

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale (DIGEP)

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale LM-31



Tesi di Laurea di II livello

Analisi flussi di pazienti ospedalieri

Relatori:

Prof. Giulia Bruno

Prof. Franco Lombardi

Candidato:

Matteo Falco

Anno Accademico 2019-2020

PREFAZIONE

Il lavoro di tesi è volto all'approfondimento e all'applicazione dei principi della Lean Healthcare, una branca della Lean philosophy sviluppatasi in Giappone e negli ultimi anni utilizzata ormai in tutto il mondo e in moltissimi ambiti. La prima parte della tesi presenta un'introduzione riguardo alla tematica e i principali casi in cui la sua applicazione ha portato risultati degni di nota. In seguito si passa alla parte pratica nella quale l'obiettivo è quello di migliorare il flusso di pazienti all'interno del reparto di cardiologia dell'Ospedale Maria Vittoria di Torino tramite la simulazione, uno dei principali tool della Lean Healthcare. La prima parte presenta una analisi preliminare dei dati riguardanti i ricoveri nel reparto tramite il software R: (i) ricerca di eventuali stagionalità o trend tramite la scomposizione della serie storica; (ii) valutazione della significatività della variabile manager tramite la definizione di un modello di regressione; (iii) scelta del modello che più si adatta alla descrizione della situazione in esame. Questa analisi ha permesso di definire la previsione dei ricoveri mensili che saranno utilizzati come dati di input per la simulazione. Infine la parte più importante del lavoro è composta dalla definizione del modello di simulazione a eventi discreti sul software Flexsim HC. Tale modello è stato sviluppato anche grazie alle testimonianze ottenute dal personale del reparto. L'analisi degli output forniti dal modello hanno permesso di individuare anomalie e proporre miglioramenti per il reparto sotto analisi, in linea con l'obiettivo iniziale prefissato.

INDICE

CAPITOLO 1 - LEAN HEALTHCARE	5
1.1 Introduzione	5
1.2 Le principali tappe dello sviluppo della Lean	7
1.2.1 Dai primordi al Fordismo	7
1.2.2 Toyota Production System (TPS)	8
1.3 Strumenti e metodologie della filosofia Lean	12
1.3.1 Strumenti di analisi diagnostica	12
1.3.2 Strumenti di riorganizzazione	13
1.3.3 Strumenti di monitoraggio e standardizzazione	15
1.3.4 Strumenti di gestione visiva	17
1.4 Lean Six Sigma	18
1.5 Sistema sanitario italiano	20
1.5.1 Sfide del sistema sanitario	22
1.5.2 Inefficienze del sistema sanitario	23
1.6 Lean thinking in ambito sanitario	25
1.7 Caratteristiche della Lean Healthcare	28
CAPITOLO 2 - STATO DELL'ARTE	32
2.1 Applicazioni pratiche della Lean Healthcare	32
2.1.1 Virginia Mason Medical Center	33
2.1.2 ThedaCare Hospital	34
2.1.3 Policlinico St. Paul	35
2.1.4 Ospedale Galliera	36
2.1.5 Istituto Clinico Humanitas	37
2.1.6 Policlinico Le Scotte	38
2.1.7 Ospedale San Francesco	40
CAPITOLO 3 - ANALISI DEI DATI E IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO PREDITTIVO	41
3.1 Introduzione sulla scomposizione delle serie storiche e sulla previsione	41
3.1.1 Metodi di decomposizione delle serie storiche	43
3.1.2 Modelli previsionali	43

3.1.3 I residui	46
3.2 Analisi della serie storica e previsione dei ricoveri totali annuali nel reparto di cardiologia dell’Ospedale Maria Vittoria	48
3.3 Introduzione sulla regressione	55
3.4 Analisi di significatività del manager	58
3.5 Confronto modelli previsionali e previsione del numero di operazioni mensile	65
CAPITOLO 4 - ANALISI PRELIMINARE DEL MODELLO SIMULATIVO	72
4.1 Introduzione sulla simulazione	72
4.2 La simulazione come strumento di supporto della Lean Healthcare	77
4.3 Esempio di applicazione della simulazione in ambito sanitario	80
4.3 Ospedale Maria Vittoria	81
4.4 Progettazione del modello di simulazione	83
4.4.1 Analisi dei dati dei pazienti	83
4.4.2 Schematizzazione delle procedure	87
CAPITOLO 5 - PREPARAZIONE E ESECUZIONE SIMULAZIONE CON FLEXSIM HC	91
5.1 Preparazione del modello simulativo su Flexsim HC	91
5.2 Esecuzione e analisi della simulazione	96
5.2.1 L’“expected case”	96
5.2.2 Il “worst case”	101
5.3 Conclusione	104
RINGRAZIAMENTI	105
BIBLIOGRAFIA	106
SITOGRAFIA	109
INDICE DELLE FIGURE	110

CAPITOLO 1

LEAN HEALTHCARE

1.1 Introduzione

Negli ultimi anni il concetto di qualità nell'assistenza sanitaria sta prendendo sempre più piede in quanto il flusso dei pazienti all'interno dell'ospedale sta diventando sempre più complesso e eterogeneo. A questo va aggiunta una forte riduzione dei capitali investiti. Un modo per fronteggiare tale situazione operando con il minimo sperpero di soldi e concentrandosi sul miglioramento delle risorse a disposizione, è rappresentato dall'applicazione del cosiddetto Lean Thinking già sperimentato con notevole soddisfazione nelle aziende manifatturiere.

Conosciuta con il nome di Lean Management, consiste in una strategia aziendale efficiente e senza sprechi che mira a aumentare il valore creato per il cliente riducendo le attività di spreco e valorizzando la capacità dei dipendenti. Il valore si riferisce a tutto ciò che contribuisce alla creazione della soddisfazione del cliente, mentre gli sprechi riguardano ogni attività che non genera un valore incrementale. L'origine di questo metodo deriva da un'innovazione giapponese avvenuta negli anni '50 e applicata per la prima volta in Toyota con il Toyota Production System (TPS è una strategia organizzativa creata allo scopo di ottenere efficienza e ottimizzazione delle risorse nel processo di produzione), la cui peculiarità e forza si basa sulla sua natura intrinseca, che costruisce le radici nella cultura giapponese¹.

Inizialmente, infatti, tale strategia faticò ad espandersi al di fuori del contesto nipponico a causa di una diversità di valori e visioni; comunque con il passare del tempo e vedendo gli effetti positivi che essa generava, sempre più imprese in tutto il mondo iniziarono ad adottarla, cercando di applicare il principio "ottenere di più facendo di meno" e ottenendo notevoli impatti in termini di riduzione dei costi e miglioramento della qualità. A partire dalla fine del XX secolo, l'utilizzo del TPS è stato sperimentato anche da società di consulenza al fine di applicare con successo i principi del pensiero Lean nei contesti più disparati. È in questo periodo infatti, che nasce il concetto Il Lean Thinking, introdotto per la prima volta da Womack e Jones (1997) nel libro "Lean Thinking pensare: bandite gli sprechi e create ricchezza nella vostra azienda" , che nel tempo ha assunto diverse sfumature come ad esempio Lean Logistics e Lean Supply Chain.

