fibra

Come mostrano la *Figura 12* e *la Figura 13*, nel 2015, anno di inizio dell'attuazione della Strategia Banda Ultra Larga, già più del 50% dei comuni con ospedali risultava coperto da linee veloci, con una quota di popolazione che raggiungeva quasi il 70%. Pur essendo tale dataset limitato ai comuni in cui sia presente un ospedale, questo comunque evidenzia come gli investimenti si siano concentrati prioritariamente sulle aree urbane o comunque con densità di popolazione medio alta.

Coerentemente, l'introduzione, inizialmente massiccia, ha avuto un andamento che si è andato ad appiattire di anno in anno, sia per i comuni che, in maniera ancor più evidente, per la popolazione.

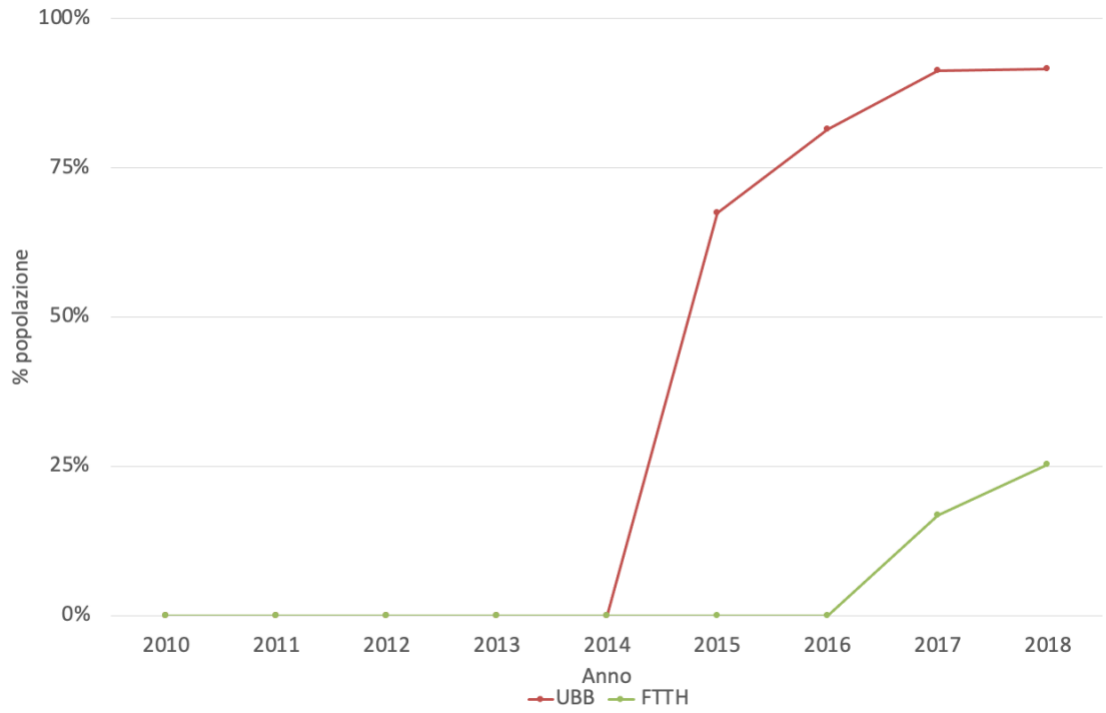

Figura 13: percentuale della popolazione nel campione con accesso alle reti in fibra

Il fatto che i dati siano relativi soltanto a 500 dei 7000 comuni italiani non permette di estendere le considerazioni all'evoluzione della diffusione della Banda Ultra Larga a livello generale per tutto il paese, ma delinea il quadro esclusivamente per i territori di riferimento in questo studio.

2.2 Statistiche descrittive: le strutture ospedaliere italiane

Una struttura ospedaliera è un sistema estremamente complesso di competenze, relazioni, operazioni ed infrastrutture finalizzate alla cura del paziente e pertanto proporre una sintesi della sua operatività è questione indubbiamente delicata.
Per rendere attuabile l'analisi economico-gestionale, si propone uno schema di rappresentazione del sistema a due facce sulla base delle quali si modellerà il seguente sotto capitolo.
In primis, si presentano gli input del sistema ovvero la capacità degli ospedali, rappresentata dal numero di giornate disponibili.
In seconda battuta, si dettagliano le statistiche descrittive per gli output del sistema di cura ospedaliera. Tali output rappresentano degli indicatori di efficienza dei processi ospedalieri e si prestano pertanto ad essere inserite nell'analisi econometrica in vece di misure di performance, come indicato da Arvantis e Loukis (2016) [3]. In particolare, gli indicatori individuati, presentati e descritti in maggiore dettaglio nei seguenti paragrafi, sono:

- Tasso di utilizzo;
- Tasso di utilizzo preoperatorio;
- Tasso di degenze della durata di un giorno;
- Durata media della degenza;
- Durata media della degenza preoperatoria.

I dati sono scomposti secondo il criterio temporale, territoriale ed in base alla disciplina.
Essendo la rosa delle discipline piuttosto ampia si escludono le discipline per le quali il numero di casi trattati e osservati è esiguo.

Inoltre, per dati riguardanti l'area operatoria e preoperatoria, si restringe ulteriormente il campo dei reparti, indicando l'operazione con la dicitura "reparti scelti". Rimangono inclusi i seguenti:

- Cardiochirurgia;
- Cardiochirurgia pediatrica;
- Cardiologia;
- Chirurgia generale;
- Chirurgia maxillo facciale;

- Chirurgia pediatrica;
- Chirurgia plastica;
- Chirurgia toracica;
- Chirurgia vascolare;
- Day surgery;
- Nefrologia;
- Neurochirurgia;
- Neurochirurgia pediatrica;
- Oculistica;
- Odontoiatria e stomatologia;
- Oncologia;
- Ortopedia e traumatologia;
- Ostetricia e ginecologia;
- Terapia intensiva;
- Terapia intensiva neonatale;
- Unità coronarica.

2.2.1 Capacità ospedaliera

La capacità ospedaliera e il suo utilizzo sono rappresentati da:

- giornate disponibili: è il prodotto tra il numero di posti letto e il numero di giorni in cui tale reparto è operativo (generalmente 365 giorni/anno);
- giornate di degenza: indica per quanti giorni ogni letto è stato occupato da pazienti;
- giornate di degenza preoperatoria: indica per quanti giorni ogni letto è stato occupato da pazienti che fossero destinati ad affrontare una seduta operatoria.

Dal grafico (*Figura 14*) si intuisce un calo generale della disponibilità di giornate e quindi della capacità degli ospedali. Questo non sorprende in quanto le linee guida ministeriali dai primi 2000 in poi, in linea con le direttive europee, hanno indirizzato i nosocomi verso la riduzione della capacità a fronte di un disegno di ottimizzazione del settore ospedaliero, imponendo un passaggio nella dotazione da 4,5 posti letto ogni 1000 abitanti nel 2005 a 3,7 posti letto ogni 1000 abitanti nel 2007.

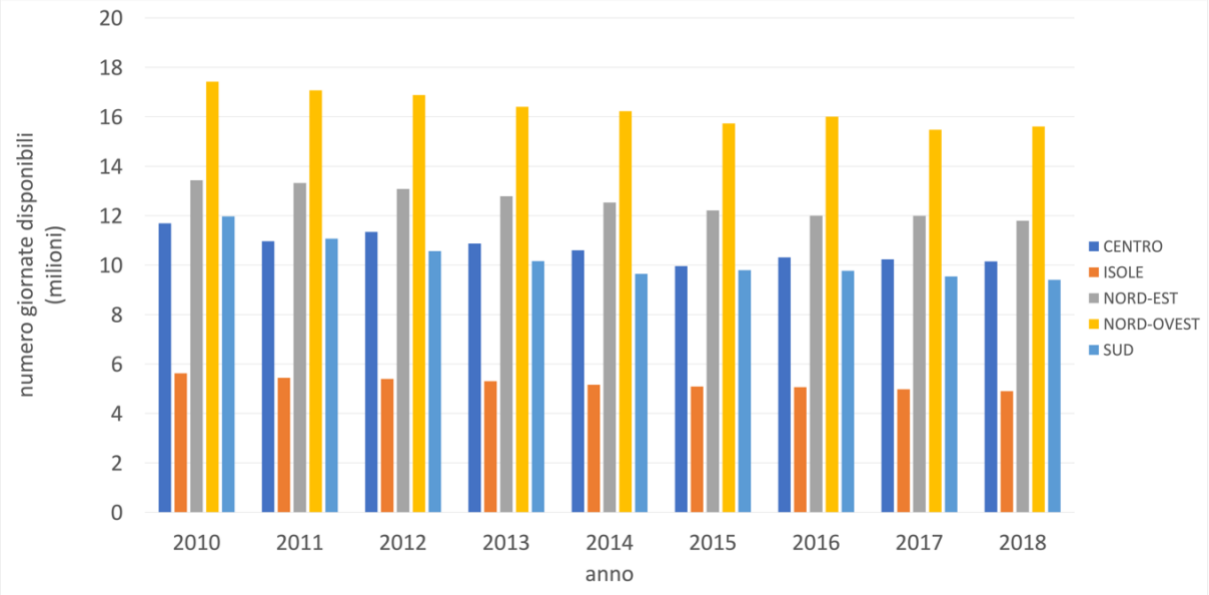

Figura 14: numero di giornate disponibili per ripartizione di territorio

In senso assoluto, le regioni in cui la capacità ospedaliera risulta più espansa sono quelle del Nord-Ovest che godono complessivamente di un numero di giornate disponibili che, nel periodo in analisi, varia tra i 17 milioni circa e poco meno di 16 milioni. Seguono Nord-Est (tra 14 milioni e 12 milioni di giornate disponibili), Centro e Sud (tra 12milioni e 10 milioni). Il dettaglio dei dati illustra che il numero di ospedali presenti nel Nord-Ovest è pressappoco confrontabile con quelli del Centro e del Sud, mentre il Nord-est ha un numero di ospedali discretamente più basso; questo porta a dedurre che la differenza di capacità sia da attribuire ad una maggiore dimensione degli ospedali del Nord, piuttosto che ad una maggiore presenza di strutture di cura.

Le cifre (*Figura 15*) dei ricoveri sono comprese tra i 4 milioni di giornate per il Sud e i 14 milioni di giornate registrate nel Nord-Ovest nel 2010. L'istogramma illustra una diminuzione dell'occupazione che va di pari passo con la riduzione della capacità perlomeno fino al 2014, per poi appiattarsi negli anni dal 2010 al 2018. Escluse da questa tendenza sono soltanto le Isole, per le quali le giornate effettive di degenza assumono valori attorno ai 4 milioni per tutta la durata dell'analisi.

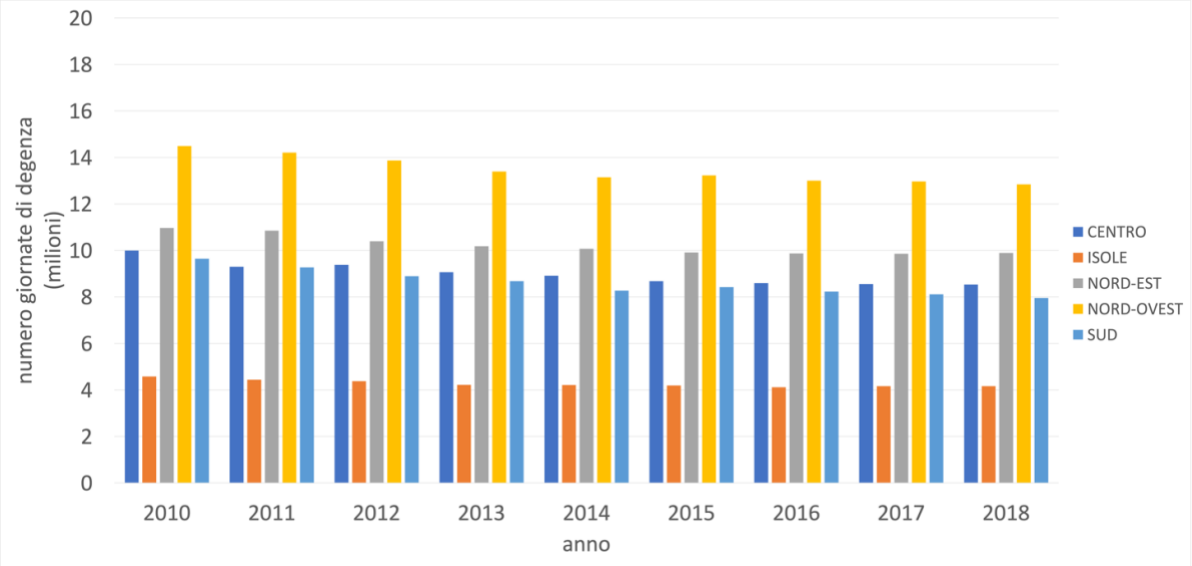

Figura 15: numero di giornate di degenza ordinaria per ripartizione di territorio

La porzione di capacità dedicata al periodo preoperatorio (*Figura 16*) è dell'ordine del milione (da 1 milione di giornate a circa poco più di 2,5 milioni). La degenza preoperatoria ha degli assetti che ricalcano la disponibilità ospedaliera e le degenze ordinarie, con la differenza che, negli ultimi due anni di analisi vi è un salto verso l'alto delle giornate dedicate ai pazienti che devono affrontare sessioni chirurgiche. Le altre ripartizioni, invece, mostrano un calo generalizzato ed isolato per l'anno 2017.

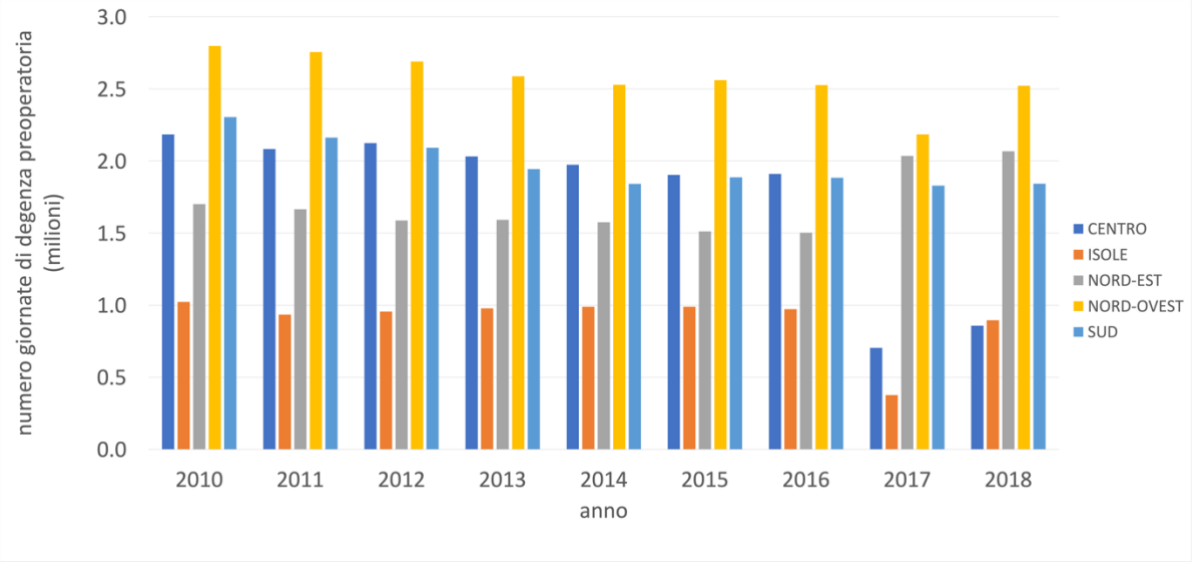

Figura 16: numero di giornate di degenza preoperatoria per ripartizione di territorio

Se si valuta il numero complessivo di interventi (*Figura 17*), rimasto pressappoco costante negli anni, ad eccezione di un picco nel biennio 2017-2018 nel Nord-Est, si può assumere che la diminuzione delle giornate di degenza preoperatoria sia da attribuire non tanto ad una diminuzione delle operazioni, quanto ad una maggiore efficienza e rotazione dei pazienti chirurgici.

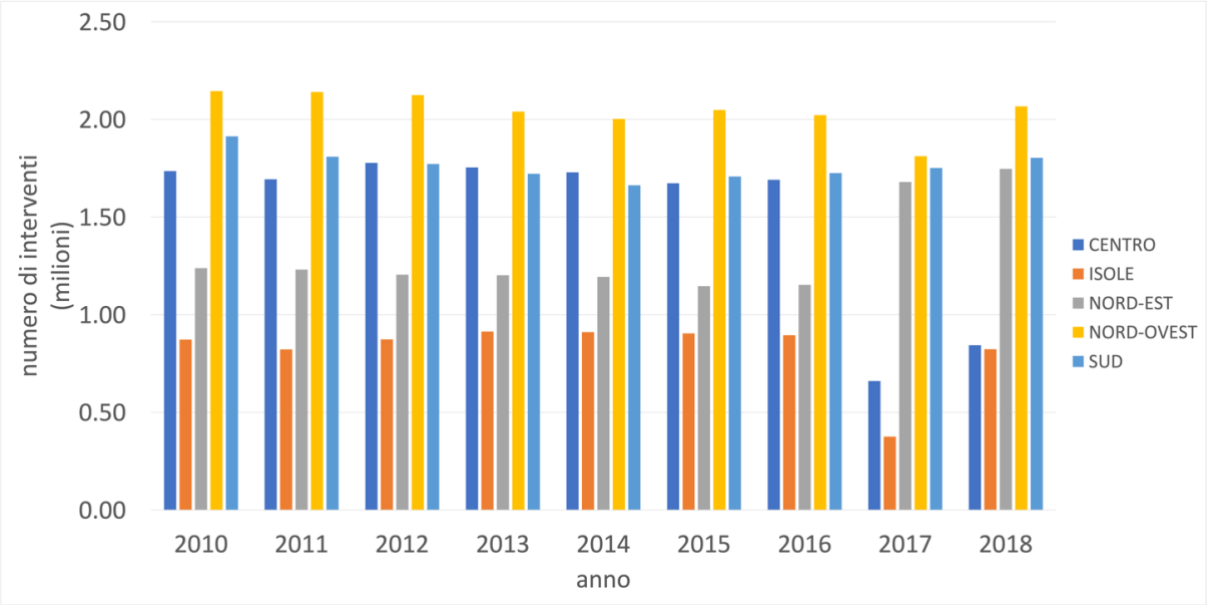

Figura 17: numero di interventi chirurgici (2010-2018)

A livello di composizione delle giornate disponibili attribuite alle varie discipline (*Figura 18*), i reparti che si occupano di settori più generalisti hanno una capacità superiore, come è presto intuibile dall'istogramma. Il 50% della capacità è attribuito alle sole prime cinque discipline (medicina generale, chirurgia generale, ortopedia e traumatologia, ginecologia e ostetricia, cardiologia), con le giornate disponibili per medicina generale che toccano i 9 milioni.
Tale ripartizione è tarata sugli effettivi fabbisogni dei reparti, che infatti mostrano un utilizzo sia ordinario che preoperatorio del tutto raffrontabile.