¹ Spear, S. and Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. Harvard Business. Review, 97-106

²*All we are doing is looking at the time line from the moment the customer gives us an order to the point when we collect the cash. And we are reducing that time line by removing the non-value-added wastes.*
Taiichi Ohno, 1988

Questa curiosità ha attirato le aziende sanitarie cosce del fatto, come dice Fillingham nel libro ³“Lean Healthcare”, che una strategia generata per la produzione manifatturiera presenta molte divergenze quando applicata nel settore dei servizi (*caring for patients is not the same as manufacturing products*), ma anche convinte riguardo all’affinità degli obiettivi (*this is true... but it is a process*). Il principale aspetto di diversificazione è l’oggetto del processo che nella produzione è un bene da trasformare, mentre nella sanità è un paziente da guarire; questo comporta tutta una serie di conseguenze tra le quali l’impossibilità di scartare i difettosi (non è possibile infatti scartare un paziente) e la necessità di personalizzare i servizi alle esigenze dei singoli pazienti, che va oltre il concetto di soddisfazione del cliente nei settori manifatturieri. A questo vanno aggiunti tutta una serie di aspetti che minano l’affinità tra i due settori⁴:

- asimmetria informativa, dal momento che i professionisti possiedono una conoscenza difficilmente trasferibile ai pazienti;
- variabilità, poiché pazienti affetti da uguali problematiche, curati nello stesso modo possono sviluppare differenti reazioni;
- esternalità, fattori che influenzano la condizione dei pazienti e che non possono essere controllate né dal paziente né dal dottore;
- bassa sensibilità del paziente al prezzo ma alta sensibilità alla qualità del servizio.

I principi Lean hanno quindi dimostrato, di essere la risposta anche ai modelli di business che plasmano il settore dei servizi. Questo ha portato alla diffusione di una nuova tendenza denominata Lean Healthcare, nella quale i valori di una rigorosa attenzione alla qualità e al perseguimento di zero difetti introdotti dal Lean Thinking nella produzione, sono ribaltati nel settore della sanità.

² Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press.

³ Fillingham, D. (2008). Lean Healthcare. Improving the patient’s experience. Kingsham Press Ltd.

⁴ Nicosia, F. (2017). Sanità lean. FrancoAngeli.

1.2 Le principali tappe dello sviluppo della Lean

Sebbene il concetto di Lean Management in chiave moderna (quella che conosciamo) sia stato introdotto con Toyota Production, le basi sono state gettate nel passato; infatti diversi attori hanno giocato un ruolo chiave nella costruzione di questa.

1.2.1 Dai primordi al Fordismo

Una primordiale applicazione risale all'organizzazione dell'Arsenale a Venezia nel 1450, utilizzato per la costruzione di navi, soprattutto da guerra, e di tutte le attrezzature necessarie alla navigazione. L'allestimento dell'Arsenale fu progettato per facilitare il processo di montaggio, minimizzando gli spostamenti inutili e favorendo il flusso, che è stato organizzato in base alla domanda, strettamente legata agli attacchi inaspettati della flotta turca⁵.

Più tardi, nella Rivoluzione Industriale del XIX secolo, le macchine sostituirono la maggior parte del lavoro manifatturiero degli uomini, e le fabbriche si sollevarono contro le botteghe artigiane. Uno dei motivi principali di questo cambiamento epocale fu l'introduzione delle parti intercambiabili, nel 1799 da parte di Eli Whitney, che portò ad una significativa riduzione dei tempi e dei costi, e a una semplificazione del processo di sostituzione delle parti.

All'inizio del 1890, osservando i metodi e gli operai nelle fabbriche, Frederick Taylor insieme a Frank e Lillian Gilbreth introdussero i concetti di studio del tempo e di studio del movimento, al fine di ottenere efficienza nei processi di lavoro, che vennero ripresi da Taylor. Lo studio del tempo si occupa di stabilire i tempi standard, mentre lo studio del movimento mira a sviluppare una tecnica per migliorare i metodi di lavoro.

Il primo a integrare il concetto di Lean nel sistema di produzione è stato Henry Ford, il quale alcuni anni dopo ha ispirato Toyota nella definizione del suo sistema di produzione. Nella produzione del Modello T, Ford ha cercato di sviluppare le possibili strategie per eliminare gli sprechi e per aumentare l'efficienza dei dipendenti, che possono essere considerate come la primordiale espressione della filosofia Lean. Si è occupato in particolare della riduzione delle attività improduttive (i suoi stabilimenti sono stati progettati ottimizzando le fasi e gli spostamenti dei lavoratori) e della riduzione dei materiali inutilizzati nella produzione di automobili. Inoltre, Ford ha stabilito le basi del fordismo, descritto come un modello di espansione economica e di progresso tecnologico basato sulla produzione di massa⁶. Questo si basava su tre pilastri principali: la standardizzazione degli articoli, che ha segnato il passaggio dal paradigma della

⁵ Payaro, A. (2017). Lean management, Cose mai dette. Società Editrice Esculapio.

⁶ Tolliday, S. and Zeitlin, J. (1987). The automobile industry and its workers: between Fordism and flexibility. St. Martin's Press.

produzione artigianale a quello della produzione di massa; l'utilizzo di linee di assemblaggio, che ha permesso di ridurre i costi di produzione, in cui il processo è stato suddiviso in piccole e semplici mansioni svolte da dipendenti non specializzati con l'utilizzo di strumenti speciali; e, infine, l'aumento dei salari dei lavoratori, per consentire alla forza lavoro di acquistare i prodotti da loro realizzati. I principali vantaggi derivanti dalla produzione di massa sono la sostanziale riduzione dei costi e l'aumento della produttività. Il primo è dovuto principalmente alla riduzione del costo del lavoro, rispetto alla produzione artigianale, per l'impiego di manodopera non qualificata, alla riduzione dei componenti e alla limitata varietà di prodotti, per la standardizzazione di articoli e componenti; il secondo è invece garantito dalla semplificazione e dalla riduzione dei compiti, data soprattutto dall'utilizzo di attrezzature ad uso specifico. Questo ha posto le basi di un nuovo sistema di produzione. Solo negli anni '30 e con forza dopo la seconda guerra mondiale, Toyota rivisita il pensiero originale di Ford e inventa il Toyota Production System dando ufficialmente il via alla filosofia Lean.

1.2.2 Toyota Production System (TPS)

Il Toyota Production System, o TPS, è un sistema di produzione ampiamente utilizzato e di successo nella produzione manifatturiera che si concentra sulla riduzione e l'eliminazione degli sprechi, producendo al contempo prodotti di qualità per i consumatori. Il modello TPS è stato sviluppato dalla Toyota Motor Corporation per il proprio sistema di produzione di veicoli, ma i principi e le attività che comprende possono essere applicati a quasi tutti i settori industriali. Quando si parla del TPS e delle sue numerose caratteristiche, può essere utile pensare al sistema come a una casa, rappresentata per la prima volta da Fujio Cho, discepolo di Taiichi Ohno. La "casa" del sistema Toyota Production è costruita su una base solida e stabile, ha due pilastri principali, con l'obiettivo generale di TPS come punta di diamante della casa.

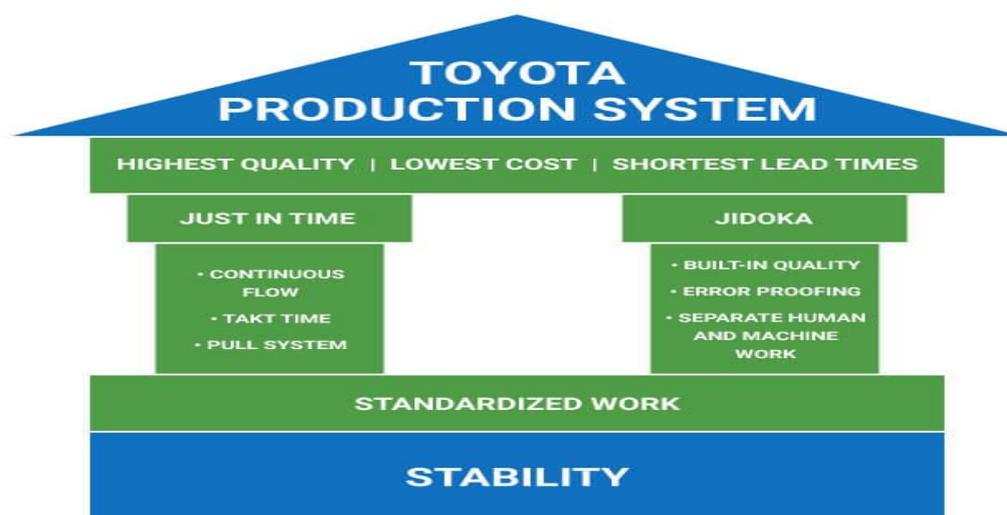


Figura 1 Toyota Production System House (Source: www.blog.5stoday.com > Toyota-Production-System-House)

Alla base della Casa TPS si trovano quattro elementi principali: Heijunka, Lavoro standardizzato, Gestione visiva e Kaizen.

Heijunka è una parola giapponese che significa livellamento e una sua definizione più elaborata potrebbe essere: "strumento che permette di livellare il tipo e la quantità di produzione in un determinato periodo di tempo". Ciò consente alla produzione di soddisfare in modo efficiente le richieste dei clienti, evitando il dosaggio e riducendo al minimo le scorte, i costi di capitale, la manodopera e il lead time di produzione attraverso l'intero flusso di valore. L'idea alla base è quella di produrre componenti e articoli a monte a velocità costante in modo che anche la lavorazione a valle possa essere eseguita a velocità costante e prevedibile, così da ridurre al minimo tutte le possibili fluttuazioni (Mura), che a sua volta è cruciale per ridurre i Muda.⁷ Quando si considera Heijunka, è possibile distinguere tra il livellamento per volume o il livellamento per mix di produzione. Nel primo caso è calcolata la domanda media per definire il lotto minimo di produzione, con un livello minimo di scorte in grado di soddisfare eventuali picchi; il monitoraggio sia della domanda media che delle scorte iniziali permette di livellare la produzione. Nel secondo, invece, al fine di coordinare i diversi prodotti con le diverse fasi di lavorazione, è possibile includere tutti i diversi prodotti in un unico set e quindi organizzare lotti e scorte in base al mix di riferimento; considerare tutti i prodotti in un unico set permette di mantenere lo stesso livello di produttività, evitando che un singolo prodotto superi la produzione media degli altri.

Il lavoro standardizzato si riferisce a tutte le procedure svolte all'interno di un'azienda, da quelle di produzione a quelle amministrative, promuovendo la stabilità, elemento essenziale per il miglioramento. Parlando di lavoro standardizzato, si considera l'organizzazione del lavoro in una sequenza efficiente ed è necessario non confondersi con l'uso di standard. Questo richiede l'applicazione di tre elementi principali: Takt Time, sequenza di lavoro e stock. Takt Time è una stima del ritmo di produzione, definito come il tempo necessario per produrre un singolo componente o l'intero prodotto, in base alla domanda del cliente; è importante sottolineare che il Takt Time dipende dalla domanda del cliente, poiché il suo calcolo implica la comprensione di come le attività e i processi dovrebbero essere organizzati per soddisfare la domanda del cliente. Sequenza di lavoro indica una sequenza unica di operazioni da elaborare e il modo di eseguirle. Lo stock si riferisce al livello minimo di inventario necessario per la produzione, che garantisce l'esecuzione continua del processo di produzione.

La gestione visiva permette la visualizzazione dell'avanzamento di un'attività, attraverso l'utilizzo di semplici strumenti con l'obiettivo di fornire tutte le informazioni relative al progresso, sottolineando gli eventuali problemi, al fine di affrontarli tempestivamente. I principali strumenti del Visual Management possono essere suddivisi in tre gruppi principali, a seconda della funzione e della tipologia: - visualizzatori: grafici e i

⁷ Graziadei, G. (2006). Lean Manufacturing. Come analizzare il flusso di valore per individuare ed eliminare gli sprechi. Hoelpli Editore.

diagrammi funzionali all'esecuzione del lavoro, molto utili, soprattutto in caso di problemi complicati o inusuali; essi possono anche stimolare le prestazioni, mostrando obiettivi e risultati da raggiungere; - controlli visivi: danno istruzioni sui tempi e le modalità di esecuzione di un determinato compito e possono essere utilizzati per garantire sicurezza e coordinamento; - indicatori visivi di processo: stratagemmi molto semplici, per marcare aree e processi, guidando in modo rapido e intuitivo il corretto flusso di materiali o informazioni.

L'ultima, ma più importante parte delle fondamenta è Kaizen, termine giapponese composto dal termine Kai (miglioramento, cambiamento) e Zen (meglio), che significa cambiamento per meglio, o, come è noto, miglioramento continuo⁸. Il Kaizen è stato introdotto dopo la seconda guerra mondiale, quando i lavoratori della Toyota, per poter competere con le case automobilistiche americane, hanno iniziato a concentrarsi sulla prevenzione dei difetti. Successivamente, il termine fu usato per la prima volta da Masaaki Imai⁹ per descrivere la filosofia alla base del successo della Toyota degli anni '80. Una volta compreso il potere di Kaizen, è stato adottato in diverse situazioni, dalla vita personale a qualsiasi tipo di attività, compresa quella sanitaria. L'obiettivo di questo concetto è il miglioramento della qualità, attraverso l'eliminazione di sprechi e difetti, la promozione di idee innovative e la motivazione dei dipendenti. L'ipotesi di fondo nell'applicazione del Kaizen è che tutto può essere migliorato, poiché in ogni attività o processo è possibile scoprire sprechi e inefficienze¹⁰. Di conseguenza, Kaizen non comporta enormi investimenti, ma richiede di ottimizzare le risorse disponibili, attraverso l'eliminazione degli sprechi. Per applicare con successo Kaizen, è necessario un alto livello di collaborazione all'interno dell'azienda e un coinvolgimento diretto di tutti i livelli della gerarchia, soprattutto quelli più bassi; per questo motivo, si differenzia dall'approccio top-down del management, in quanto le decisioni o le modifiche devono provenire dal basso e devono essere ordinate dal top management come in altre tecniche manageriali. L'implementazione del Kaizen richiede elevati livelli di ingegneria di processo: il primo passo è il coinvolgimento dei dipendenti e la condivisione della visione aziendale; poi, è necessario trovare problemi nel processo, per vedere tutte le possibili problematiche e opportunità di miglioramento. Una volta capito qual è il problema, si devono creare e implementare soluzioni attraverso gli strumenti messi a disposizione dalla Lean (ne discuteremo successivamente).

I pilastri del Toyota Production System sono costruiti su una base stabile di lavoro standardizzato e di miglioramento continuo.

⁸ www.leanthinking.it > kayzen

⁹ Imai, M. (1986). *Kayzen: the key to Japan's competitive success*. Random House.

¹⁰ Liker, J. and Convis, G. L. (2011). *The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence Through Leadership Development*. McGraw-Hill Education.

Il primo pilastro principale è l'idea della produzione just-in-time, che significa rimuovere, per quanto possibile, i buffer utilizzati contro i problemi che possono sorgere durante la produzione¹¹. Questo mette in risalto tre concetti fondamentali: il flusso continuo, il Takt Time e il sistema pull. L'idea della produzione JIT è quella di implementare un metodo di produzione che enfatizza la minimizzazione degli sprechi e la capacità dei lavoratori di operare in modo efficiente. Invece di produrre gli articoli nel momento in cui si hanno i materiali, alcune fasi della produzione non dovrebbero iniziare fino a quando un ordine non le fa scattare, quindi solo quando un lavoratore riceve un segnale specifico. Così facendo, non si creerà un inventario inutile e si ridurranno i colli di bottiglia. Queste sono le caratteristiche di un sistema pull, gestito di solito con metodo Kanban. Inoltre, utilizzando il Takt Time, un'altra strategia utilizzata nella produzione just-in-time, è possibile assicurare che il tasso di produzione tra le stazioni sia uniforme. L'equazione usata per calcolarlo è $T = T_a \div D$, dove T_a rappresenta il tempo di produzione totale disponibile (escluse le pause programmate), e D rappresenta il tasso di domanda dei clienti nell'orizzonte considerato. Trovando il Takt Time, si saprà quanto tempo dovrebbe essere necessario per produrre ogni prodotto al fine di soddisfare la domanda dei clienti.