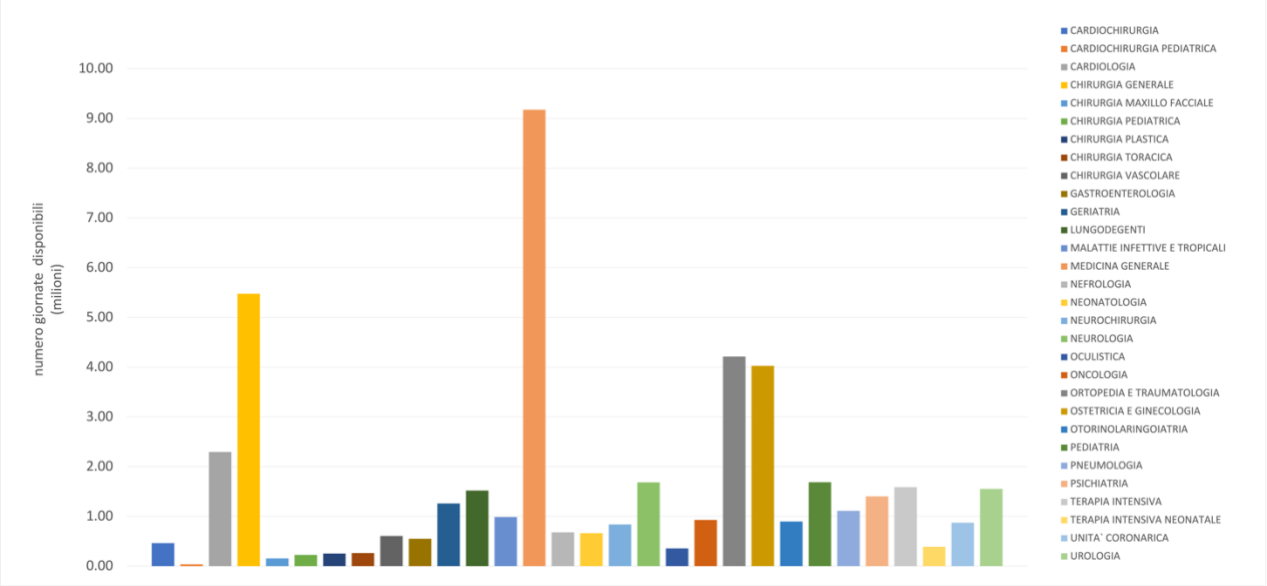

Figura 18 numero giornate disponibili per disciplina ospedaliera

2.2.2 Misure di performance

a) Tasso di occupazione

Il tasso di occupazione medio è uguale al rapporto tra il numero di giornate effettive di degenza e il numero di giornate disponibili ed è calcolato per ogni reparto j dell'ospedale i al tempo k:

$$tasso\ occupazione_{ijk} = \frac{giornate\ degenza_{ijk}}{giornate\ disponibili_{ijk}}$$

Il significato di tale indicatore è il seguente: minori sono le giornate di degenza rispetto a quelle disponibili, più è ottimizzato l'utilizzo del reparto. Esso permette di relativizzare le giornate di degenza dei vari reparti degli ospedali rispetto l'effettiva capacità dei reparti stessi.
Nonostante sia una misura comoda e adeguata all'analisi di performance, è necessario, tuttavia, tenere a mente che non può rappresentare una misura assoluta e univoca della bontà del lavoro di un reparto. Un reparto sovradimensionato, ad esempio, godrà di un indice basso, ma in ragione di motivi strutturali e non di una sopravvenuta efficienza. Viceversa, misure che tendono al valore 1 possono essere più che ragionevoli in alcune tipologie di discipline nelle quali la rotazione è bassa e l'occupazione spesso massiccia (e.g. lungodegenza).

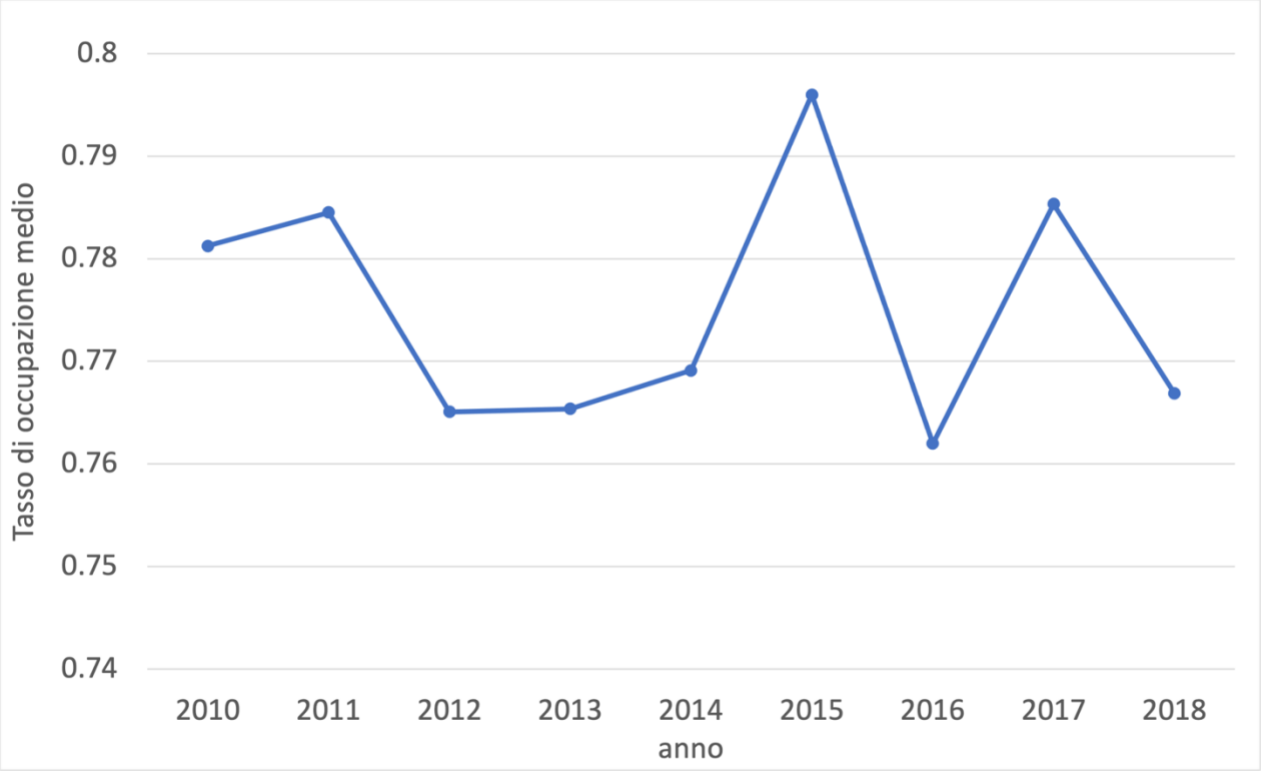

Figura 19: tasso di occupazione medio annuo

Il tasso di occupazione medio (*Figura 19*) è certamente molto altalenante nei vari anni.
Esso ha una decrescita sostanziosa nel 2011, una crescita inizialmente appena accennata e poi ripida fino al 2015, dove raggiunge il picco massimo del 79,6% di occupazione media, per poi calare fino nel 2016 con il 76,2% e proseguire negli ultimi due anni con un saliscendi.

Differenziando per territorio (*Figura 20*), il tasso più alto (81%) si registra al sud, mentre il minore al Nord-Est (75%). In assenza di altre evidenze, si suggerisce che il meccanismo che sottostà a questa dinamica potrebbe essere legato alla capacità più ampia di cui sono dotati gli ospedali di Piemonte, Val d'Aosta, Lombardia e Liguria.

Un altro aspetto può essere colto operando una scomposizione che tenga in considerazione la dimensione dei comuni in cui risiedono gli ospedali in base alla propria dimensione.
Il grado di urbanizzazione classifica i comuni italiani in base alla densità di popolazione e permette di distinguere tra comuni densamente popolati, rappresentati dal numero 1, comuni con densità intermedia indicati dal 2, ed infine i comuni rurali nella fascia 3.
Dalla *Figura 21* si distingue in maniera chiara che il tasso di utilizzo aumenta spostandosi in grandi centri. Questo sarebbe spiegabile alla luce del fatto che, talvolta, gli ospedali delle zone rurali, più inaccessibili e spesso meno dotati, fanno confluire parte dei casi di propria

competenza negli ospedali di dimensioni maggiori, locati generalmente in prossimità di grandi città.

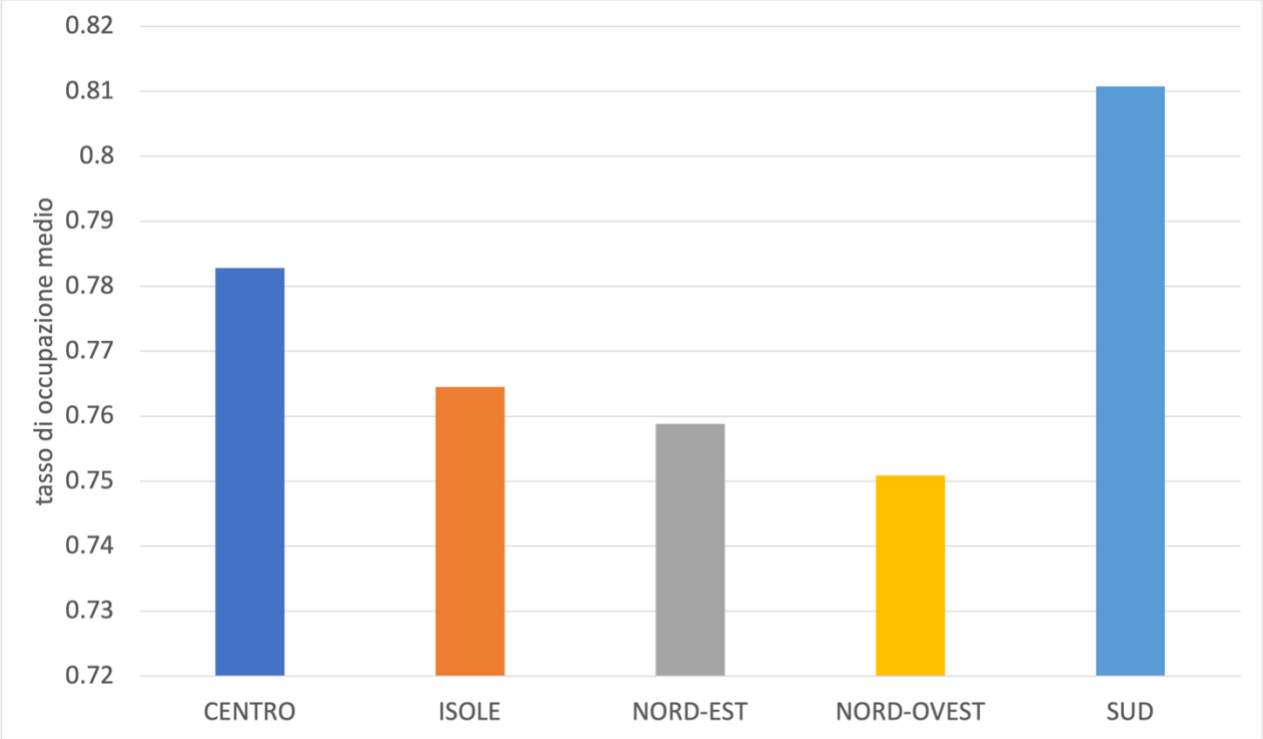

Figura 20: tasso di occupazione medio per territorio

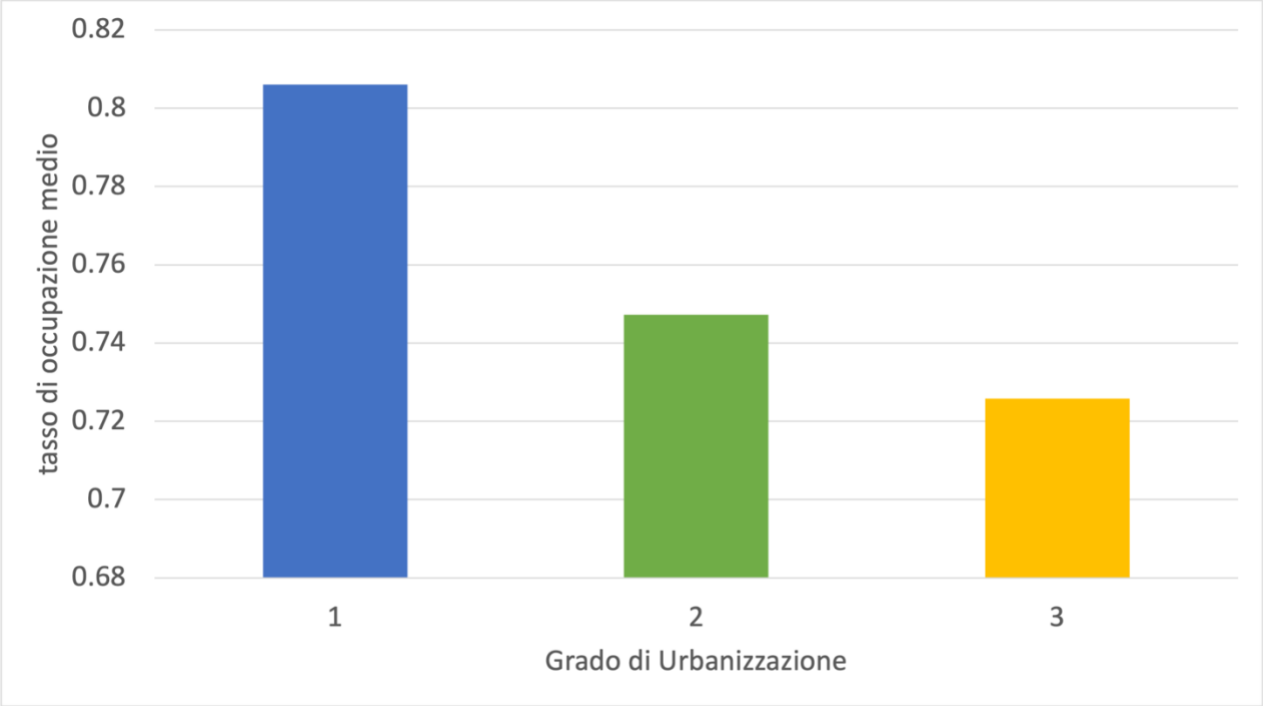

Figura 21: tasso di occupazione medio per differente grado di urbanizzazione

b) Tasso di occupazione preoperatoria

Il tasso di occupazione preoperatoria è il rapporto tra il numero di giornate di degenza preoperatoria e la capacità dei vari reparti, rappresentata dalle giornate disponibili, ed è calcolato per ogni reparto j dell'ospedale i al tempo k:

$$tasso\ occupazione\ preoperatoria_{ijk} = \frac{giornate\ degenza\ preoperatoria_{ijk}}{giornate\ disponibili_{ijk}}$$

Significato e costruzione sono simili a quelli del precedente indice. Si deve tuttavia tenere in considerazione che esso è molto rilevante per tutte quelle discipline che, di norma, prevedono degli esiti operatori, mentre potrebbe essere quasi superfluo in quei reparti nei quali generalmente non si ha attività operatoria.

In maniera del tutto logica, i tassi di occupazione preoperatoria hanno valori assoluti molto minori rispetto a quelli che si registrano per la degenza ordinaria.
La *Figura 23* illustra un andamento piuttosto stabile del tasso di utilizzo delle giornate preoperatorie medio annuo nel quinquennio 2010-2015 ed una sua discesa repentina nel 2017, cui segue tuttavia una nuova crescita, seppur a valori che si attestano al di sotto della soglia iniziale. I valori sono comunque compresi tra il 12% e il 17%.
Se si filtra tale media escludendo quei reparti per i quali generalmente non vi è attività operatoria- (*Figura 22*) si osserva che il valore assoluto del tasso aumenta (tra il 13% e il 19%), ma al contempo si riesce ad intravedere un trend generale decrescente, ad eccezione del sopracitato 2018 e del 2015, in cui si manifesta un piccolo rialzo.