Il secondo pilastro è Jidoka, che si riferisce alla pratica di non far mai passare un difetto nella stazione successiva; ogni volta che si verifica un difetto (Muda), la produzione viene interrotta dal dipendente per risolvere il problema, evitando che questo si propaghi a valle. Jidoka è fondamentale in un sistema come il TPS a causa dei bassi livelli di inventario attraverso il quale esso opera, in quanto non c'è un buffer su cui fare affidamento. Questo processo si riferisce essenzialmente all'uso di macchine o attrezzature per avvertire i lavoratori di un problema con un processo prima che vengano sprecate altre risorse. In seguito all'individuazione del problema è necessario procedere alla sua valutazione e correzione, che permette di analizzare e comprendere le cause alla base del problema di modo che non si ripeta¹².

Queste routine, combinate in un sistema coordinato, sostengono l'organizzazione nella produzione. In Toyota, sono identificabili almeno tre livelli di organizzazione¹³:

- statica routinizzata: controlla l'efficiente flusso di valore verso i clienti;
- dinamica routinizzata: per aumentare le prestazioni di produzione attraverso numerose proposte di Kaizen;
- dinamica non routinizzata: per mantenere la produzione e permettere il miglioramento nel tempo.

¹¹ Liker, J. (2004). The Toyota Way, 14 management principles from the world's greatest manufacturer. McGraw-Hill Education.

¹² Liker, J. (2004). The Toyota Way, 14 management principles from the world's greatest manufacturer. McGraw-Hill Education.

¹³Fujimoto, T. and Womack, J. and Shimokawa, K. and Miller, W. (2012). The Birth of Lean. Lean Enterprise Institute, inc.

1.3 Strumenti e metodologie della filosofia Lean

L'applicazione della filosofia Lean è realizzabile tramite diagrammi, metodologie e strumenti che chiariscono lo stato del processo e stimolano la diffusione dei risultati ottenuti.

1.3.1 Strumenti di analisi diagnostica

Gli strumenti di analisi diagnostica servono essenzialmente per la mappatura dei processi e per determinare le cause delle inefficienze:

- La Value Stream Mapping è lo strumento utilizzato per visualizzare graficamente tutte le attività che partecipano alla creazione del prodotto finale, a partire dai fornitori, fino alla consegna del bene finito. L'obiettivo del VSM non è quello di migliorare un singola attività o una funzione all'interno del processo; al contrario, l'obiettivo è la valorizzazione dell'intero processo in una prospettiva globale. Esso ha uno schema di rappresentazione, con simboli da rispettare affinché la rappresentazione risulti comprensibile e riconoscibile. Il VSM è composto essenzialmente da due fasi: Mappatura dello stato attuale, che mostra la situazione reale del processo, e la Mappatura dello Stato Futuro, che mostra come il processo risulterà una volta che i Muda saranno stati rimossi. Inoltre, affinché questa mappa sia adeguata, devono essere selezionati indicatori chiave di performance (KPI) che riflettano i parametri da migliorare.
- Il FMECA (Failure Mode Effects and Criticality Analysis) è un metodo di analisi proattiva dei rischi; infatti ha il fine di individuare le criticità di sistema ed i possibili ambiti d'errore umano in una logica preventiva, quindi prima che essi accadano. Il metodo identifica i potenziali modi di guasto ("failure mode"), gli effetti conseguenti ("failure effect") e le cause, connessi a un determinato processo. In sostanza, l'applicazione della FMECA consiste nella scomposizione di un processo nei singoli compiti, per ogni compito si cercano di individuare i possibili errori che potrebbero accadere e le azioni per prevenirli. ¹⁴Identificato il processo che si vuole analizzare, si descrive il corretto svolgimento delle attività necessarie alla sua realizzazione elencando tutte le possibili modalità di errore, i loro effetti e le cause potenziali. Identificate tutte le possibili modalità di errore, a ciascuna viene assegnato un valore numerico ottenuto sulla base dei seguenti parametri: - la probabilità (P) che si verifichi la causa del modo di errore/guasto e che è riferita alla frequenza con la quale si potrebbero verificare disfunzioni; - la gravità (G) degli effetti dell'errore/guasto che va riferita all'effetto che si avrebbe, se avvenisse la disfunzione, sul livello di qualità, sulla sicurezza, oppure sul paziente o sul prodotto in base all'attività che si sta analizzando; - la rilevabilità (R)

¹⁴ www.conoscereilrischioclinico.it > il-metodo-fmecca

dell'errore/guasto che corrisponde alla possibilità di rilevare la disfunzione prima che generi l'effetto indesiderato. Il prodotto delle tre variabili sopra considerate (G x P x R) prende il nome di Indice della Priorità di Rischio (IPR). I vari rischi potenziali così definiti saranno collocati su una tabella, detta matrice dei rischi, in modo decrescente a partire da quelli con un maggior rischiosità. A valore maggiore corrisponde un errore più grave, che può verificarsi più frequentemente e che più difficilmente può essere rilevato.

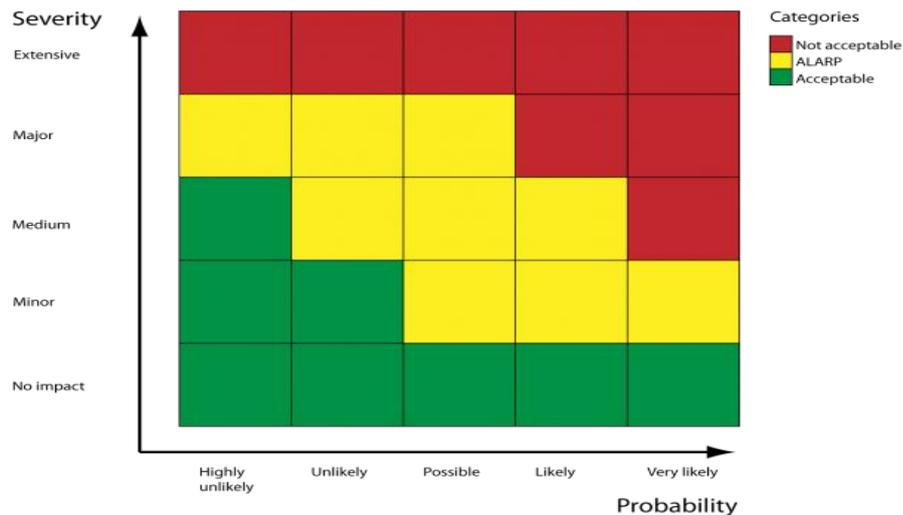


Figura 2 - Matrice dei rischi (Source: www.conoscereilrischioclinico.it > il-metodo-fmecca)

- Lo Spaghetti Chart è lo strumento usato per descrivere i flussi fisici di materiali o persone. L'obiettivo finale di questa rappresentazione è l'ottimizzazione del layout, limitando se possibile i movimenti che sono considerati un Muda da eliminare o, almeno, da ridurre. Analizzando il grafico, è possibile determinare quali sono i percorsi più comuni (o più critici in termini di lunghezza) da considerare e minimizzare durante la riprogettazione del layout.
- Il metodo 5 WHY è alla base del problem solving per la ricerca della causa radice di un problema. Attraverso la ripetizione logica e progressiva della domanda “perché?” permette l'individuazione delle soluzioni per evitare che, nel futuro, il problema possa ripresentarsi.

1.3.2 Strumenti di riorganizzazione

Gli strumenti di riorganizzazione sono necessari per pianificare le attività e per modificare il layout e riorganizzare gli spazi:

- Il metodo A3 aiuta a risolvere problemi e organizzare progetti che coinvolgono più persone utilizzando un layout sintetico e visuale. Esso prende il nome dal documento (un foglio A3)

all'interno del quale deve essere illustrato l'intero processo di raggiungimento di un obiettivo o di soluzione di un problema. La compilazione di questo foglio avviene coinvolgendo tutti gli attori interessati, qualsiasi sia il livello gerarchico in cui si trovano all'interno dell'azienda; il loro pensiero viene sintetizzato in questo foglio, e deve essere facile da leggere e da capire. Il foglio può essere suddiviso in diverse sezioni a seconda del contesto o del problema. Gli obiettivi di questo metodo sono comunque comuni alle diverse situazioni: - fornire uno strumento decisionale ai responsabili aziendali; - assicurarsi che tutti gli elementi necessari alla comprensione del problema vengano considerati; - imparare a deselezionare le informazioni e mantenere solo quelle effettivamente necessarie; - imparare dagli altri. ¹⁵I vantaggi dell'applicazione del pensiero A3 riguardano processi decisionali basati sui fatti e ipotesi chiaramente documentate, obiettivi definiti, risultati più rapidi e follow-up per assicurare che i miglioramenti siano sostenuti.

- Lo strumento 5S ha lo scopo di mantenere gli spazi di lavoro puliti e ben organizzati. Esso è composto da una sequenza di cinque passi come segue: 1) Seiri (dividere): il primo passo per il raggiungimento di una stazione di lavoro pulita è l'eliminazione di tutti gli oggetti inutili. La corretta attuazione di questo passo garantisce lo sfruttamento ottimale degli spazi, la riduzione del tempo necessario per la ricerca del giusto materiale, documentazione o strumento. Questo è in linea con il concetto JIT di fornire solo ciò che è richiesto al momento giusto. 2) Seiton (organizzare): gli oggetti utili devono essere organizzati in modo che la loro collocazione ne faciliti la ricerca e l'utilizzo. Uno dei principali aspetti da tenere in considerazione è la frequenza di utilizzo, quindi gli articoli utilizzati maggiormente saranno posizionati in luoghi vicini e facilmente raggiungibili all'interno della postazione di lavoro, mentre quelli utilizzati più di rado saranno collocati in depositi lontani. 3) Seiso (pulito): tutto l'ambiente di lavoro deve essere pulito, insieme ai macchinari e agli strumenti, rendendo i dipendenti responsabili della loro postazione. La pulizia, inoltre, previene il deterioramento degli strumenti e riduce l'incidenza dei difetti. 4) Seiketsu (standardizzare). Le procedure su come eseguire questi passaggi devono essere definite e redatte in modo da essere accessibili a tutti all'interno dell'azienda. Inoltre, avere una procedura univoca e standardizzata, ne facilita la diffusione e la sua corretta realizzazione. 5) Shitsuke (sostenere): gli effetti di questi quattro passi sono visibili solo se sono applicati in modo continuativo e sostenuti nel tempo con tutti i mezzi a disposizione. Ecco l'importanza del quinto passo, che ha la funzione di incoraggiare l'utilizzo dello strumento 5S e farlo diventare una routine. L'azienda stessa deve creare un ambiente favorevole e le condizioni per la diffusione di questa pratica; inoltre i dipendenti devono dimostrare il loro impegno e dedizione nell'applicarla. Lo strumento 5S deve essere diffuso, costantemente ripetuto e migliorato secondo le necessità emergenti.

¹⁵ www.makeitlean.it > a3-report



Figura 3 - 5S Lean Framework (Source: www.leanevolution.com)

1.3.3 Strumenti di monitoraggio e standardizzazione

Gli strumenti di monitoraggio e standardizzazione servono per controllare lo stato del sistema e condividere le informazioni sui risultati:

- ¹⁶Il Kanban è un metodo operativo per far circolare le informazioni in modo sistematizzato all'interno dell'azienda ed eventualmente tra azienda e fornitori eliminando la necessità di sistemi complessi di programmazione della produzione. Esso si configura come un cartellino quadrato che contiene le informazioni necessarie per produrre, acquistare o movimentare componenti e materiali nel sistema produttivo. Di conseguenza il Kanban rappresenta il motore dell'attività dell'azienda gestendo in modo automatico la quotidianità degli ordini di lavoro, consentendo ai responsabili di occuparsi di risolvere le criticità e di sviluppare i miglioramenti del sistema. I Kanban si possono distinguere in due grandi tipologie: - Kanban di Movimentazione o di Trasporto che servono per spostare componenti e materiali verso un processo produttivo; - Kanban di Produzione che rappresentano veri e propri ordini di produzione mediante i quali si autorizza il processo a monte a produrre un certo componente per un processo a valle. Kanban di Produzione e di Movimentazione devono essere utilizzati congiuntamente. Il loro numero è fissato in base all'analisi della domanda, in modo da limitare la produzione e, allo stesso tempo, tenere le scorte ad un livello minimo; ogni Kanban corrisponde ad un contenitore di parti. ¹⁷Per comprendere come il Kanban funziona ipotizza di avere due processi A e B; il processo A produce solamente quando riceve un cartellino o contenitore (Kanban) che gli viene consegnato dal processo B. Quando c'è una richiesta da parte di un cliente, a valle vengono prelevati i contenitori richiesti e viene staccato il cartellino, e quest'ultimo viene piazzato in una bacheca (o riportato al processo precedente). Il

¹⁶ www.kanban.it

¹⁷ www.lorenzogovoni.com > kanban

cartellino in bacheca significa che è richiesto un ordine di produzione, per cui a valle del processo A si prenderanno tanti contenitori corrispondenti all'ordine fatto e si manderanno in produzione. Una volta che i prodotti sono stati lavorati e sono pronti, vengono messi dentro ai contenitori. I cartellini che sono in bacheca (o che erano arrivati al processo A) vengono attaccati ai contenitori.

SISTEMA KANBAN DI BASE

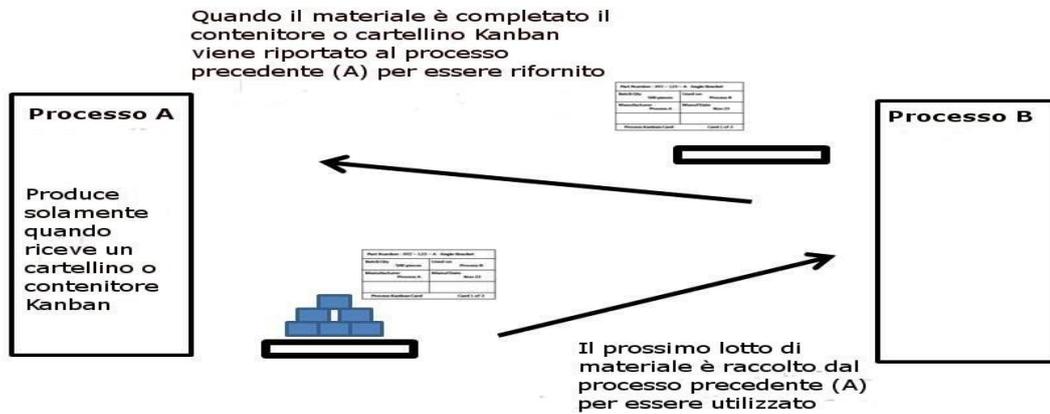


Figura 4 - Sistema kanban di base (Source: www.lorenzogovoni.com > Kanban)

- Il Poka-Yoke è un termine giapponese che identifica uno strumento o una procedura a prova d'errore, che previene la creazione di difetti. Lo strumento in questione deve essere in grado di rendere difficile e improbabile l'errore anche da parte di personale non particolarmente accorto. Tali sistemi possono essere applicati in diversi ambiti aziendali sistemi e sono introdotti principalmente nelle due fasi di creazione del valore vale a dire il progetto e il processo. In entrambi i casi l'obiettivo è eliminare le possibilità di incorrere in errori, che potrebbero generare difetti sul prodotto finale. La semplicità di esecuzione deve guidare i fattori di questi sistemi, la laboriosità comporterebbe il generarsi di attività non a valore. Infine, dal punto di vista operativo, è possibile distinguere tre tipi di Poka-Yoke con diverse finalità: - contact: permettono di distinguere la posizione corretta o impediscono di connettere tra loro degli oggetti evitando i malfunzionamenti causati da un errato contatto; - fixed-value: controllano se è stato compiuto il numero di operazioni prestabilito; - motion-step: controllano se sono state eseguite, nel loro ordine corretto, tutte le fasi di un determinato processo. Per esempio, un dispositivo Poka-Yoke potrebbe richiedere di rimettere un utensile nel suo supporto dopo il suo utilizzo, altrimenti la linea si interrompe e suona un allarme.