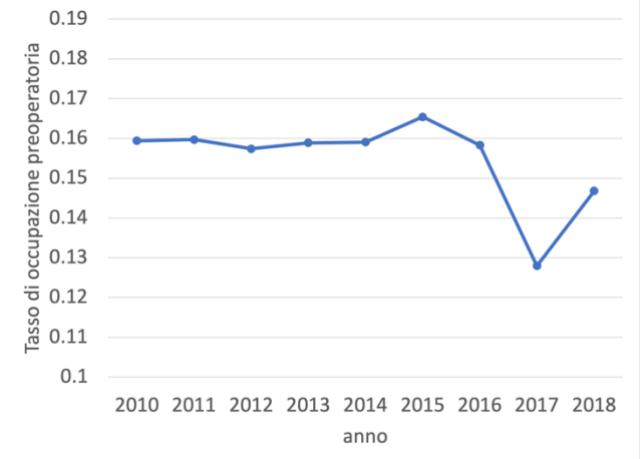

Figura 23: tasso medio di occupazione preoperatoria

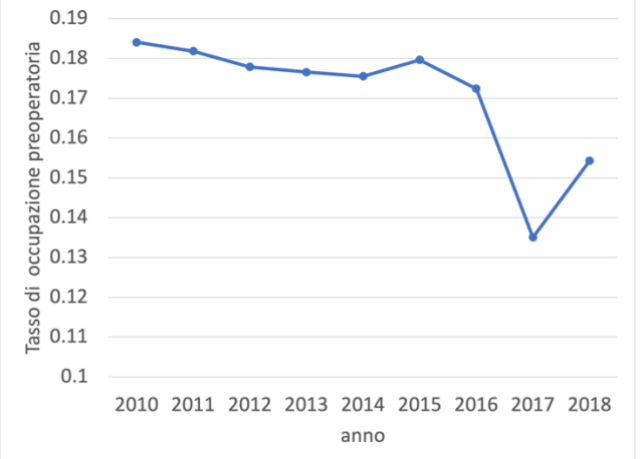

Figura 22: tasso medio di occupazione preoperatoria per reparti scelti

A livello di ripartizione geografica (*Figura 24*), si rileva il tasso più alto al Sud (17,8%) e l'occupazione minore di posti letto destinati al preoperatorio nel Nord-Est (13,2%). A differenza di quanto notato per le precedenti misure, non è il Nord-Ovest ad avere la miglior efficienza nella gestione dei reparti nelle fasi che precedono gli interventi, riportando un tasso vicino al 15%, prossimo a quelli di Centro ed Isole. La ripartizione per grado di urbanizzazione (

Figura 25) non è per nulla dissimile a livello di andamento rispetto a quella del tasso di occupazione ordinario.

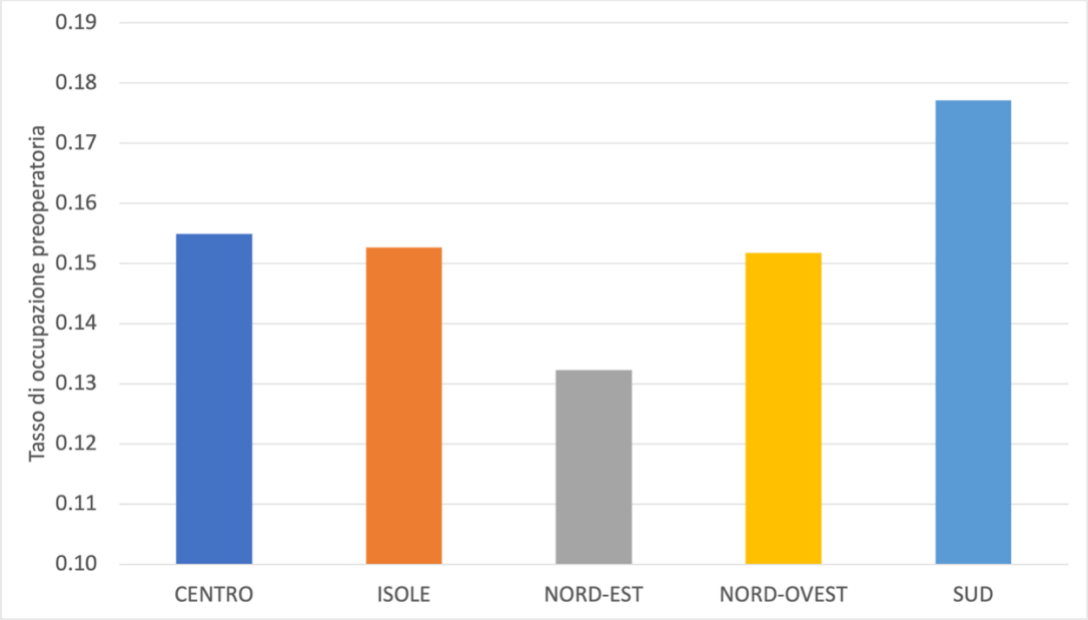

Figura 24: tasso di occupazione preoperatoria per territorio

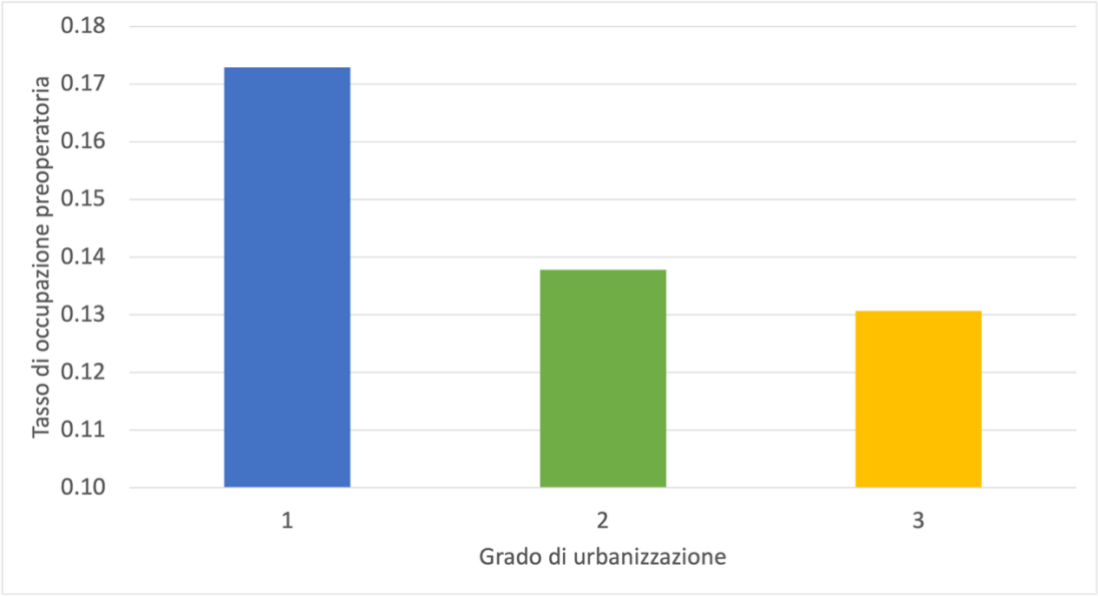

Figura 25: tasso di occupazione preoperatoria media per grado di urbanizzazione

c) Tasso di dimessi in 1 giorno

Tale indicatore normalizza il numero di pazienti dimessi in 1 giorno rispetto al totale dei dimessi del medesimo reparto:

$$tasso\ degenze\ 1\ gg = \frac{dimessi\ 1\ gg}{dimessi\ totali}$$

L'assunto che sostiene l'interpretazione di tale misura è che maggiore è il numero di pazienti trattati in un tempo breve, maggiore può essere l'efficienza del reparto. Pur essendo questa una buona proxy per identificare le realtà più snelle ed efficienti, non bisogna scordare che non vi è necessariamente una corrispondenza uno a uno tra un decorso ideale e la velocità di cura.

Il grafico (*Figura 26*) mostra l'andamento del tasso di pazienti dimessi in un giorno nel periodo in analisi: si nota che la percentuale di dimessi in 1 giorno sul totale dei dimessi è aumentata di circa un punto percentuale tra il 2010 e il 2018, passando da un valore minimo del 12,6% al 13,6%. La crescita, tuttavia, non è costante, con delle piccole valli nel 2011 e nel 2014 ed una leggera diminuzione nel 2018.

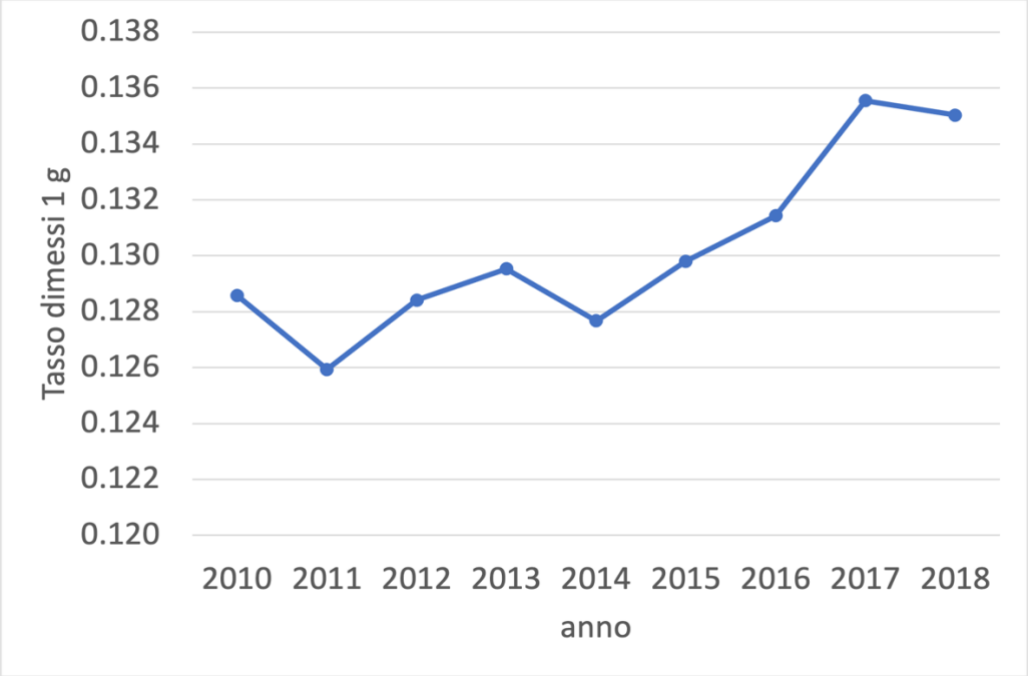

Figura 26: tasso medio annuo di pazienti dimessi in 1 giorno

È interessante poter comprendere come questo vari da reparto a reparto. Come la *Figura 27* permette di cogliere con immediatezza, vi è una sostanziale eterogeneità tra i diversi tassi, con picchi che raggiungono i 45 dimessi in 1 giorno in media ogni 100 pazienti per arrivare a valli naturali di discipline che non possono contemplare una dimissione rapida.
Non è sorprendente che il maggior tasso di dimessi in 1 giorno coincida con quelle discipline tradizionalmente considerate "di ambulatorio", come oculistica o odontoiatria, e per quelle per le quali il protocollo stesso con cui sono trattati i pazienti definisce una pratica rapida come day surgery e radiologia.

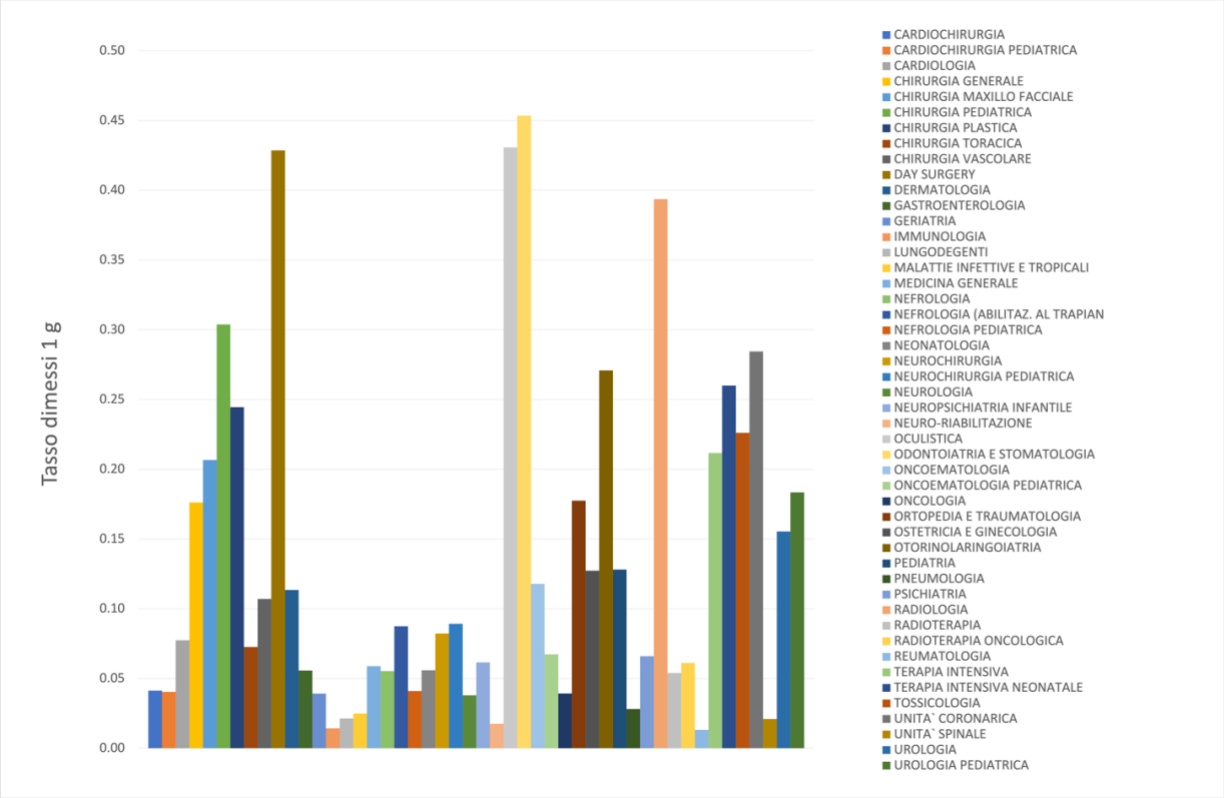

Figura 27: tasso medio di pazienti dimessi in 1 giorno

Entrando più nel dettaglio, si individua in quale misura le varie discipline chirurgiche godono di questo primato *(Figura 28*). Il focus sulle discipline chirurgiche permette di cogliere delle informazioni più precise sull'efficienza, essendo uno degli obiettivi del post-operatorio quello di liberare dal vincolo ospedaliero il paziente il quanto prima, qualora questo sia ammissibile.
In questo senso si vede primeggiare, eccezion fatta per il day surgery, la chirurgia pediatrica e la terapia intensiva neonatale (tra i 20 e i 25 pazienti dimessi ogni 100 degenti), mentre meno probabile sembra essere una dimissione rapida in discipline complesse come cardiochirurgia, neurochirurgia, oncologia.

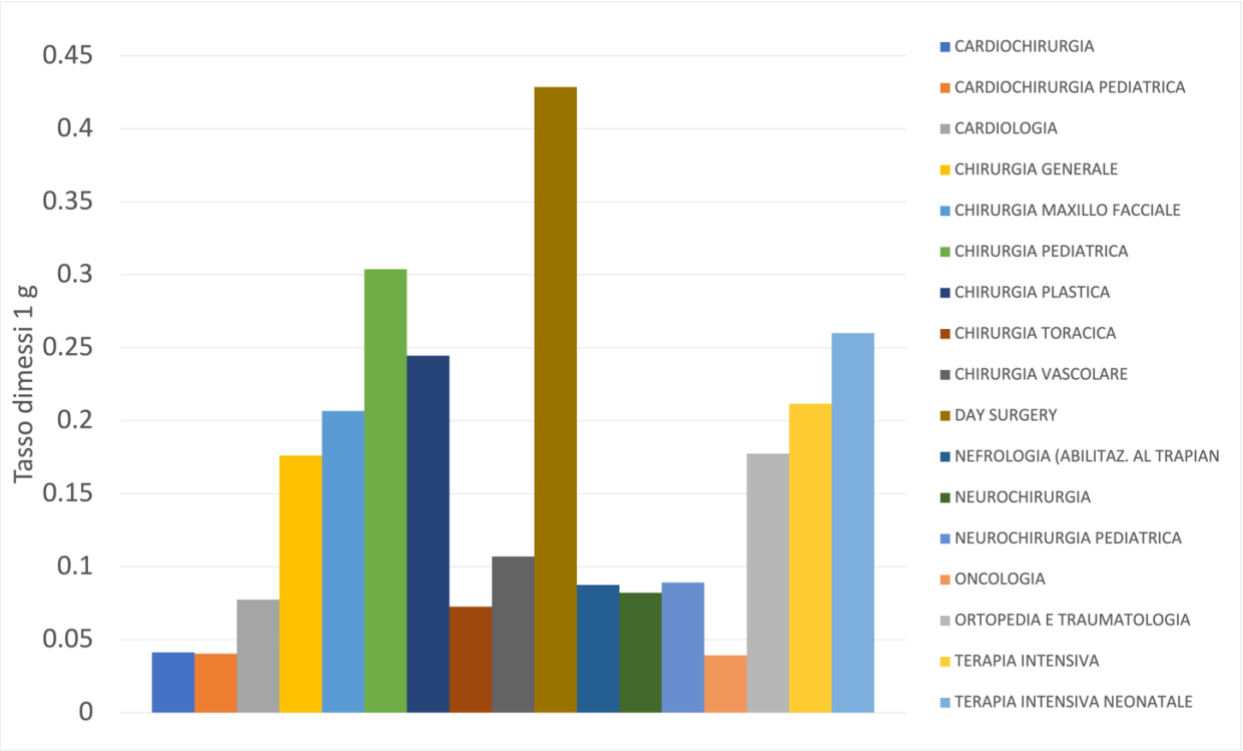

Figura 28: tasso medio di pazienti dimessi in 1 giorno per le sole discipline chirurgiche

d) Durata media della degenza

L'indicatore illustra in media anno per anno qual è stata la durata delle degenze ordinarie. Intuitivamente si può affermare che una durata bassa è preferibile, in quanto indice di una maggiore reattività nel saper guarire il paziente. Tuttavia, al contrario, entro certi limiti, una durata della degenza maggiore potrebbe associarsi a maggiori cure e maggior zelo nel trattare il paziente. Sarebbe inoltre estremamente proficuo poter associare a tale misura anche la percentuale di pazienti riammessi dopo la dimissione.