1.3.4 Strumenti di gestione visiva

Il controllo visivo è uno strumento potente per evitare che i problemi siano nascosti, impedendo così errori di avanzamento lungo il processo di produzione o macchinari che funzionano in condizioni di bassa qualità. Uno strumento di gestione visiva molto utilizzato sono le luci Andon, pali della luce con un verde, un giallo e un rosso che cambiano colore quando si verifica un problema in un processo di produzione. Il segnale visivo avvisa i dipendenti di un'interruzione del sistema, per far sì che il problema possa essere affrontato immediatamente.

1.4 Lean Six Sigma

¹⁸Un programma sviluppatosi parallelamente alla Lean a fine anni '80 è il Six Sigma. Esso non ha un'origine accademica, ma aziendale: Mikel Harry, uno statistico di Motorola, fu colui che per primo ne elaborò formula e scala di misurazione. Le due strategie condividono l'obiettivo di aumentare la qualità del prodotto, ma questo è perseguito in due modi diversi: la Lean punta ad identificare e eliminare tutte le possibili cause di difettosità, mentre il programma in questione cerca di ridurre la variabilità dell'intero processo. Un'altra differenza sta nel fatto che il Six Sigma si avvale principalmente di dati statistici per raggiungere gli obiettivi, che la Lean vera e propria si prefigge di raggiungere tramite la comunicazione diffusa in tutta l'organizzazione e il team work. L'idea alla base del Six Sigma è che misurando la quantità di difetti individuati all'interno di un processo, è possibile scoprire sistematicamente come eliminarli e avvicinarsi il più possibile a "zero difetti". Il termine deriva dalla dispersione di un processo intorno al suo valore medio: infatti, nel caso di una distribuzione normale a forma di campana, esiste il 99,97% di probabilità che un valore rientri nell'intervallo tra ± 6 sigma; quindi il Six Sigma è inteso come un processo in cui i difettosi saranno solo 3,4 per milione di pezzi prodotti (o servizi forniti) in modo casuale e normalmente distribuiti.

Siccome hanno la stessa idea di fondo, ben presto queste due filosofie sono state combinate dando origine al cosiddetto Lean Six Sigma. Tale concetto fu reso noto per la prima volta nel 2002, nel libro, "Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean Speed", di Michael George e Peter Vincent: "¹⁹*The activities that cause the customer's critical-to-quality issues and create the longest time delays in any process offer the greatest opportunity for improvement in cost, quality, capital and lead time*". L'implementazione della Lean Six Sigma si basa sul modello DMAIC, che viene seguito per ogni problema che l'azienda deve affrontare; questo modello si compone di cinque fasi:

- Definire: in questa prima fase è necessario individuare le caratteristiche del processo o del prodotto da migliorare, traducendo le esigenze del cliente in requisiti, identificando i diversi stakeholder coinvolti e stabilendo gli obiettivi da raggiungere e la portata del lavoro.
- Misurare: il problema precedentemente identificato viene tradotto in modo quantitativo, si valuta la performance così com'è e si confronta con l'inizio del lavoro. Per fare ciò, è necessario trovare un sistema di misura adeguato e solo dopo la sua validazione, si possono effettuare misurazioni e confrontare i risultati ottenuti con i valori richiesti, al fine di ottenere l'attuale livello di sigma.

¹⁸ www.leanmanufacturing.it > six-sigma

¹⁹ George, M. and Vincent, P. (2002). Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean Speed. McGraw-Hill Education.

- Analizzare: sulla base delle misurazioni, le tecniche statistiche devono essere adattate per identificare le cause dei difetti e per quantificare l'impatto di ogni causa sui requisiti e la sua varianza; in questa fase viene attuata l'analisi della varianza, nota come ANOVA.
- Migliorare: solo dopo la completa comprensione delle cause dei difetti, i miglioramenti vengono proposti e applicati. Quest'ultimo è un punto fondamentale ma prima di testare direttamente le soluzioni, è fondamentale avere una piena comprensione delle radici dei possibili guasti.
- Controllo: nell'ultima fase si osserva il processo, al fine di standardizzare i nuovi cambiamenti. Inoltre, si misura l'efficacia del miglioramento, anche in relazione ad un diagramma di qualità o ad un piano di controllo della qualità, precedentemente delineato dall'azienda, e si effettuano gli aggiustamenti per la stesura della procedura finale.

Il DMAIC con il passare del tempo è stato visto e rivisto e adesso la tendenza è quella di usare un suo aggiornamento, il DMADV dove il miglioramento e il controllo sono stati sostituiti da design cioè modificare il processo in modo che soddisfi esattamente le esigenze del cliente e verifica, attraverso la quale si appura se le modifiche apportate hanno allineato le esigenze del cliente con il processo.

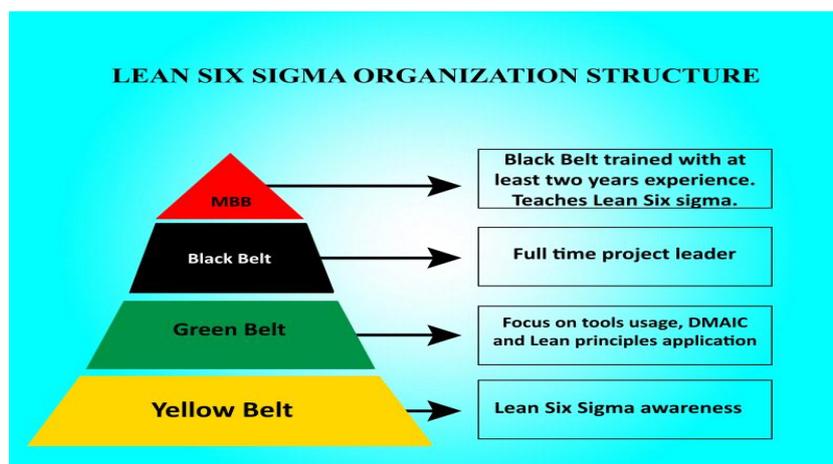


Figura 5 - Struttura organizzativa Lean Six Sigma (Source: www.theleansixsigmacompany.at)

L'addestramento per il Lean Six Sigma è fornito tramite la cosiddetta "cintura del personale" che, in analogia al karate, viene divisa in "white belts", "yellow belts", "green belts", "black belts" and "master black belts".²⁰ Per ogni cintura è disponibile un set di abilità che descrive quali, di tutti gli strumenti della filosofia, ci si aspetta siano parte di un certo livello. Questi set di abilità forniscono una descrizione dettagliata degli elementi d'apprendimento che un partecipante acquisirà dopo aver completato il programma d'addestramento. I set di abilità riflettono elementi sia del Six Sigma, che della Lean e di altri metodi di miglioramento del processo.

²⁰ www.lorenzogovoni.it > lean-six-sigma

1.5 Sistema sanitario italiano

Prima di analizzare nel dettaglio la cosiddetta Lean Healthcare è utile fare un focus sul sistema sanitario italiano, costituito essenzialmente da un servizio pubblico e uno privato dotati di strutture organizzative diverse e guidati da requisiti distinti. In Italia è possibile distinguere tre tipologie di strutture sanitarie²¹:

- Servizio Sanitario Nazionale (SSN): organizzato dal Ministero della Salute e amministrato su base regionale; ogni regione suddivide a sua volta il potere alle varie unità operative locali chiamate ASL (autorità sanitarie locali). Esso è finanziato dalla fiscalità generale.
- Strutture private accreditate: costituiscono circa l'80% degli ospedali privati e sono le strutture alle quali le autorità sanitarie locali esternalizzano la domanda alla quale non riescono a fare fronte (circa un terzo). A tali fornitori accreditati sono concessi i fondi pubblici per l'erogazione dei servizi sanitari e l'accreditamento deve essere rinnovato annualmente dalle autorità regionali. I pazienti sono indistintamente ammessi in queste strutture o in quelle pubbliche e la loro scelta dipende dalla qualità percepita, dalla distanza, dalla specializzazione ospedaliera e dal tempo di attesa.
- Strutture private: costituiscono circa il 20% degli ospedali privati. Essi sono autorizzati a fornire servizi sanitari ma non sono accreditati, quindi gli viene assegnata una quantità limitata di servizi ma non sono finanziati pubblicamente e le tariffe sono stabilite dall'organizzazione stessa.

Il Ministero della Salute definisce i pacchetti di base delle prestazioni sanitarie nazionali denominati LEA (livelli essenziali di assistenza che sono usufruiti dai cittadini gratuitamente o dietro pagamento di una quota di partecipazione) e stanziando fondi per le regioni che attraverso le ASL locali sono responsabili dell'organizzazione, amministrazione e consegna dei servizi sanitari. Alle regioni è consentita una significativa autonomia nella definizione della struttura locale del sistema e dei livelli di assistenza che sono basati sulle specifiche esigenze della popolazione regionale.

²²Nonostante la disponibilità del servizio pubblico, il numero di cittadini che si affidano a strutture private è in costante aumento. Nel 2018 la spesa sanitaria privata è lievitata a 37,3 miliardi di euro: +7,2% in termini reali rispetto al 2014; nello stesso periodo la spesa pubblica ha registrato invece uno -0,3%. Sono 19,6 milioni gli italiani che nell'ultimo anno, per almeno una prestazione sanitaria essenziale prescritta dal proprio medico, hanno provato a prenotare nel Servizio Sanitario Nazionale e poi valutata la situazione hanno preferito rivolgersi alla sanità a pagamento. Questo perché i livelli essenziali di assistenza (LEA) ai quali si ha diritto sulla carta, in realtà, sono in gran parte negati a causa della difficoltà di accesso alla sanità pubblica che costringe gli italiani a "surfare" tra pubblico e privato a pagamento per avere le prestazioni necessarie (CREA Sanità). Le lunghe liste d'attesa, la disorganizzazione nella somministrazione del flusso dei

²¹ www.salute.gov.it

²² www.censis.it > welfare-e-salute

pazienti, la duplicazione di esami e controlli, insieme ad un generale malfunzionamento dell'intero sistema sono alcuni dei problemi fondamentali diffusi negli ambienti ospedalieri pubblici²³.

In precedenza, è stata menzionata la divisione regionale della sanità italiana. Siccome il lavoro di tesi si concentra sul sistema sanitario piemontese è necessario fare una breve panoramica. Come riportato dalla Regione Piemonte, il sistema è composto da: 12 ASL (ASL Asti, Biella, Cuneo 1 e 2, Novara, Città di Torino, Torino 3, 4 e 5, Vercelli e Verbanco-Cusio-Ossola), 3 ASO (Mauriziano di Torino, Croce e Carle di Cuneo e Antonio, Biagio e Arrigo di Alessandria) e 3 Ospedali Universitari (San Luigi e Città della Salute e della Scienza di Torino e Presidio Ospedaliero San Rocco di Galliate), nei quali sono coinvolti quasi 54.000 dipendenti in aumento rispetto al 2019 in quanto sono state assunte 1400 persone. Sono stanziati circa 8 miliardi di euro di spesa all'anno i quali hanno la finalità, oltre che di garantire le strutture (come ad esempio la realizzazione del Parco della Salute, della Ricerca e della Innovazione di Torino il cui progetto prevede investimenti per oltre 400 milioni per la creazione di una moderna struttura ospedaliera all'interno dell'area ex Avio-Oval costituita da quattro poli funzionali connessi tra loro) e le cure necessarie ai pazienti (attuazione del piano della cronicità cioè un nuovo modello di cura per le malattie croniche che prevede l'incremento della domiciliarità, la realizzazione di reti assistenziali, la riorganizzazione operativa di ospedali e distretti, l'elaborazione di piani di cura personalizzati), di raggiungere obiettivi sempre più ambiziosi come la riduzione delle liste d'attesa grazie anche all'applicazione della Lean Healthcare.

²³ Rosa, A. (2017). Lean Organization in sanità. Esperienze e modelli di applicazione da nord a sud. GoWare Guerini Next srl.

1.5.1 Sfide del sistema sanitario

Il settore sanitario sta affrontando molti cambiamenti che pongono nuove sfide alle organizzazioni sanitarie grandi e piccole. In particolare, le normative governative in rapida evoluzione, le innovazioni tecnologiche e le aspettative dei pazienti creano un nuovo ambiente in cui la gestione di uno studio medico non riguarda più solo la cura dei pazienti.

Guardando al presente e oltre, ci sono cinque grandi sfide che il settore sanitario sta cercando di affrontare e per quanto possibile superare nel migliore dei modi:

- **Aumento dei costi:** esso è causato da diversi fattori. In primo luogo, l'aumento della domanda, a causa dell'invecchiamento della popolazione (gran parte della spesa sanitaria è sostenuta da pazienti over 65) e, di conseguenza, dei casi di malattie croniche associate all'invecchiamento. A questo va aggiunto l'aumento delle malattie legate allo stile di vita (come l'abuso di alcol, fumo e droghe e l'obesità). Un altro fattore determinante per l'aumento della domanda e della spesa è l'introduzione di nuove tecnologie e terapie; in effetti, è probabile che ciò aumenti la domanda di nuovi trattamenti, ma anche i costi, almeno nel breve periodo, legati alla loro attuazione.
- **Aumento della trasparenza:** la facilità di accesso alle informazioni mediche attraverso internet sta aumentando la consapevolezza dei clienti sulle loro esigenze e richieste mediche, riducendo l'asimmetria dell'informazione. Di conseguenza, le organizzazioni sanitarie dovrebbero concentrarsi profondamente su ciò che i pazienti desiderano²⁴. Infatti essi stanno diventando più che utenti nel loro percorso di cura in quanto richiedono di avere la massima qualità possibile del servizio al minor costo e con la massima rapidità.
- **Sicurezza informatica:** causa del ruolo crescente dei sistemi informativi nel contesto sanitario per raccogliere dati sensibili sui pazienti, il settore è diventato un facile bersaglio della criminalità informatica. Si registra infatti una crescente tendenza alla violazione dei dati da parte dei fornitori di servizi sanitari, con 32 milioni di cartelle cliniche dei pazienti violate solo nella prima metà del 2019. Le organizzazioni sanitarie dovrebbero aumentare la loro reattività nei confronti dei criminali informatici, non solo per garantire la riservatezza delle cartelle cliniche, ma anche per prevenire ingiunzioni per violazione degli standard di sicurezza.
- **Pagamento:** per soddisfare le aspettative dei pazienti e migliorare l'esperienza dell'utente, ormai gli estratti conto devono essere di facile consultazione per i pazienti. Una importante sfida è quindi quella di offrire estratti conto non cartacei e una varietà di opzioni di pagamento (ad es. eCheck, carta di credito, ecc.) tramite portali online per i pazienti e utilizzare le più recenti tecnologie di pagamento, come il mobile e il text-to-pay.

²⁴ www.annualreports.com > cgi-group-inc

Tuttavia, è spesso difficile per gli studi medici impostare internamente tali sistemi di fatturazione e di elaborazione dei pagamenti. Non solo devono negoziare i termini con ciascun processore di pagamento e costruire l'infrastruttura (ad esempio, portale per i pazienti, elaborazione sicura dei pagamenti), ma devono anche assorbire i costi amministrativi correnti per la manutenzione di tali tecnologie. Inoltre, i fornitori di servizi sanitari sono tenuti a seguire rigorose linee guida per proteggere le informazioni dei pazienti. È necessario assicurarsi che il portale di pagamento e il sistema di elaborazione dei pagamenti siano pienamente conformi, altrimenti si rischia di incorrere in pesanti sanzioni.