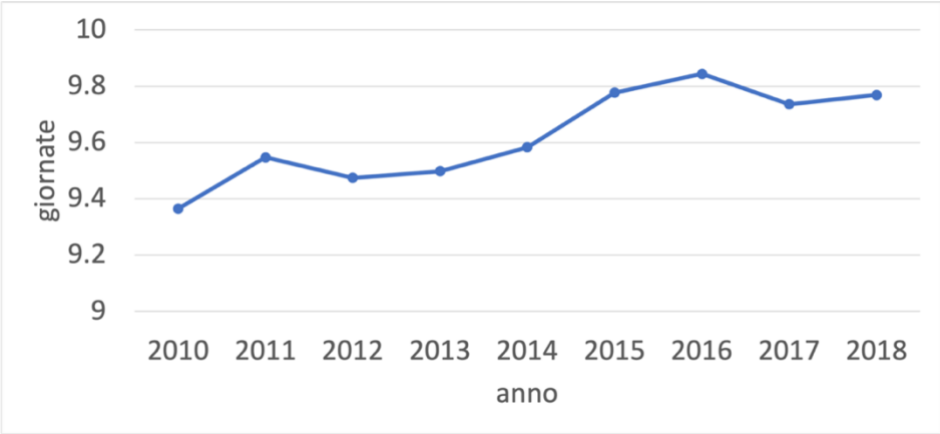

Figura 29: durata media della degenza ordinaria

Controintuitivamente, la durata della degenza ordinaria media è, a livello aggregato, in leggerissimo rialzo (Figura 29); passa, infatti, da 9,4 giorni nel 2010 a 9,8 giorni nel 2018, con solo due piccoli cali nel 2012 e nel 2017. La durata si attesta comunque al di sopra della media europea che, secondo l'Eurostat, nel 2016 era di 7,3 giorni [41].

I reparti che spiccano per lunghezza della degenza (*Figura 30* e *Figura 31*) sono neuro-riabilitazione ed unità spinale, le cui casistiche richiedono sicuramente un'attenzione d'eccezione, seguite da lungodegenza, grandi ustioni ed ematologia.

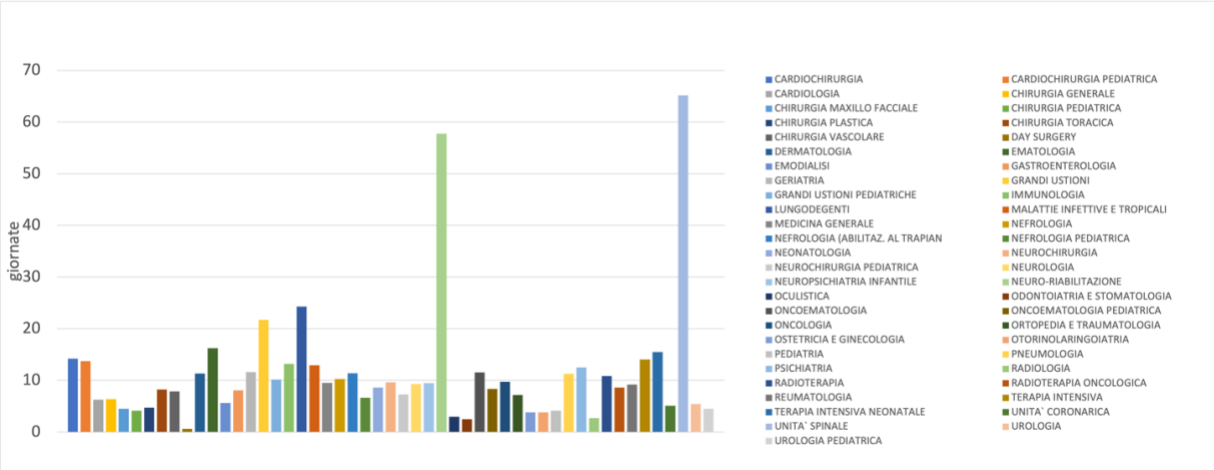

Figura 30: giornate di degenza ordinaria

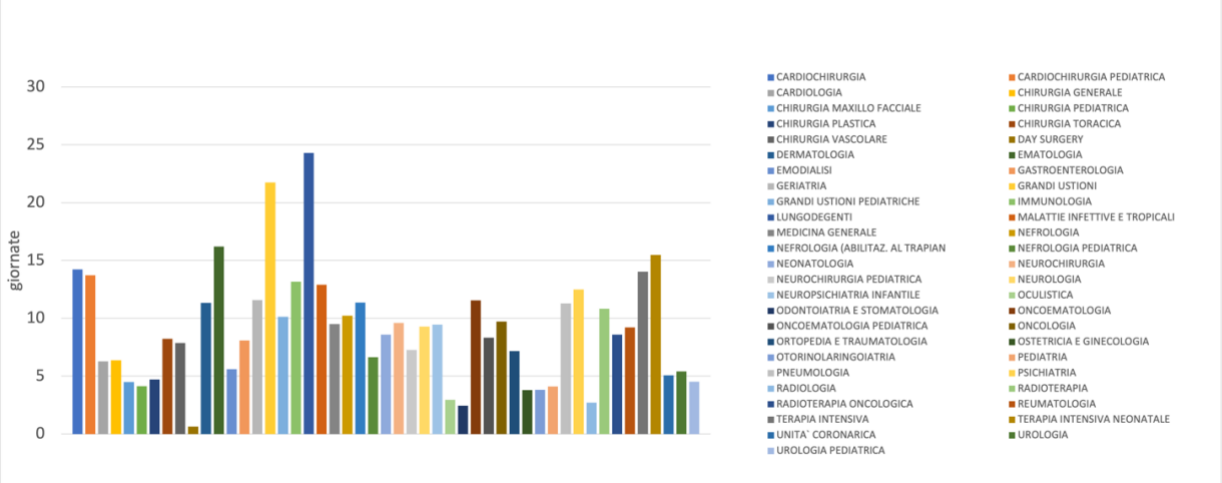

Figura 31: giornate di degenza ordinaria- focus con omissione di neuro-riabilitazione e unità spinale

e) Durata media della degenza preoperatoria

La dinamica della durata media annua della degenza preoperatoria, come esposto dalla *Figura 32*, varia in media tra i 4,8 giorni e i 4,6 giorni; tale variazione ha un margine piuttosto basso e produce in aggregato un andamento oscillatorio.

Nel complesso si può tuttavia sostenere che il tempo che il paziente spende prima di essere operato si stia riducendo, seppure di poco.
Analogamente a quanto fatto per il tasso di utilizzo giornate operatorie, può risultare maggiormente informativo filtrare il risultato per quelle discipline nelle quali l'intervento è maggiormente presente. La durata media in questo modo scremata (*Figura 33*) è in assoluto inferiore (tra 3,9 giorni e 4,1 giorni). Inoltre, per i reparti scelti si ha una complessiva diminuzione che si compone di una prima sequenza discendente durata fino al 2014 e poi di un picco verso il basso nel 2017.

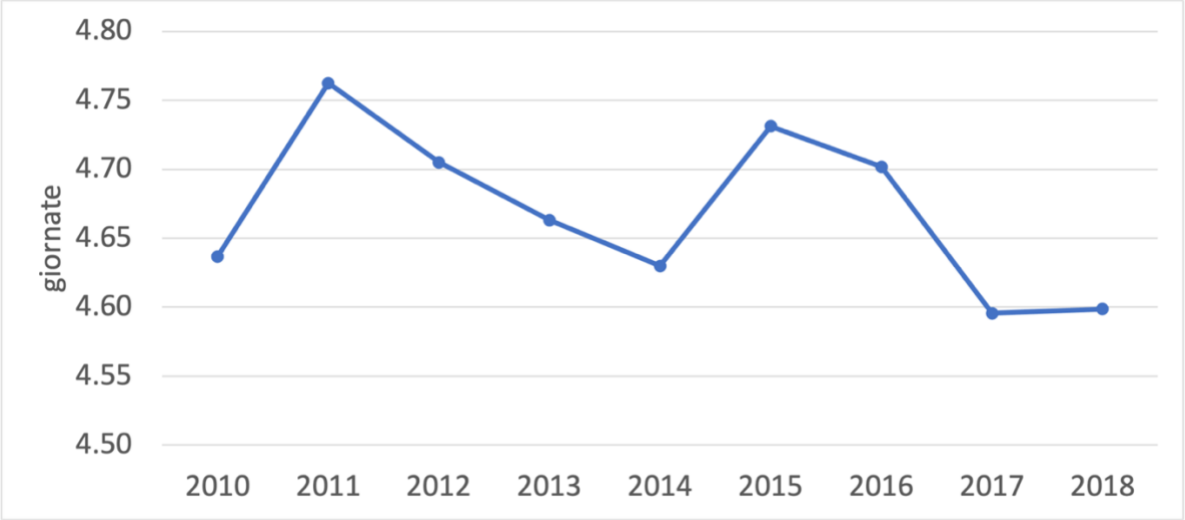

Figura 32: durata media degenza preoperatoria

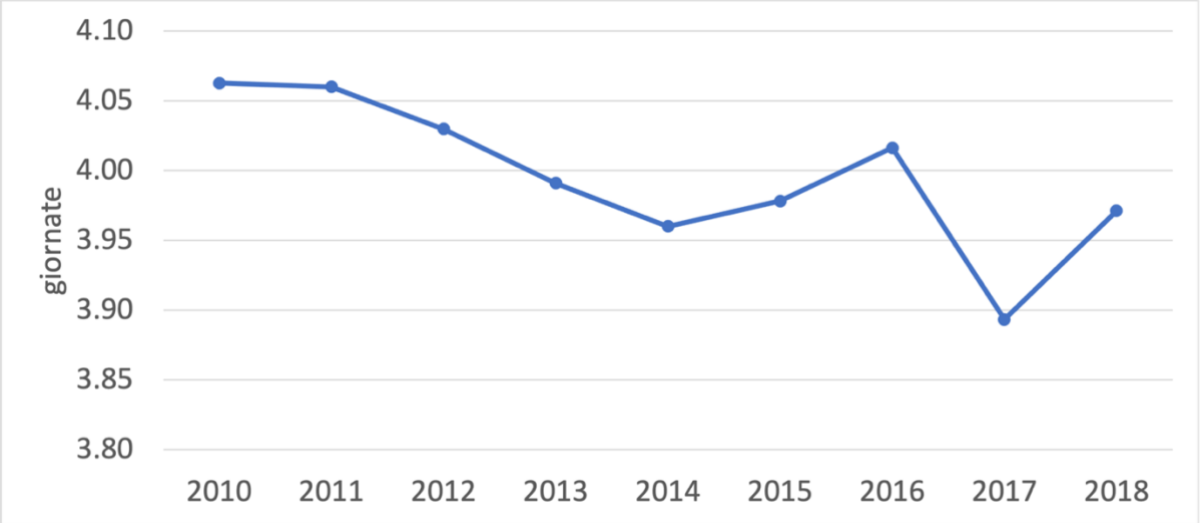

Figura 33: durata media degenza preoperatoria per discipline chirurgiche

Infine, l'approfondimento su quanto ognuno dei reparti contribuisce alla definizione di tali misure medie (*Figura 34*) evidenzia una durata media massima per le terapie intensive di 8 giorni. Per la chirurgia generale, l'attesa in reparto prima dell'operazione è, in media, di 3 giorni e mezzo.

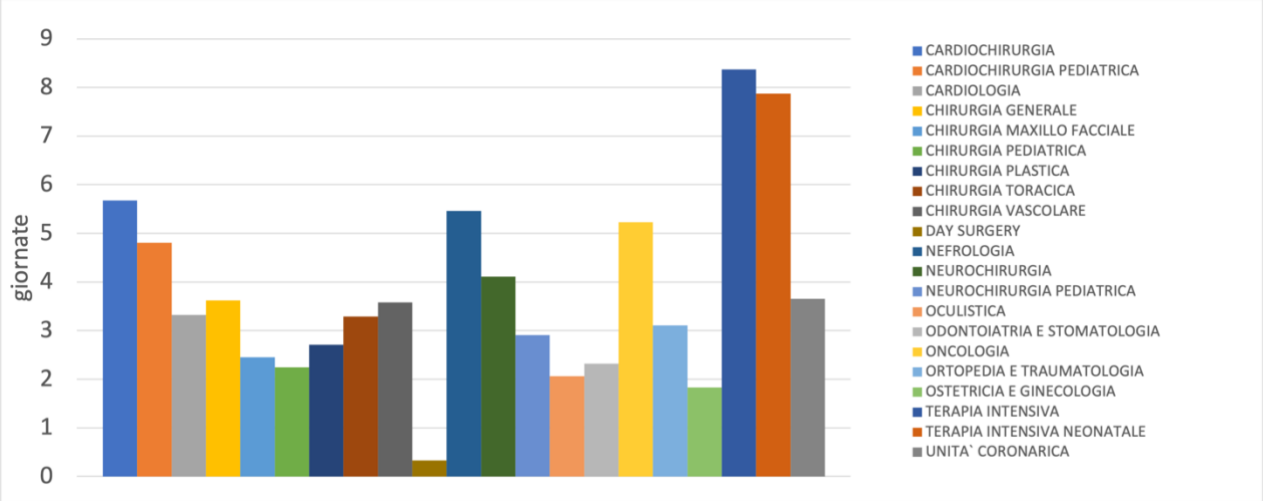

Figura 34: durata media degenza media per discipline chirurgiche

Capitolo III

Il seguente capitolo si propone di analizzare ed individuare i possibili effetti della diffusione della Banda Ultralarga sulle performance degli ospedali italiani attraverso l'utilizzo di più modelli econometrici che permettano di appurare la presenza di un legame causale tra le due misure e, eventualmente, quantificarne l'entità. Lo scopo è perseguito utilizzando un panel non bilanciato di reparti ospedalieri osservati nel periodo di tempo 2010-2018, comprendente pertanto quattro possibili momenti di entrata della fibra, dal 2015 in poi.
Al fine di rendere il quanto più rigorosa possibile l'analisi, si procede con diverse metodologie e specificazioni. Partendo da un modello *Ordinary Least Square* (OLS), si includono progressivamente gli effetti fissi, aggiungendo in seguito diversi controlli.
Inoltre, l'analisi si concentra su due diversi campi d'azione:

I. Analisi svolta sulla totalità delle osservazioni;
II. Analisi differenziata per sei diversi campi clinici .

L'intero studio è stato svolto con l'ausilio del software statistico STATA 16.

3.1 Parte prima: analisi dell'intero campione

3.1.1 Il metodo OLS

Una prima stima è fornita da un modello lineare *Ordinary Least Square* (OLS) la cui forma base, del tutto generale, si presenta come:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

dove $i = 1, \dots, n$ rappresenta la i-esima osservazione della variabile indipendente X e di quella dipendente Y. Per ogni coppia di valori (X, Y) si registra un errore o residuo ε, il quale rappresenta la differenza tra il valore osservato e il valore predetto dal modello stesso.
Il metodo OLS permette di stimare i parametri β_1 e β_0 mirando alla riduzione dello scarto tra predizione e osservazione. Gli stimatori sono ottenuti pertanto dalla minimizzazione della somma dei quadrati delle differenze tra i valori reali di Y_i e i valori predetti $\hat{Y}_i$ sulla base della retta di regressione stimata:

$$min_{b_0,b_1} \sum_{i=1}^{n} [Y_i - (b_0 + b_1 X_i)]^2$$

L'individuazione della presenza di un effetto causale tra la variabile indipendente e quella dipendente si articola come una verifica di ipotesi sul valore degli stimatori.
In particolare, per la variabile di interesse X si valuta ad un livello di significatività α prescelto l'ipotesi che il parametro β assuma un valore non nullo:

$$\begin{cases} H_0: \beta = 0 \\ H_1: \beta \neq 0 \end{cases}$$

Qualora non si possa rifiutare l'ipotesi nulla si esclude l'esistenza di un impatto causale, in caso contrario tale effetto avrà un'entità che dipende dal valore di $\hat{\beta}$.
Tale operazione può essere effettuata, con il supporto del software statistico, in tre modi: costruendo la statistica t-test, valutando il p-value ed osservando gli intervalli di confidenza.

La statistica t è, secondo l'ipotesi nulla valutata, il rapporto tra il coefficiente stimato e l'errore standard ad esso associato:

$$t = \frac{\hat{\beta} - 0}{SE(\hat{\beta})}$$

Se, nel confronto con il valore della distribuzione t di student per il livello di significatività α ed $n - 1$ gradi di libertà, risulta che $|t| > t_{\frac{\alpha}{2},n-1}$ allora si può rifiutare l'ipotesi nulla.
In maniera più immediata, si possono sfruttare i valori restituiti dal software per il p-value e per l'intervallo di confidenza.
Se il p-value, ovvero la probabilità di ottenere un risultato più estremo di quello stimato, è inferiore al livello di significatività scelto per il test si potrà escludere la validità dell'ipotesi nulla; nelle analisi che seguono vengono utilizzati tre possibili livelli di significatività, pari rispettivamente al 10%, 5% ed infine 1%.
Dato, infine, un intervallo di confidenza del 95% quale quello in output su Stata:

$$\{\hat{\beta} \pm 1{,}96 \times SE(\hat{\beta})\}$$

se il valore 0 non è contenuto nell'intervallo stesso si potrà escludere che l'effetto delineato da $\hat{\beta}$ sia nullo.

A seconda di come si distribuiscono gli errori ci si può trovare in condizioni di:

- Omoschedasticità se la varianza della distribuzione dell'errore ε condizionato ad X non dipende da x ed è pertanto costante

$$var(\varepsilon|X = x) = cost$$

- Eteroschedasticità se la varianza della distribuzione dell'errore ε varia al variare di X

$$var(\varepsilon|X = x) \neq cost$$

Questa seconda casistica può influenzare il calcolo dell'errore standard che non può sfruttare la sua versione semplificata valida in presenza di omoschedasticità. Nella seguente analisi ci si è assicurati che gli errori standard fossero robusti all'eteroschedasticità onde evitare di ottenere degli errori standard troppo piccoli ed inferire perciò in maniera non corretta.

La capacità esplicativa dei modelli utilizzati è valutata in questa trattazione attraverso il coefficiente di determinazione R^2, il quale indica la frazione della varianza campionaria di Y_i spiegata dalla regressione, la quale è tanto maggiore quanto più il coefficiente si avvicina all'unità.
La sua costruzione è data dalla seguente:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\widehat{Y}_i - \bar{\widehat{Y}})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2}$$

L'obiettivo dell'analisi, in tutte le sue fasi, è di ottenere delle stime il quanto più possibile veridiche; è necessario, pertanto, adottare tutti gli accorgimenti possibili affinché il coefficiente di interesse non risulti *biased*, distorto, per eccesso o per difetto.
La distorsione può essere dovuta all'omissione nel modello di regressione di variabili importanti che determinano l'output Y ed influenzano quindi il residuo ε, ma sono anche correlate con il regressore X.

Per evitare che questo avvenga si inseriscono delle variabili di controllo, che raffinano la stima assorbendo su di sé parte della variazione dell'output.

Dal momento che i dati trattati nell'analisi fanno riferimento ad un panel di ospedali osservati per un periodo novennale si può ulteriormente purificare la stima inserendo uno o più effetti fissi.
Gli effetti fissi controllano, infatti, per caratteristiche idiosincratiche di un certo gruppo di elementi nel campione e suppliscono per tutte quelle variabili omesse che sono costanti nel tempo per un determinato cluster, eliminando la possibile distorsione che l'omissione provocherebbe.
In tale caso, si adotta inoltre l'errore clusterizzato su una dimensione che permette di non risentire della possibile correlazione seriale delle osservazioni in un gruppo.

3.1.2 La specificazione

L'analisi si è basata su cinque possibili specificazioni, differenti per numero e tipologia di effetti fissi, alle quali si aggiungono progressivamente dei controlli.
In linea generale esso può essere riassunto nella seguente forma:

$$Y_{ijmt} = \beta_0 + \beta_1 UBB_{mt} + \beta_2 X_{ijmt} + FE_i + FE_t + FE_j + \varepsilon_{ijmt}$$

con

- i l'ospedale i-esimo;
- j il reparto j-esimo;
- m il comune m-esimo;
- t l'anno di riferimento, compreso tra il 2010 e il 2018.

Si sono quindi inclusi i seguenti termini:

- Variabile di interesse UBB_{mt} ovvero una dummy pari a 1 nel caso la fibra sia presente nel comune m al tempo t e nulla in caso contrario;
- Variabile dipendente rappresentante la performance del reparto j, nell'ospedale i per l'anno t; sono state di volta in volta utilizzati tre output e le rispettive trasformazioni logaritmiche:

    - $Tassodimessi1gg$ rappresentante il numero di pazienti dimessi dopo un solo giorno di degenza sul totale dei curati;
    - $Degenzamediaordinaria$ rappresentante il numero di giorni che in media sono intercorsi tra l'accettazione e la dimissione di un paziente in un dato reparto;
    - $Degenzamediapreoperatoria$ rappresentante il numero di giorni attesi da un paziente prima di un intervento chirurgico;
- Un vettore di possibili controlli X che comprende ICM per reparto e struttura, indice di entropia per reparto e struttura, dimensione dell'ospedale e grado di urbanizzazione;
- Effetti fissi FE, i quali, a seconda della specificazione in esame, sono calcolati su diversi cluster quali:
    - Ospedale;
    - Anno;
    - Reparto;
    - Combinazione anno-regione;
    - Combinazione ospedale-reparto;
- L'errore clusterizzato ε.

3.1.3 L'Event Study

Per mantenere un approccio il quanto più possibile rigoroso, si associano alle stime OLS delle regressioni che seguono l'approccio dell'Event Study, il quale porta con sé una serie di vantaggi che risulteranno chiari dalla seguente trattazione.

È necessario ricordare, difatti, che la diffusione della fibra è un evento che ha interessato i comuni italiani in maniera eterogenea e diversificata nel tempo, con alcuni comuni che vi hanno avuto accesso già nel 2015, alcuni in cui è stata installata negli anni successivi e alcuni che, alla fine del periodo in analisi, non l'avevano ancora ricevuta.
Di conseguenza, ci si trova a confrontare due gruppi di elementi- comuni (ed ospedali) con fibra e comuni senza fibra- in cui, anno per anno, alcuni elementi migrano da un insieme all'altro. Tale conformazione è definita *staggered design* ovvero diffusione scaglionata.

Per poter identificare ragionevolmente l'effetto differenziale tra individui non trattati ed individui trattati non è del tutto sufficiente adottare il modello del *difference-in-difference* (DiD), che implica uno shock esogeno registrato in un singolo istante di tempo ed un confronto tra due gruppi, quello di controllo e quello di trattamento, che assumono tale valenza nel momento in cui lo shock avviene, senza mutare più il proprio stato.
In tal ottica, il coefficiente della variabile di interesse può essere visto come un effetto medio che la stessa ha sull'output. Tuttavia, in ragione di tale scarto concettuale i risultati prodotti dalla regressione DiD non possono godere di una ferrea veridicità.

Anche ammettendo che il campione sia *as good as random* condizionalmente agli effetti fissi inclusi nell'analisi, se l'effetto dell'evento fibra è accumulativo, per costruzione lo stimatore OLS del parametro β_1, infatti, da peso maggiore agli effetti di breve termine, mentre sottostima la portata dell'impatto a lungo termine (Goodman-Bacon [2021], Borusyak e Jaravel [2018]) [9][29].
Infatti, β_1 è la media pesata di tutti i possibili coefficienti che stimano l'effetto comparando i gruppi trattati nei diversi momenti tra di loro; questo genera un problema dal momento che di volta in volta sono utilizzati come termine di paragone gruppi già trattati, distorcendo l'effetto per le unità che ricevono il trattamento più tardi ed andando ad amplificare invece l'effetto per i primi periodi relativi.
Inoltre, i pesi che intervengono in tale media sono proporzionali alla dimensione dei vari gruppi e alla varianza del gruppo trattato in ogni confronto a coppie, la quale risulta essere maggiore per le unità che vengono trattate nella parte centrale del panel.

Per non incorrere in tali problemi e, dall'altro lato, dare validazione a quanto suggerito dalle stime OLS o presentare una controprova, risulta utile utilizzare l'*Event Study*.

Il modello di *Event Design* considera una variabile dummy pari ad 1 per tutti gli anni successivi al trattamento. Essa è espressa in funzione del tempo relativo $T = t - t_0$ dove t è l'anno effettivamente in considerazione, mentre t_0 è l'anno in cui il comune m riceve la fibra.
Nello studio in considerazione il panel contiene dati dal 2010 al 2018, mentre la fibra è stata introdotta soltanto nel 2015, quindi i possibili tempi relativi sono $T \in \{-8, -7, \dots, +2, +3\}$.

L'equazione di regressione è quindi la seguente:

$$Y_{ijtm} = \beta_0 + \sum_T \gamma_T \mathbb{I}\{T = t - t_0\} + X_{ijmt}\beta_2 + FE_i + FE_t + \varepsilon$$

Come suggerito da Borusyak e Jaravel (2018) [9] è necessario non includere nella regressione la dummy all'inizio del periodo osservato, $T = -8$, e la dummy relativa al tempo prima dell'evento $T = -1$.
La presenza degli effetti fissi, infatti, crea un problema di identificazione dovuto a collinearità tra gli effetti fissi stessi e la variabile temporale. Escludere tali variabili permette quindi di evitare il problema di collinearità.

Un altro vantaggio del modello è quello di fornire un indizio di endogenità, evidenziando la dinamica precedente e successiva all'evento. Nel caso vi sia un trend, ovvero i coefficienti γ_T per T<0 siano statisticamente diversi da zero, allora si può dire che l'entrata della fibra è in un qualche modo correlata alla variabile dipendente e quindi vi è endogenità.

3.1.4 I risultati del modello

Si presentano ora i risultati dell'analisi empirica, riportando per ogni output oggetto di analisi le nove specificazioni e le relative stime OLS corredate poi dal grafico che riporta i risultati dell'Event Study.

La prima misura di performance analizzata è quella relativa all'incidenza del numero di pazienti che hanno avuto una degenza breve della durata di un solo giorno. In particolare, si prende in considerazione come variabile dipendente l_deg1gg definita come segue:

$$l_deg1gg = \log(degenti1gg + 1)$$

La necessità di aggiungere nell'argomento logaritmico il termine unitario deriva dal fatto che per alcuni reparti la quota di pazienti con una degenza di un solo giorno può essere effettivamente pari a zero.

La *Tabella 2* illustra le nove diverse specificazioni utilizzate. La specificazione di base (I) include esclusivamente gli effetti fissi relativi all'ospedale, mentre le due seguenti aggiungono

progressivamente gli effetti fissi temporali e i fattori idiosincratici del reparto. La specificazione (IV) prende atto del fatto che, per la struttura del Sistema Nazionale, vi possono essere degli eventi legati alle diverse annate, ma che mostrano una certa eterogeneità anche tra regione a regione; viene pertanto sostituito l'effetto fisso per l'anno con uno che valuta la combinazione anno-regione.

Gli effetti fissi subiscono un'ultima variazione nella regressione (V) la quale, riprendendo la precedente, sostituisce il doppio effetto su ospedale e reparto con una combinazione dei due.

Definite le 5 specificazioni di base si utilizzano le ultime per aggiungervi i controlli, ovvero l'Indice Case Mix, rappresentativo della complessità delle casistiche trattate in un dato reparto, e l'Indice di entropia che aumenta all'aumentare dell'eterogeneità delle diagnosi elaborate nell'i-esimo ospedale per la disciplina j-esima. Da una prima visione della tabella i due indici risultano significativi in tutti i casi in esame.

Tabella 2: Analisi di regressione OLS su log(degenti1gg+1)

l_deg1gg	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
tot_dum_ubb	-0.051**	0.001	-0.001	-0.017	-0.017	-0.022	-0.002	-0.002	-0.013
	(0.015)	(0.027)	(0.022)	(0.024)	(0.025)	(0.020)	(0.024)	(0.025)	(0.020)
ICM					0.176**	-0.352**		0.266**	-0.163**
					(0.069)	(0.041)		(0.061)	(0.038)
Indiceentropia						1.747**			1.496**
						(0.051)			(0.058)
_cons	3.413**	3.468**	1.000*	0.944*	0.801	-0.370	3.404**	3.143**	1.889**
	(0.006)	(0.014)	(0.526)	(0.530)	(0.547)	(0.788)	(0.022)	(0.063)	(0.081)
Codicestruttura	X	X	X	X	X	X			
anno		X	X						
Codicedisciplina			X	X	X	X			
reg_yr				X	X	X	X	X	X
strutt_disc							X	X	X
N	65988	65988	65988	65988	65988	65988	65988	65988	65988
R2	0.117	0.117	0.604	0.607	0.608	0.667	0.914	0.914	0.924

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

Da un primo sguardo alla specificazione più semplice si potrebbe desumere che all'introduzione della Banda Ultra Larga nell'ospedale i-esimo si associ una diminuzione delle dimissioni rapide del 5%. Tale tendenza non è confermata dall'affinamento delle regressioni. Per le specificazioni (II)-(IX) il parametro β_1 non è mai significativo.

Un risultato analogo si ottiene se si sostituisce la variabile dipendente con il tasso di dimessi in 1 giorno sul totale dei pazienti, come il lettore può valutare consultando l'appendice (*Tabella A 1*).

Partendo da questo risultato preliminare si decide di condurre un *Event Study*, per approfondire la dinamica dell'impatto e valutare se si riscontri un problema di endogenità.

Il grafico in *Figura 35* illustra i coefficienti γ al variare del tempo relativo T i cui valori puntuali sono riportati in appendice (*Tabella A 2*). Esso porta con sé due importanti risultati. In primis, anche visivamente, si può rilevare che la presenza di *pretrend* è del tutto escludibile: tutte le specificazioni si assestano attorno al valore zero e i coefficienti sono peraltro non significativi. In secondo luogo, viene confermata l'assenza di un effetto per i periodi successivi all'entrata della fibra, come già ipotizzato dai risultati del modello OLS.

Si noti che le spezzate relative a diverse specificazioni appaiono sostanzialmente sovrapposte, il ché è garanzia di una buona identificazione del modello, che resiste anche all'aggiunta di controlli.

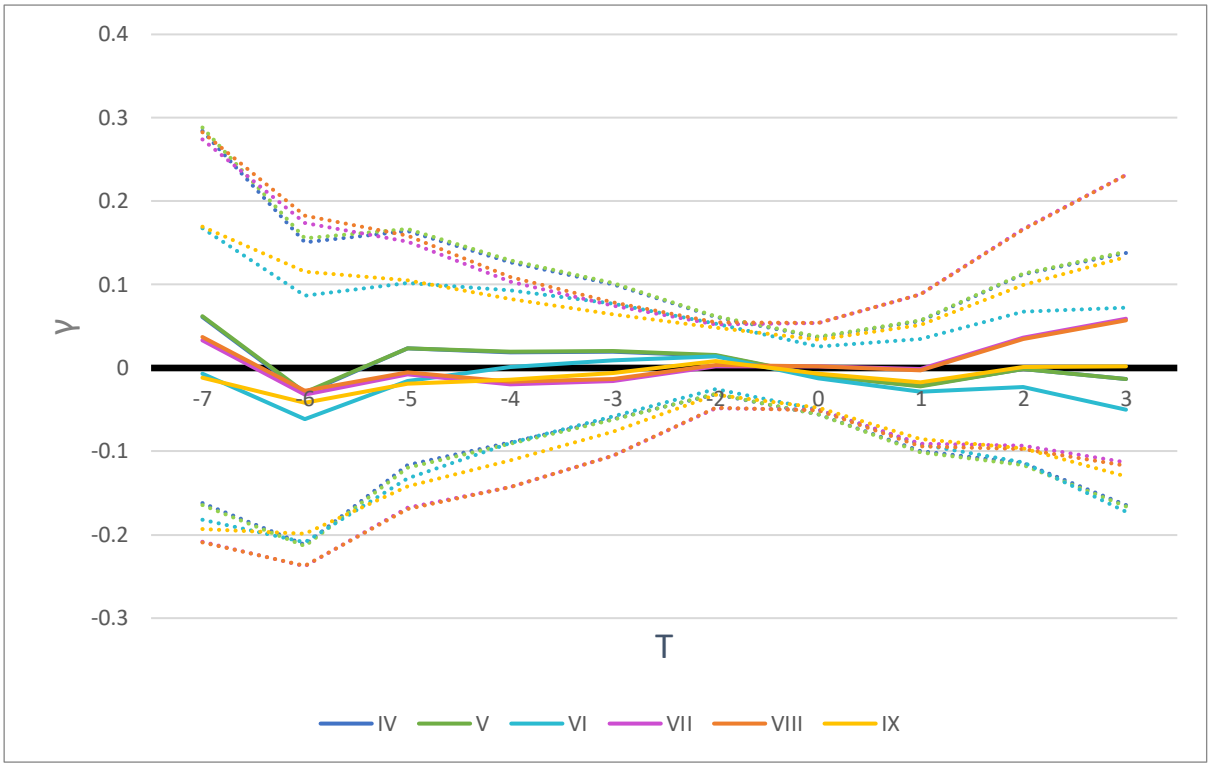

Figura 35: Event Study su log(degenti1gg+1)

Il secondo parametro oggetto di valutazione è la durata media della degenza che, analogamente a quanto attuato per le degenze brevi, viene rappresentata dalla relativa trasformazione logaritmica:

$$l_degenzamediaordinaria = \log(degenzamediaordinaria + 1)$$

Ivi è necessario includere il termine 1 per un motivo che ha a che fare con le modalità di redazione del dataset; per quei reparti che non presentano degenze- ne sono esempi la medicina legale o i dipartimenti di medicina dello sport- talvolta al campo lasciato vuoto viene preferito l'utilizzo del valore 0.

La successione di specificazioni ricalca quella presentata nel precedente paragrafo sia per quanto riguarda gli effetti fissi, che per le variabili di controllo.
La serie di regressioni (*Tabella 3*) mostra l'assenza di significatività per la più parte dei coefficienti stimati per la variabile di interesse; unica eccezione è data dalla specificazione (I), la quale individua un impatto causale positivo tra la presenza della Banda Ultra Larga e la durata delle degenze.
Il modello nelle sue specificazioni più avanzate presenta un coefficiente di determinazione R^2 superiore al 90%, indicando che il modello spiega molta della variabilità della variabile dipendente.

Tabella 3: Analisi di regressione OLS su log(degenzamediaordinaria+1)

l_degenzamediaordinaria	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
tot_dum_ubb	0.014**	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	-0.003
	(0.004)	(0.010)	(0.010)	(0.010)	(0.008)	(0.008)	(0.009)	(0.008)	(0.007)
ICM					0.862**	0.696**		0.895**	0.741**
					(0.037)	(0.028)		(0.047)	(0.039)
Indiceentropia						0.550**			0.538**
						(0.021)			(0.030)
_cons	2.122**	2.104**	1.767**	1.781**	1.080**	0.711**	2.135**	1.268**	0.819**
	(0.002)	(0.005)	(0.247)	(0.247)	(0.146)	(0.081)	(0.008)	(0.046)	(0.046)
Codicestruttura	X	X	X	X	X	X			
anno		X	X						
Codicedisciplina			X	X	X	X			
reg_yr				X	X	X	X	X	X
strutt_disc							X	X	X
N	65988	65988	65988	65988	65988	65988	65988	65988	65988
R2	0.142	0.142	0.626	0.628	0.743	0.780	0.897	0.928	0.936

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

Dall'Event Study in *Figura 36* si può rilevare una dinamica pressoché piatta dei coefficienti che non sono in alcun caso significativamente diversi da zero. Inoltre, è interessante

osservare che la sequenza delle specificazioni aumenta di volta in volta la precisione del modello, come dimostra il ridursi progressivo dell'intervallo di confidenza, che si assesta sempre più definitamente verso la spezzata dei coefficienti γ.

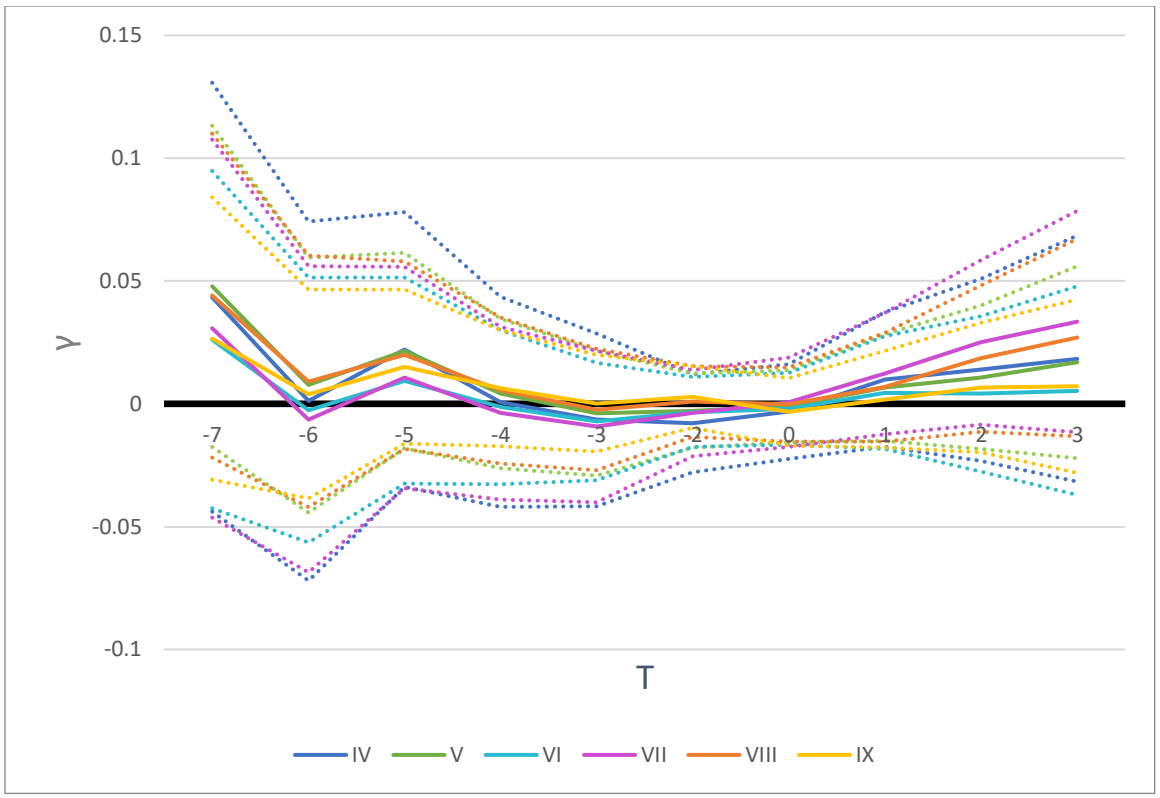

Figura 36: Event Study su log(degenzamediaordinaria+1)

Da ultima si considera la lunghezza della degenza che precede un intervento, registrata in media in ogni reparto per i pazienti che si devono sottoporre a procedure chirurgiche:

$$l_degenzamediapre = \log\left(degenzamediapreoperatoria + 1\right)$$

Sebbene il coefficiente β_1 (*Tabella 4*) assuma un valore negativo che indicherebbe una riduzione della degenza media preoperatoria corrispondente all'introduzione della fibra, l'effetto è inane poiché in nessuna delle nove specificazioni il valore è significativamente diverso da zero e quindi l'ipotesi nulla non può essere rigettata.

Tale evidenza è confermata anche dall'Event Study (*Figura 37* e *Tabella A 6*) nel quale i coefficienti delle dummy indicanti il tempo relativo non sono significativi né per i periodi che

precedono l'arrivo della fibra, escludendo la possibilità di una tendenza preesistente dell'andamento della degenza media pre-intervento, né per $T > 0$, indicando l'assenza di un possibile impatto causale della fibra sul miglioramento di tale misura di performance.

Tabella 4: Analisi di regressione OLS su log(degenzamediapreoperatoria+1)

log_degenzamediapre	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
tot_dum_ubb	-0.008	-0.014	-0.008	-0.006	-0.005	-0.006	-0.001	-0.001	-0.004
	(0.005)	(0.013)	(0.012)	(0.012)	(0.012)	(0.011)	(0.012)	(0.013)	(0.011)
ICM					0.489**	0.341**		0.519**	0.385**
					(0.031)	(0.023)		(0.041)	(0.034)
Indiceentropia						0.492**			0.453**
						(0.019)			(0.026)
_cons	1.554**	1.544**	1.357**	1.260**	0.877**	0.552**	1.505**	1.012**	0.637**
	(0.002)	(0.005)	(0.189)	(0.188)	(0.128)	(0.070)	(0.014)	(0.042)	(0.043)
Codicestruttura	X	X	X	X	X	X			
anno		X	X						
Codicedisciplina			X	X	X	X			
reg_yr				X	X	X	X	X	X
strutt_disc							X	X	X
N	61332	61332	61332	61332	61332	61332	61332	61332	61332
R2	0.107	0.107	0.475	0.481	0.531	0.568	0.792	0.805	0.812

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

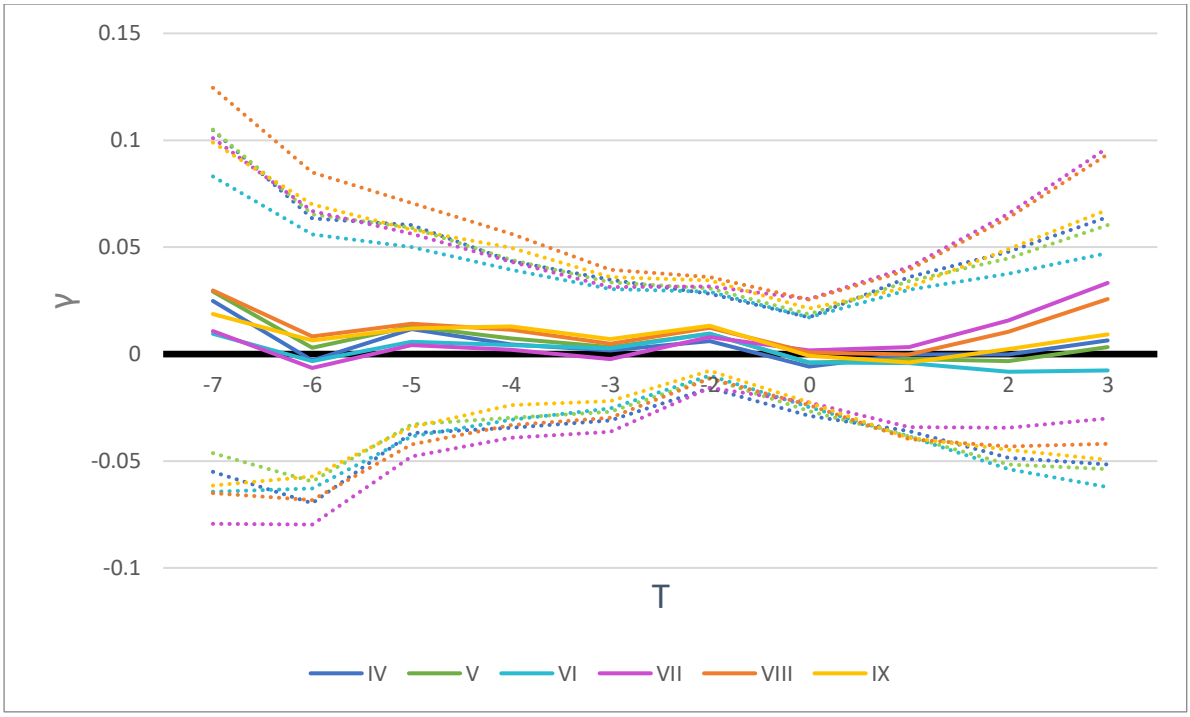

Figura 37: Event Study su log(degenzamediapreoperatoria+1)

Nel loro complesso le stime empiriche sembrano suggerire un'assenza di impatto da parte della diffusione della Banda Ultra Larga sulle performance ospedaliere del Sistema Sanitario Nazionale. Per rafforzare il risultato ottenuto, si è proceduto ad aggiungere ulteriori controlli, caratteristici dell'ospedale o del comune in cui esso è locato, quali:

- Grado di urbanizzazione del comune;
- Dimensione dell'ospedale;
- Indice Case Mix dell'ospedale all'anno base 2010;
- Indice di entropia dell'ospedale all'anno base 2010.

Sono dunque state costruite delle interazioni tra tali controlli costanti nel tempo e delle dummy temporali che permettono di tenere conto delle caratteristiche dei vari gruppi di unità senza trascurare l'effetto temporale. Le interazioni sono state aggiunte in successione osservandone il p-value e mantenendole solo se significative.
Questa ulteriore aggiunta non porta ad alcun cambiamento sostanziale, con coefficienti che, in tutte le specificazioni e per tutti gli output utilizzati, non appaiono mai significativi, né nelle regressioni OLS né nello studio dell'effetto dinamico. I risultati completi sono consultabili alla Sezione B dell'appendice.

3.2 Parte seconda: analisi per gruppi eterogenei

3.2.1 Differenziazione per discipline

Appurato che l'effetto dell'introduzione di reti di telecomunicazione avanzate in fibra nei comuni dove sono locati gli ospedali non ne impatta le prestazioni in modo significativo a livello complessivo, appare importante approfondire la prospettiva, indi per cui si procede a scomporre il campione.
Gli effetti della nuova tecnologia potrebbero, infatti, essere appannati dall'eccessiva aggregazione di reparti e strutture anche molto diversi tra loro per natura, geolocalizzazione e dimensione.

Per valutare l'impatto nei diversi ambiti della pratica ospedaliera si individuano sei classi critiche che comprendono una o più sottodiscipline secondo la categorizzazione proposta dall'NSIS:

I. Discipline cardiologiche;
II. Discipline oncologiche;
III. Discipline radiologiche;
IV. Discipline neurologiche;
V. Discipline chirurgiche;
VI. Terapie intensive.

L'analisi è condotta utilizzando la metodologia OLS applicata a tre equazioni di regressione lineari, differenti per la scelta della variabile dipendente, la quale può fare riferimento al numero di dimessi in 1 giorno, alla degenza media ordinaria o a quella preoperatoria.

Il modello di regressione usato è lineare con la presenza di un triplo effetto fisso rispettivamente per combinazione di regione ed anno, per l'ospedale e per il reparto, nonché un controllo per l'ICM a livello di reparto:

$$Y_{ijmt} = \beta_0 + \beta_1 UBB_{mt} + \beta_2 ICM + FE_i + FE_t + FE_j + \varepsilon_i$$

Il logaritmo dei degenti ricoverati per un solo giorno è tra gli output utilizzati quello la cui univocità risulta più labile. Esso, infatti, è stato selezionato in quanto un numero più alto di degenti la cui casistica è risolta in un tempo breve è sicuramente indice di una qualità più elevata. Tuttavia, il valore di questo numero può essere intrinsecamente connesso alla tipologia di disciplina e, in alcuni reparti, ad una degenza più lunga si può associare una cura più approfondita.
Come si può riscontrare dalla *Tabella 5* vi è un'ampia eterogeneità di impatti nei vari reparti.
L'impatto non è rilevabile nelle discipline chirurgiche e nelle terapie intensive, nelle quali all'installazione della fibra non sembra corrispondere alcuna variazione nel numero di dimessi rapidi.
Chi sembra beneficiare ampiamente dell'introduzione della fibra sono le discipline radiologiche, le quali si contraddistinguono spesso per procedure brevi e, come descritto nel Paragrafo 1.3.4, si dotano di un apparato altamente tecnologico, che può evidentemente beneficiare di maggiori prestazioni della rete. Per la radiologia, infatti, si ha un aumento percentuale di pazienti con una degenza di un solo giorno dell'80%.

Per il ramo neurologico e per quello oncologico, l'avvento della fibra comporta invece una riduzione del logaritmo dei degenti per un giorno, che va dal 18% al 27% circa.

Tabella 5: analisi di regressione OLS su log(deg1gg+1) per tipologia di disciplina

l_deg1gg	Cardiologiche	Oncologiche	Radiologiche	Neurologiche	Chirurgiche	Terapie Intensive
tot_dum_ubb	-0.104*	-0.267**	0.840**	-0.181**	0.029	-0.017
	(0.054)	(0.132)	(0.169)	(0.059)	(0.072)	(0.049)
ICM	0.311	0.061	-0.525	0.226	0.098	-0.103
	(0.459)	(0.283)	(0.590)	(0.170)	(0.344)	(0.089)
_cons	1.319**	2.803**	3.641**	3.620**	0.990**	3.336**
	(0.585)	(0.295)	(0.559)	(0.197)	(0.440)	(0.106)
N	6545	1796	264	3927	7633	4320
R2	0.491	0.768	0.838	0.749	0.758	0.778

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

La degenza media è un importante parametro di valutazione degli ospedali e, secondo le rilevazioni dell'Eurostat, l'Italia non è tra i paesi virtuosi a livello di durata classificandosi all'ottavo posto per lunghezza e presentando una durata media del ricovero che nel 2018 era di 8,2 giorni, collocandosi all'ottavo posto, più vicina alla durata di 10 giorni ungherese piuttosto che alla durata minima di 4,5 registrata nei Paesi Bassi [39].

Al fine di ridurre l'occupazione degli ospedali tale misura dovrebbe essere rivista a ribasso. Dai risultati dell'analisi (*Tabella 6*) un effetto riduttivo lo produce l'introduzione della fibra sulla degenza radiologica in regime ordinario, con una contrazione di tale misura che raggiunge il 38%. Per le altre discipline, invece non si rilevano risultati con significatività inferiore al 10%.

Tabella 6: analisi di regressione OLS su log(degenzamediaordinaria+1) per tipologia di disciplina

l_degenzamedia ordinaria	Cardiologiche	Oncologiche	Radiologiche	Neurologiche	Chirurgiche	Terapie Intensive
tot_dum_ubb	0.003	-0.109	-0.384**	0.019	0.025	0.027
	(0.015)	(0.101)	(0.115)	(0.030)	(0.015)	(0.025)
ICM	1.046**	1.410**	1.403**	0.889**	1.094**	0.509**
	(0.099)	(0.170)	(0.218)	(0.327)	(0.096)	(0.050)
_cons	1.508**	1.034**	0.353	1.453**	1.384**	2.149**
	(0.143)	(0.170)	(0.368)	(0.323)	(0.132)	(0.052)
N	6545	1796	264	3927	7633	4320
R2	0.771	0.830	0.951	0.818	0.806	0.684

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

Mentre non si hanno informazioni sul grado di acutezza delle degenze in considerazione e quindi su come l'impatto si diversifica in base alla gravità del caso trattato, si può cogliere un ulteriore risvolto facendo riferimento al sottogruppo di degenze per cui è previsto un qualche tipo di intervento.

L'effetto non è anche in questo caso univoco come si nota dalla *Tabella 7*: dei sei gruppi considerati infatti, solo due presentano un risultato statisticamente significativo al 5%. In entrambi i casi si tratta di una riduzione che coinvolge, non a caso, due reparti che avevano manifestato già in precedenza la presenza di una relazione causale.

Mentre in campo radiologico si ha un ribassamento della degenza media preoperatoria del 36%, per le discipline neurologiche- neurologia, neuropsichiatria infantile, neurochirurgia e neurochirurgia pediatrica, neuroriabilitazione- la durata del soggiorno che precede l'intervento diminuisce del 15% circa. Il campo neurologico, infatti, è contraddistinto sia dall'utilizzo consolidato della diagnostica per immagini, che, in maniera sempre crescente, dall'uso di sistemi avanzati di *imaging* e realtà virtuale a fini operatori, con benefici conclamati per durata ed efficacia degli interventi (cfr. Paragrafo 1.3.4). Non è inverosimile, pertanto, che ciò si ripercuota in definitiva sulla durata della degenza preoperatoria.

Dalle analisi effettuate, dunque, si può evincere che l'effetto positivo delle reti in fibra sugli ospedali si manifesta non in maniera diffusa ed indifferenziata, bensì attraverso il miglioramento della produttività di quei reparti, come neurologia e radioterapia, nei quali la presenza di soluzioni cliniche che sfruttano l'ICT è massiccia. Tali discipline, talmente

complesse e per le quali la specializzazione è essenziale, sono presenti in maggioranza negli ospedali di dimensioni non irrilevanti, creando dunque un canale preferenziale per la fibra in strutture di grandi dimensioni.

Tabella 7: analisi di regressione OLS su log(degenzamediaopreoperatoria+1) per tipologia di disciplina

l_degenzamediapre	Cardiologiche	Oncologiche	Radiologiche	Neurologiche	Chirurgiche	Terapie Intensive
tot_dum_ubb	-0.019	-0.067	-0.361**	-0.157**	0.009	0.003
	(0.024)	(0.067)	(0.098)	(0.060)	(0.0170)	(0.044)
ICM	0.712**	0.943**	0.980**	0.607**	0.633**	0.129**
	(0.081)	(0.143)	(0.197)	(0.191)	(0.086)	(0.053)
_cons	0.941**	0.852**	0.587*	1.011**	0.991**	2.104**
	(0.131)	(0.145)	(0.323)	(0.190)	(0.137)	(0.070)
N	6250	1710	249	3631	7338	4004
R2	0.539	0.786	0.927	0.615	0.625	0.487

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

3.2.2 Altre eterogeneità

La possibilità che l'impatto medio nullo possa in realtà nascondere degli effetti su dimensioni scorporate ha portato a condurre l'analisi anche su altre dimensioni oltre a quella delle discipline ospedaliere.

Nello specifico si sono sfruttate le regressioni per valutare l'impatto per differente area geografica, per grado di urbanizzazione, per dimensione degli ospedali.

I risultati, consultabili alla Sezione C dell'appendice, non spingono ad individuare nessun potenziale legame, essendo per la più parte non significativi e trascurabili.

Questo porta a ritenere che il driver principale di impatto sia da ricercare proprio nell'intensità di utilizzo di applicativi che sfruttano l'ICT nei reparti degli ospedali.

Conclusioni

Lo studio è incentrato su una prima individuazione empirica dell'effetto che l'infrastruttura delle reti a Banda Ultra Larga può portare al settore ospedaliero in Italia, coinvolto da un'imminente trasformazione e che è sempre più interessato da tematiche quali digitalizzazione e innovazione.

La digitalizzazione in sanità, diventato tema caldo in conseguenza alla pandemia, è un progetto che assorbe sforzi tecnici, finanziari e politici da più di un decennio, sia a livello comunitario che a livello nazionale, come dimostra la pletora di iniziative presentate nel Capitolo I.
La via per la costruzione della medicina del futuro- personalizzata, predittiva, preventiva, partecipativa- a livello attuativo ha due possibili sbocchi.
Da un lato si punta a sfruttare i mezzi potenziati di telecomunicazione al fine di ottimizzare i processi attraverso il miglioramento dei sistemi di accesso, contatto e presa in carico del paziente ed attraverso la raccolta, la gestione e l'accesso ubiquo ai dati del paziente.
Dall'altro vi è l'innovazione clinica che va dalla telemedicina, alle tecniche moderne di *imaging* per la diagnostica, ai software di assistenza alle operazioni chirurgiche. Gli ambiti di applicazione di tali innovazioni sono per ora limitati a specifici rami della pratica, ma in espansione.

L'analisi empirica ha potuto sfruttare degli indicatori desunti dai dati sull'attività dei reparti ospedalieri. Le misure individuate hanno a che fare con il tasso di degenze rapide e la durata delle ospedalizzazioni. L'analisi della letteratura suggerisce che misure altrettanto valide possono essere i tassi di mortalità e riammissione; una prosecuzione di questa analisi che includa anche tali output è del tutto auspicabile e permetterebbe di cogliere degli aspetti che per motivi intrinsechi alla loro natura non possono essere delineati dagli indicatori qui proposti.

Emerge dal Capitolo III che l'effetto medio dell'introduzione della fibra nei comuni degli ospedali è complessivamente nullo. Tale risultato è provato dall'analisi OLS con effetti fissi, ma confermato e reso più solido dalla metodologia dell'*Event Study.* Questa ben si adatta al contesto studiato, caratterizzato da uno *staggered design* in cui la fibra non raggiunge contemporaneamente tutti i nosocomi, ma è introdotta in un intervallo di tempo che va dal 2015 al 2018. Questo primo risultato in quanto generale risente dell'aggregazione di dati vari, che si riferiscono a discipline ed ospedali tra loro molto differenti.

In definitiva, si rileva una grande eterogeneità tra reparti, in particolare tra quelli ad alta intensità di soluzioni ICT e quelli più tradizionali che vi si appoggiano meno.
I reparti per cui l'impatto si manifesta ricadono per l'appunto nella prima categoria. Per la radiologia, disciplina estremamente ricettiva dell'innovazione, si registra un aumento dei dimessi rapidi ed una riduzione della degenza media ordinaria e di quella preoperatoria. La neurochirurgia, che condivide con la radiologia l'utilizzo di sistemi avanzati di *imaging* e una struttura fortemente sostenuta da sistemi informativi per la trasmissione delle immagini, sebbene associ all'introduzione della Banda Ultra Larga una minor percentuale di dimessi in un giorno, ha una riduzione significativa del tempo di degenza preoperatorio.

In conclusione, nel promuovere la connessione degli ospedali e nel ricostruire il Sistema Sanitario, l'iniziativa politica dovrebbe prevedere misure mirate e prendere atto del fatto che la presenza di una connessione ultraveloce trova terreno fertile negli ospedali, generalmente di grande dimensione, che includono reparti nei quali l'ICT è un *asset* fondamentale.

Appendice

Sezione A

Tabella A 1: Analisi di regressione OLS su tassodimessi1gg

tassodimessi1gg	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
tot_dum_ubb	0.006**	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	0.000	0.001
	(0.001)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)
ICM					-0.078**	-0.073**		-0.066**	-0.065**
					(0.006)	(0.006)		(0.007)	(0.007)
Indiceentropia						-0.071**			-0.023**
						(0.007)			(0.008)
_cons	0.128**	0.128**	0.054	0.065	0.133**	0.198**	0.133**	0.198**	0.223**
	(0.001)	(0.001)	(0.041)	(0.041)	(0.034)	(0.029)	(0.002)	(0.007)	(0.012)
Codicestruttura	X	X	X	X	X	X			
anno		X	X						
Codicedisciplina			X	X	X	X			
reg_yr				X	X	X	X	X	X
strutt_disc							X	X	X
N	64665	64665	64665	64665	64665	64665	64665	64665	64665
R2	0.112	0.112	0.482	0.485	0.498	0.505	0.877	0.879	0.879

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

Tabella A 2: Event Study su log(dimessi1gg+1)

l_deg1gg	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
dd_m7	0.061	0.062	-0.007	0.033	0.037	-0.012
	(0.114)	(0.115)	(0.089)	(0.123)	(0.125)	(0.092)
dd_m6	-0.031	-0.029	-0.061	-0.032	-0.027	-0.042
	(0.092)	(0.094)	(0.075)	(0.105)	(0.107)	(0.080)
dd_m5	0.024	0.024	-0.015	-0.008	-0.005	-0.019
	(0.072)	(0.073)	(0.060)	(0.081)	(0.083)	(0.063)
dd_m4	0.019	0.019	0.001	-0.020	-0.017	-0.014
	(0.055)	(0.056)	(0.047)	(0.063)	(0.064)	(0.049)
dd_m3	0.019	0.019	0.010	-0.015	-0.013	-0.006
	(0.041)	(0.041)	(0.034)	(0.046)	(0.047)	(0.036)
dd_m2	0.015	0.016	0.014	0.002	0.003	0.008
	(0.023)	(0.023)	(0.020)	(0.026)	(0.026)	(0.021)
dd_0	-0.010	-0.010	-0.012	0.002	0.002	-0.007
	(0.024)	(0.024)	(0.019)	(0.026)	(0.027)	(0.021)
dd_p1	-0.021	-0.022	-0.029	-0.001	-0.003	-0.017
	(0.040)	(0.040)	(0.032)	(0.046)	(0.046)	(0.035)
dd_p2	-0.001	-0.001	-0.023	0.036	0.034	0.002
	(0.058)	(0.058)	(0.046)	(0.066)	(0.067)	(0.050)
dd_p3	-0.013	-0.013	-0.050	0.059	0.057	0.002
	(0.077)	(0.078)	(0.062)	(0.087)	(0.089)	(0.067)
ICM		0.176**	-0.352**		0.265**	-0.163**
		(0.069)	(0.041)		(0.061)	(0.038)
Indiceentropia			1.747**			1.496**
			(0.051)			(0.058)
_cons	0.939*	0.796	-0.346	3.358**	3.094**	1.878**
	(0.531)	(0.548)	(0.788)	(0.052)	(0.081)	(0.091)
Codicestruttura anno	X	X	X			
Codicedisciplina	X	X	X			
reg_yr	X	X	X	X	X	X
strutt_disc				X	X	X
N	65988	65988	65988	65988	65988	65988
R2	0.607	0.608	0.667	0.914	0.914	0.924

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

Tabella A 3: Analisi di regressione OLS su Degenzamediaordinaria

Degenzamedia ordinaria	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
tot_dum_ubb	0.260**	-0.046	-0.037	-0.087	-0.078	-0.080	-0.096	-0.106	-0.112
	(0.0706)	(0.159)	(0.151)	(0.166)	(0.159)	(0.159)	(0.165)	(0.154)	(0.155)
ICM					7.775**	7.583**		6.755**	6.491**
					(0.541)	(0.712)		(0.381)	(0.406)
Indiceentropia						0.635			0.923**
						(0.704)			(0.348)
_cons	9.512**	9.341**	6.408**	6.759**	0.434	0.008	9.859**	3.242**	2.483**
	(0.028)	(0.061)	(1.612)	(1.621)	(0.793)	(0.698)	(0.151)	(0.362)	(0.422)
Codicestruttura	X	X	X	X	X	X			
anno		X	X						
Codicedisciplina			X	X	X	X			
reg_yr				X	X	X	X	X	X
strutt_disc							X	X	X
N	65988	65988	65988	65988	65988	65988	65988	65988	65988
R2	0.224	0.224	0.635	0.635	0.675	0.675	0.924	0.932	0.932

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

Tabella A 4: Event Study su log(degenzamediaordinaria+1)

l_degenzamediaordinaria	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
dd_m7	0.043	0.048	0.026	0.031	0.044	0.027
	(0.044)	(0.033)	(0.035)	(0.039)	(0.034)	(0.029)
dd_m6	0.001	0.008	-0.002	-0.006	0.009	0.004
	(0.037)	(0.026)	(0.027)	(0.032)	(0.026)	(0.022)
dd_m5	0.022	0.022	0.009	0.011	0.020	0.015
	(0.029)	(0.020)	(0.021)	(0.023)	(0.019)	(0.016)
dd_m4	0.001	0.004	-0.001	-0.004	0.005	0.006
	(0.022)	(0.016)	(0.016)	(0.018)	(0.015)	(0.012)
dd_m3	-0.006	-0.004	-0.007	-0.009	-0.002	0.000
	(0.018)	(0.013)	(0.012)	(0.016)	(0.013)	(0.010)
dd_m2	-0.008	-0.003	-0.003	-0.004	0.001	0.003
	(0.010)	(0.008)	(0.007)	(0.009)	(0.007)	(0.006)
dd_0	-0.003	-0.001	-0.002	0.001	-0.000	-0.003
	(0.010)	(0.008)	(0.007)	(0.009)	(0.008)	(0.007)
dd_p1	0.010	0.007	0.004	0.012	0.007	0.002
	(0.014)	(0.011)	(0.012)	(0.013)	(0.011)	(0.010)
dd_p2	0.014	0.011	0.004	0.025	0.018	0.007
	(0.019)	(0.015)	(0.016)	(0.017)	(0.015)	(0.013)
dd_p3	0.018	0.017	0.005	0.033	0.027	0.007
	(0.026)	(0.020)	(0.022)	(0.023)	(0.021)	(0.018)
ICM		0.862**	0.696**		0.895**	0.741**
		(0.038)	(0.028)		(0.047)	(0.039)
Indiceentropia			0.550**			0.537**
			(0.021)			(0.030)
_cons	1.765**	1.066**	0.706**	2.114**	1.250**	0.813**
	(0.249)	(0.149)	(0.085)	(0.017)	(0.049)	(0.048)
Codicestruttura	X	X	X			
anno						
Codicedisciplina	X	X	X			
reg_yr	X	X	X	X	X	X
strutt_disc				X	X	X
N	65988	65988	65988	65988	65988	65988
R2	0.628	0.743	0.780	0.897	0.928	0.936

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

Tabella A 5: Analisi di regressione OLS su Degenzamediapreoperatoria

Degenzamedia preoperatoria	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
tot_dum_ubb	-0.066	-0.231	-0.185	-0.167	-0.161	-0.163	-0.119	-0.121	-0.125
	(0.046)	(0.145)	(0.139)	(0.146)	(0.147)	(0.146)	(0.133)	(0.144)	(0.142)
ICM					2.170**	1.891**		1.669**	1.416**
					(0.221)	(0.242)		(0.348)	(0.355)
Indiceentropia						0.929**			0.853**
						(0.172)			(0.189)
_cons	4.698**	4.628**	3.945**	3.724**	2.026**	1.412**	4.647**	3.069**	2.360**
	(0.018)	(0.044)	(0.770)	(0.768)	(0.582)	(0.494)	(0.127)	(0.351)	(0.365)
Codicestruttura	X	X	X	X	X	X			
anno		X	X						
Codicedisciplina			X	X	X	X			
reg_yr				X	X	X	X	X	X
strutt_disc							X	X	X
N	61332	61332	61332	61332	61332	61332	61332	61332	61332
R2	0.088	0.088	0.347	0.350	0.363	0.365	0.659	0.660	0.661

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

Tabella A 6: Event Study su log(degenzamediapreoperatoria+1)

l_degenzamedia pre	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)
dd_m7	0.025	0.029	0.009	0.011	0.030	0.019
	(0.041)	(0.039)	(0.038)	(0.046)	(0.048)	(0.041)
dd_m6	-0.003	0.003	-0.003	-0.006	0.008	0.006
	(0.034)	(0.032)	(0.030)	(0.037)	(0.039)	(0.032)
dd_m5	0.012	0.013	0.006	0.004	0.014	0.012
	(0.025)	(0.024)	(0.023)	(0.027)	(0.029)	(0.024)
dd_m4	0.004	0.007	0.004	0.002	0.012	0.013
	(0.020)	(0.019)	(0.018)	(0.021)	(0.023)	(0.019)
dd_m3	0.002	0.003	0.002	-0.002	0.005	0.007
	(0.017)	(0.015)	(0.014)	(0.017)	(0.018)	(0.015)
dd_m2	0.006	0.010	0.010	0.008	0.012	0.013
	(0.011)	(0.011)	(0.010)	(0.012)	(0.012)	(0.011)
dd_0	-0.006	-0.004	-0.004	0.002	0.001	-0.001
	(0.012)	(0.012)	(0.011)	(0.012)	(0.013)	(0.011)
dd_p1	-0.000	-0.002	-0.004	0.003	-0.000	-0.004
	(0.018)	(0.019)	(0.018)	(0.019)	(0.020)	(0.018)
dd_p2	-0.000	-0.003	-0.008	0.016	0.010	0.002
	(0.025)	(0.025)	(0.023)	(0.025)	(0.027)	(0.024)
dd_p3	0.006	0.003	-0.008	0.033	0.026	0.009
	(0.029)	(0.029)	(0.028)	(0.032)	(0.035)	(0.030)
ICM		0.489**	0.341**		0.519**	0.385**
		(0.031)	(0.023)		(0.041)	(0.034)
Indiceecntropia			0.492**			0.453**
			(0.019)			(0.026)
_cons	1.248**	0.870**	0.553**	1.488**	0.998**	0.632**
	(0.190)	(0.130)	(0.074)	(0.022)	(0.046)	(0.046)
Codicestruttura	X	X	X			
anno						
Codicedisciplina	X	X	X			
reg_yr	X	X	X	X	X	X
strutt_disc				X	X	X
N	61332	61332	61332	61332	61332	61332
R2	0.481	0.531	0.568	0.792	0.805	0.812

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

Sezione B

Tabella B 1: analisi di regressione OLS su log(degenti1gg+1)

l_deg1gg	(1)	(2)
tot_dum_ubb	-0.009	-0.007
	(0.026)	(0.031)
ICM	0.269**	0.270**
	(0.061)	(0.061)
_cons	3.870**	3.782**
	(0.096)	(0.102)
ICM*anno	X	X
Indiceentropia*anno		
GradoUrbanizzazione*anno		
Dimensione*anno		X
N	64948	64948
R2	0.913	0.914

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

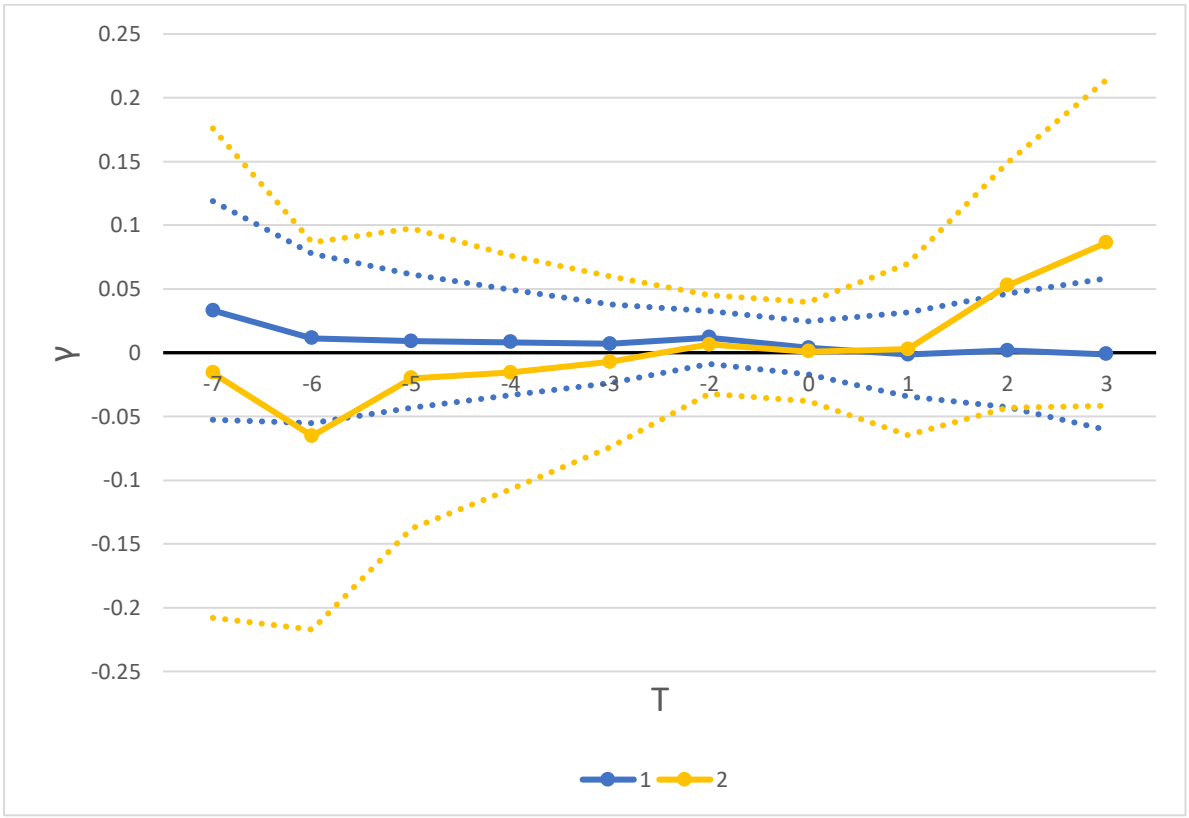

Figura B 1: Event Study su log(degenti1gg+1)

Figura B 2: analisi di regressione OLS su log(degenzamediaordinaria+1)

l_degenzamediaordinaria	(1)	(2)
tot_dum_ubb	-0.003	-0.003
	(0.007)	(0.007)
ICM	0.745**	0.745**
	(0.040)	(0.040)
_cons	0.502**	0.470**
	(0.166)	(0.166)
ICM*anno		
Indiceentropia*anno	X	X
GradoUrbanizzazione*anno		
Dimensione*anno		X
N	64948	64948
R2	0.936	0.936

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

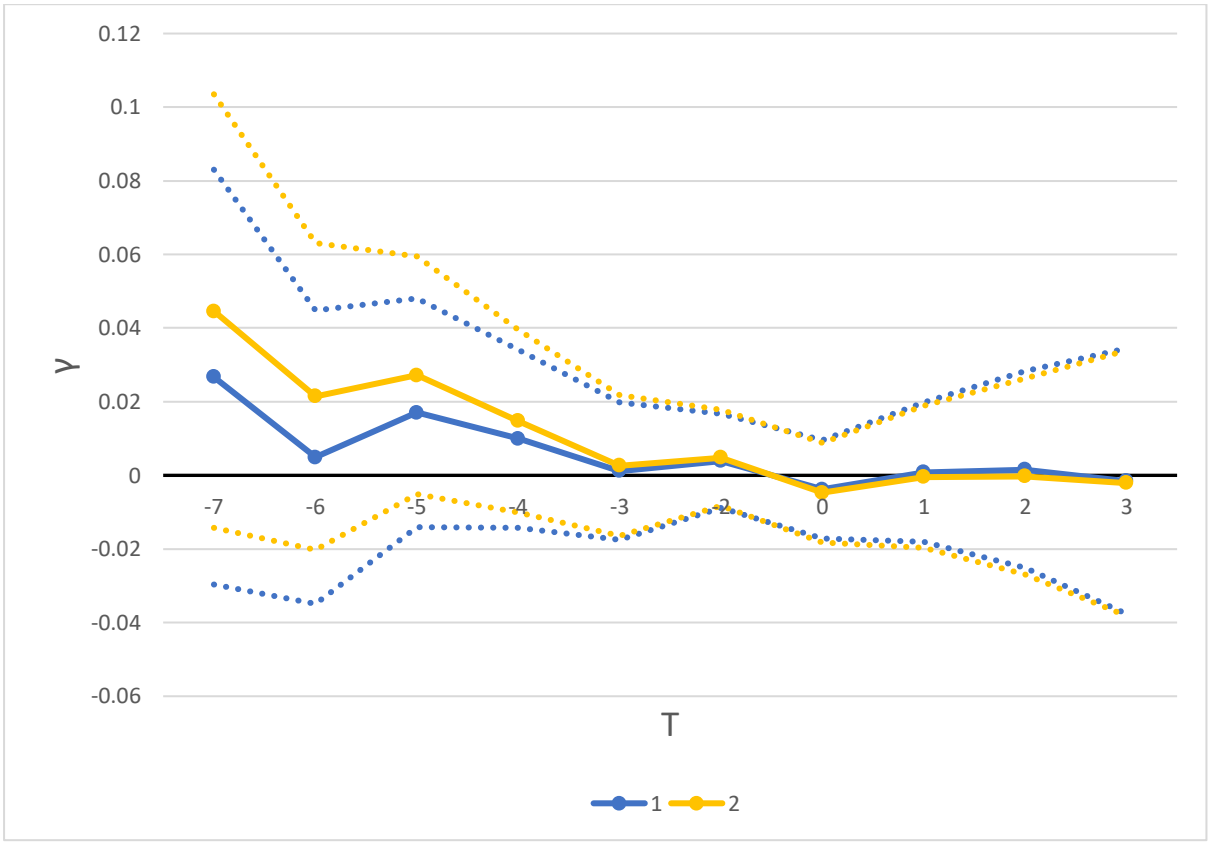

Figura B 3: Event Study su log(degenzamediaordinaria+1)

Figura B 4: analisi di regressione OLS su log(degenzamediapreoperatoria+1)

l_degenzamediapre	
tot_dum_ubb	0.003
	(0.011)
ICM	0.385**
	(0.033)
_cons	0.882**
	(0.091)
ICM*anno Indiceentropia*anno GradoUrbanizzazione*anno Dimensione*anno	X
N	61332
R2	0.812

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

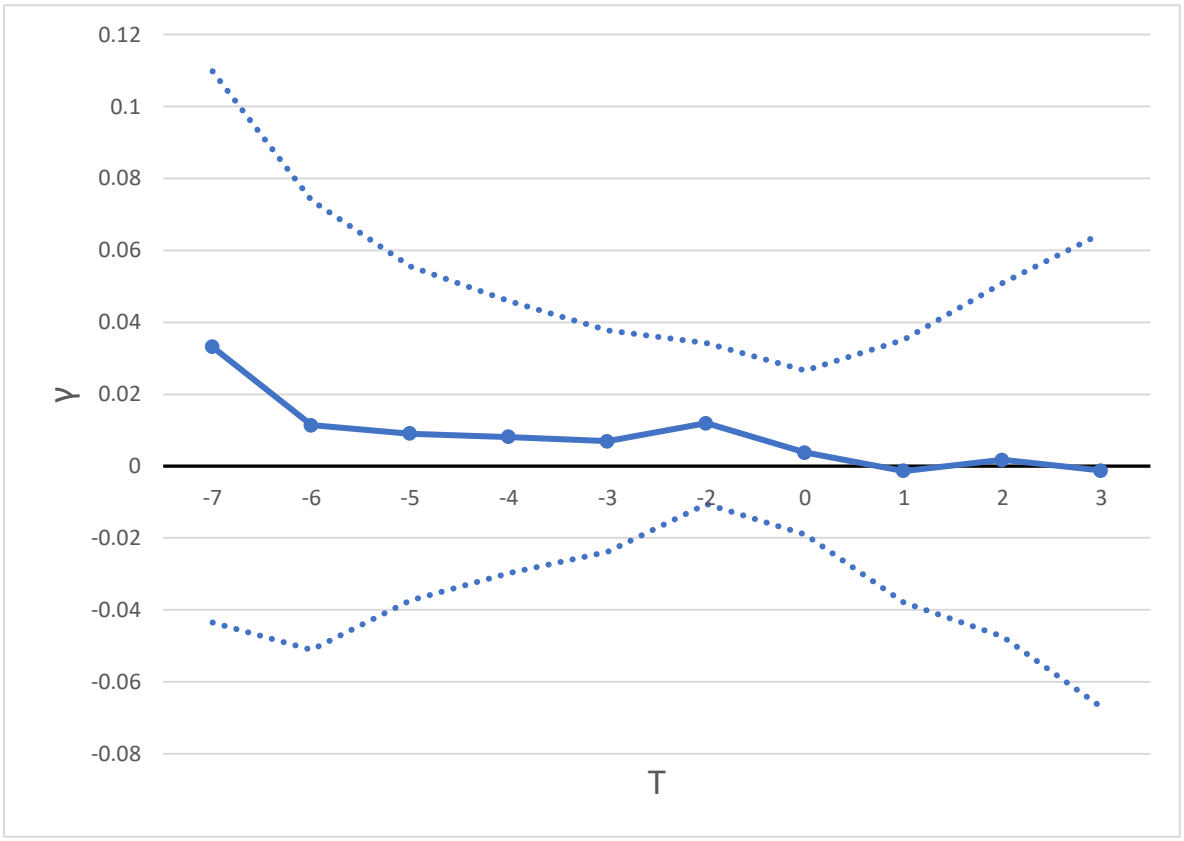

Figura B 5: Event Study su log(degenzamediapreoperatoria+1)

Sezione C

Tabella C 1: analisi di regressione OLS con distinzione tra comuni non urbanizzati (NonUrb) e urbanizzati (Urb)

	l_deg1gg		l_degenzamediaordinaria		l_degenzamediapre	
	NonUrb	Urb	NonUrb	Urb	NonUrb	Urb
tot_dum_ubb	0.008	-0.022	-0.029	0.007	-0.071**	0.004
	(0.058)	(0.022)	(0.019)	(0.009)	(0.030)	(0.014)
ICM	0.834**	0.121*	1.126**	0.844**	0.712**	0.475**
	(0.158)	(0.071)	(0.080)	(0.039)	(0.067)	(0.032)
_cons	-1.180**	0.921*	0.977**	1.095**	0.616**	0.885**
	(0.188)	(0.544)	(0.076)	(0.149)	(0.074)	(0.130)
N	7086	58902	7086	58902	6385	54947
R2	0.638	0.611	0.799	0.741	0.546	0.533

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

Tabella C 2: analisi di regressione OLS con distinzione per dimensione

	l_deg1gg		l_degenzamediaordinaria		l_degenzamediapre	
	USL	AO	USL	AO	USL	AO
tot_dum_ubb	-0.000	-0.146**	-0.001	-0.010	0.003	-0.006
	(0.022)	(0.051)	(0.009)	(0.042)	(0.013)	(0.060)
ICM	0.349**	-0.192**	0.928**	0.712**	0.561**	0.368**
	(0.090)	(0.082)	(0.048)	(0.060)	(0.037)	(0.053)
_cons	-0.434**	1.971**	1.055**	1.243**	0.808**	0.971**
	(0.220)	(0.553)	(0.279)	(0.217)	(0.306)	(0.184)
N	46467	15250	46467	15250	43081	14382
R2	0.635	0.634	0.758	0.699	0.549	0.481

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

Tabella C 3: analisi di regressione OLS con distinzione per ripartizione territoriale

	l_deg1gg			l_degenzamediaordinaria			l_degenzamediapre		
	Nord	Centro	Sud	Nord	Centro	Sud	Nord	Centro	Sud
tot_dum_ubb	0.020	-0.029	-0.048	0.026**	-0.034*	0.001	0.013	-0.029	-0.007
	(0.028)	(0.073)	(0.035)	(0.011)	(0.018)	(0.012)	(0.019)	(0.020)	(0.022)
ICM	0.0146	0.558**	0.278**	0.735**	1.043**	0.948**	0.378**	0.693**	0.569**
	(0.100)	(0.119)	(0.108)	(0.048)	(0.061)	(0.061)	(0.034)	(0.054)	(0.056)
_cons	0.078	0.024	1.513**	1.463**	1.065**	0.727**	1.332**	0.565**	0.657**
	(0.093)	(0.428)	(0.472)	(0.046)	(0.142)	(0.146)	(0.033)	(0.135)	(0.161)
N	27608	13873	24507	27608	13873	24507	26629	11996	22707
R2	0.660	0.627	0.602	0.784	0.769	0.721	0.570	0.595	0.513

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

Bibliografia

[1] A. Akerman, I. Gaarder, M. Mogstad, 2015. The Skill Complementarity of Broadband, *The Quarterly Journal of Economics*, 130 (4):1781–1824.

[2] Amisha, P. Malik, M. Pathania, VK. Rathaur, 2019. Overview of artificial intelligence in medicine. *Journal of Family Medicine and Primary Care* 8:2328-2331.

[3] S. Arvantis, E. Loukis, 2016. Investigating the effects of ICT on innovation and performance of European hospitals: an exploratory study, *European Journal of Health Economics*, 17:403–418.

[4] M. Ashraf, N. Choudhary, S. S. Hussain, U. A. Kamboh, 2020. *Role of intraoperative computed tomography scanner in modern neurosurgery*, Surgical Neurology International, 11:247.

[5] B. C. Bauerly, R. F. McCord, R. Hulkower, D. Pepim, 2019. Broadband Access as a Public Health Issure *Journal of Law, Medicine & Ethics,* 47(2):39-42.

[6] N.C. Benda, T. C. Veinot, C. J. Sieck, J. S. Ancker, 2020. Broadband Internet Access is a Social Determinant of Health, *American Journal of Public Health,* 110(8): 1123-1125.

[7] F. C. Billari, O. Giuntella, L. Stella, 2018. Broadband internet, digital temptations and sleep, *Journal of Economic Behavior and Organization,* 153: 58–76.

[8] F. C. Billari, O. Giuntella, O., L. Stella, 2017. Does broadband internet affect fertility? *IZA Discussion Paper* 10935.

[9] K. Borusyak and X. Jaravel, 2017. Revisiting event study designs, *Available at SSRN 2826228.*

[10] T. F. Bresnahan and M. Trajtenberg, 1995. General purpose technologies “engines of growth”? *Journal of econometrics*, 65(1): 83-108.

[11] W. Briglauer, K. Gugler, 2019. Go for Gigabit? First Evidence on Economic Benefits of High- speed Broadband Technologies in Europe, *Journal of Common Market Studies*, 57 (5): 1071-1090.

[12] N. D. Brunetti, L. De Gennaro, P. Caldarola, G. Molinari, M. Di Biase, 2017. Telecardiology: what’s new from Italy*?, European Research in Telemedicine/La Recherche Européenne en Télémédecine* 6: 137-146.

[13] R. Cilia, F. Mancini, B. R. Bloem, R. Eleopra, Telemedicine for parkinsonism: a two-step model based on the COVID-19 experience in Milan, Italy, *Parkinsonism & Related Disorders*, 75: 130-123.

[14] SDA Bocconi School of Management, 2019. Rapporto OASI 2019- Osservatorio sulle Aziende e sul Sistema Sanitario Italiano, *Cergas Bocconi.*

[15] R. Crandall, W. Lehr, R. Litan, 2007. The Effects of Broadband Deployment on Output and Employment: A Cross-sectional Analysis of U.S. Data, *Issues in Economic Policy*, 6.

[16] N. Czernich, O. Falck, T. Kretschmer, L. Woessmann, 2011. Broadband Infrastructure and Economic Growth, *The Economic Journal*, 121 (5): 505–532.

[17] European Commission, 2004. Communication from the commission: making healthcare better for European citizens: An action plan for a European e-Health Area**.**

[18] European Commission, 2010. Communication from the commission: Europe 2020- A strategy for smart, sustainable, inclusive growth.

[19] European Commission, 2012. Communication from the commission: eHealth Action Plan 2012-2020 - Innovative healthcare for the 21st century.

[20] European Commission, 2016. Communication from the commission: Connectivity for a Competitive Digital Single Market- Towards a European Gigabit Society.

[21] European Commission, 2018. Communication from the commission: on enabling the digital transformation of health and care in the Digital Single Market; empowering citizens and building a healthier society.

[22] European Commission, 2021. Communication from the commission: 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade.

[23] R. Fabling, A. Grimes, 2016. Picking up speed: Does ultrafast broadband increase firm productivity? *Motu working paper,* 16–22.

[24] B. Fiani, F. De Stefano, A. Kondilis, C. Covarrubias, L. Reier, K. Sarhadi, 2020. Virtual Reality in Neurosurgery: "Can You See It?" A Review of the Current Applications and Future Potential, *World Neurosurgery*, 141:291-298.

[25] M. Fischer, B. Fuerst, S.C. Lee, 2016. Preclinical usability study of multiple augmented reality concepts for K-wire placement, *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 11(6):1007-1014.

[26] M. A. Flower, 2012. *Webb's Physics of Medical Imaging*, Second Edition, Florida: CRC Press, XXXIII-XXXVI.

[27] Fondazione GIMBE, 2019. Report Osservatorio GIMBE n. 7/2019. Il definanziamento 2010-2019 del Servizio Sanitario Nazionale.

[28] H. Gruber, J. Hätönen, P. Koutroumpis, 2014. Broadband access in the EU: An assessment of future economic benefits, *Telecommunications Policy*, 38: 1046–1058.

[29] A. Goodman-Bacon, 2021. Difference-in-differences with variation in treatment timing, *Journal of Econometrics*.

[30] S. A. Haller, S. Lyons, 2015. Broadband adoption and firm productivity: Evidence from Irish manufacturing firms, *Telecommunications Policy,* 39: 1–13.

[31] R. Hamamoto, 2021. Application of Artificial Intelligence for Medical Research, *Biomolecules* 11:90.

[32] L. M. Hitt, P. Tambe, 2016. Health Care Information Technology, Work Organization and Nursing Home Performance, *Industrial and Labor Relations Review,* 69(4): 834–859.

[33] H. Hu, X. Feng, Z. Shao, M. Xie, S. Xu, X. Wu, Z. Ye, 2019. Application and Prospect of Mixed Reality Technology in Medical Field, *Current Medical Science*, 39(1):1-6.

[34] J. Lee, J. McCullough, R. Town, 2013. The impact of health information technology on hospital productivity, *RAND Journal of Economics,* 44(3): 545–88.

[35] J. McCullough, S. Parente, R. Town, 2016. Health information technology and patient outcomes: the role of information and labor coordination, *RAND Journal of Economics*, 47(1): 207–236.

[36] E. McDool, P. Powell, J. Roberts, K. Taylor, 2020. The internet and children's psychological wellbeing, *Journal of Health Economics* 69.

[37] A. R. Miller, C. E. Tucker, 2011. Can Health Information Technology Save Babies? *Journal of Political Economy,* 119(2).

[38] Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2021. Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

[39] Ministero della Salute, 2011. The National eHealth Information Strategy - National context, state of implementation and best practices.

[40] Ministero dello Sviluppo Economico, 2021. Strategia Italiana per la Banda Ultralarga- "Verso la Gigabit Society".

[41] OECD/European Union, 2020. *Health at a Glance: Europe 2020: State of Health in the EU Cycle*, OECD Publishing.

[42] Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2015. Piano di investimenti per la diffusione della banda ultralarga.

[43] Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2015. Strategia per la crescita digitale 2014-2020.

[44] K. A. Stroetmann, T. Jones, A. Dobrev, V. N. Stroetmann, 2006. eHealth is worth it *Office for Official Publication at the European Commission.*

[45] D. Wani, M. Malhotra, 2018. Does the meaningful use of electronic health records improve patient outcomes?, *Journal of Operations Management* 60: 1–18.

Sitografia

agendadigitale.eu

bandaultralarga.italia.it

crosslab.dii.unipi.it

dicomstandard.org

ec.europa.eu

eur-lex.europa.eu

europarl.europa.eu

eu4health.eu

funzionepubblica.gov.it

innovazione.gov.it

medicalexpo.it

ospedaleniguarda.it

osservatori.net

postdicom.com

quotidianosanita.it

salute.gov.it

sole24ore.it

who.int