- Big data: con le moderne tecnologie vengono generati sempre più dati sanitari ed essi sono sparsi tra diversi soggetti e sistemi, compresi pagatori, fornitori e pazienti; non esiste un'unica "fonte di verità" che possa essere utilizzata per ottimizzare l'esperienza del paziente. Inoltre, i dati sanitari provengono da molte fonti in una varietà di formati. Attualmente non esiste un unico sistema o un'unica infrastruttura tecnologica per recuperare, archiviare e analizzare i dati provenienti da varie fonti. Affinché le organizzazioni sanitarie possano sfruttare con successo il potere dei grandi dati, la leadership deve abbracciare tale processo decisionale e supportarlo a livello esecutivo.

1.5.2 Inefficienze del sistema sanitario

²⁵Le inefficienze, che contribuiscono alle scarse prestazioni degli ospedali, risiedono quindi sostanzialmente nei fallimenti operativi, momenti in cui al dipendente non vengono fornite le attrezzature, le informazioni o le persone necessarie a soddisfare il compito assegnato. La difficoltà che si nasconde dietro l'eliminazione di tali inefficienze è che si manifestano come problemi su piccola scala, pertanto il loro impatto è considerato limitato; tuttavia questi, accumulati, generano una notevole influenza sul processo. Per le loro piccole dimensioni si rivelano infatti difficili da affrontare, poiché nella pratica, l'attenzione è diretta solo a problemi su larga scala, ma la loro elevata ricorrenza genera problemi soprattutto quando si raggiungono le ultime fasi del processo.

Altre inefficienze sono collegate all'ambiente di lavoro, ideale per la proliferazione degli errori; infatti le attività svolte all'interno dell'ospedale sono scollegate e i dipendenti hanno una conoscenza specifica solo di ciò che fanno nella loro routine giornaliera. Questo implica un difficile passaggio di informazioni tra i professionisti e una difficile collaborazione tra di loro²⁶. Tutto questo può essere riassunto in un unico grande problema: assenza di definizione dei processi; i dipendenti non hanno linee guida chiare su come

²⁵ Tucker and Anita, L. and Singer, J. (2014). The Effectiveness of Management-By-Walking-Around: A Randomized Field Study. *Production and Operations Management*.

²⁶ Jones, D. and Mitchell, A. (2006). *Lean thinking for the NHS*. Lean Enterprise Academy.

operare e questo porta al grave problema della variabilità.²⁷A conferma di questo, un'indagine dell'Istituto Nazionale di Statistica (Istat) mostra che nel 2017 l'Italia si è posizionata tra le prime nazioni nel panorama europeo in termini di qualità del sistema sanitario offerto; tuttavia, per il 45,1% della popolazione, la qualità del servizio sanitario regionale è diminuita. Quindi esiste un gran numero di specialisti e strutture in generale che offrono un servizio di alta qualità ma in parallelo c'è una gestione dispendiosa di queste eccellenze, che deteriora la qualità complessiva percepita dai pazienti.

In Italia, inoltre, la maggior parte dei processi sanitari sono organizzati con una gestione verticale della singola specializzazione; questo permette lo svilupparsi di eccellenze all'interno dello stesso reparto quindi confinate solo a singole attività. La causa di ciò è l'assenza di un responsabile dell'intero processo di cura del paziente in quanto le attività, come detto, sono frammentate e focalizzate sulla realizzazione di precisi successi, mentre le connessioni tra di loro sono contraddistinte da inefficienze e difetti. Essendo presente un'organizzazione dipartimentale e verticalizzata, il paziente sarà assegnato al percorso di cura dando maggior rilevanza alla condizione clinica e alla natura del danno. Per aumentare la qualità e diminuire la durata e i costi potrebbe essere utile utilizzare ruoli di coordinamento e collegamento manageriale, e team di progetto in grado di sviluppare la collaborazione lungo una dimensione orizzontale dell'organizzazione, ovvero tra quelle attività che formano processi finalizzati all'erogazione di specifiche prestazioni o servizi²⁸.

Detto questo, è evidente come il settore sanitario sia invaso da procedure dispendiose e inefficienti; per questo è stata reputata necessaria un'azione di miglioramento. Prendendo spunto da altri settori e studiandone i casi di successo si è cercato di applicare anche nel settore sanitario azioni strategiche, al fine di migliorare il modello di business e garantire un servizio soddisfacente per i pazienti.

²⁷ www.censis.it > welfare-e-salute

²⁸ Vignati, E. and Bruno, P. (2003). Organizzazione per processi in sanità. FrancoAngeli.

1.6 Lean thinking in ambito sanitario

Per rispondere alle problematiche precedentemente citate già alla fine degli anni 2000 in alcuni ospedali americani venne testata l'applicazione della filosofia Lean. Da allora la Lean Healthcare si è diffusa rapidamente nel campo, diventando oggi una delle strategie di gestione chiave negli ambienti sanitari volte a migliorare l'efficienza e la qualità delle procedure²⁹.

Il Lean Thinking ha trovato terreno fertile per il suo sviluppo nel settore sanitario essenzialmente per due motivi. Il primo è la necessità di porre l'attenzione sul paziente e sulla qualità offerta, che si sposa in modo ottimale con l'idea di miglioramento continuo dal punto di vista del cliente (paziente in questo caso), uno dei capisaldi della filosofia Lean. Un altro motivo è rappresentato dal coinvolgimento dei dipendenti di prima linea nel processo (approccio bottom-up), di modo che essi, in quanto partecipanti, siano proattivi per la definizione di nuove idee e soluzioni per migliorare i processi e eliminare le inefficienze³⁰. Oltre all'allineamento nei principi fondamentali, tale strategia ha riscosso così tanto successo perché non richiede un sostegno finanziario per essere attuata, rendendola in linea con la carenza di risorse che caratterizza oggi la maggior parte delle strutture di assistenza.

Ci sono però anche aspetti critici da valutare quando si applica il Lean Thinking in ambito sanitario, il principale dei quali è la variabilità. A questo segue la cultura tradizionale diffusa negli ambienti sanitari, caratterizzata da forte squilibrio nelle posizioni di forza, con la conseguenza della diversificazione tra i dipendenti, che genera problemi di resistenza nei momenti in cui si chiede ai diversi attori di collaborare all'interno di un team. Infine un ultimo fattore è rappresentato dalla mancanza di impegno, risultante da una debole potenza direzionale incapace di stimolare la motivazione.

Il Lean Thinking in ambito sanitario rappresenta un approccio operativo che riguarda sia la sfera tecnica che quella sociale, modificando i processi e allo stesso tempo i modi di agire dei dipendenti. Le implementazioni della filosofia Lean sono state classificate da Radnor & Walley³¹ in due categorie:

- ³²eventi di rapido e continuo miglioramento, chiamati anche eventi Kaizen, hanno una durata di poche settimane e sono realizzabili applicando il ciclo di Deming PDCA: Plan, Do, Check, Act. In questo caso gli strumenti della Lean sono applicati a processi operativi di specifici reparti. Essi iniziano con una sezione di pianificazione, dove gli interessati si incontrano per valutare lo stato

²⁹ Black, J. R. and Miller, D. (2008). The Toyota way to healthcare excellence: increase efficiency and improve quality with lean. Health Administration Pr.

³⁰ Black, J. R. and Miller, D. (2008). The Toyota way to healthcare excellence: increase efficiency and improve quality with lean. Health Administration Pr.

³¹ Radnor, Z. and Walley, P. (2008). Learning to walk before you try to run: adapting lean for the public sector. Journal Public Money & Management, 13-20.

³² www.chiarini.it > lean

attuale del processo e studiare le possibili evoluzioni. L'aspetto positivo è la rapida realizzazione di risultati significativi che sono standardizzati attraverso un processo di consolidamento.

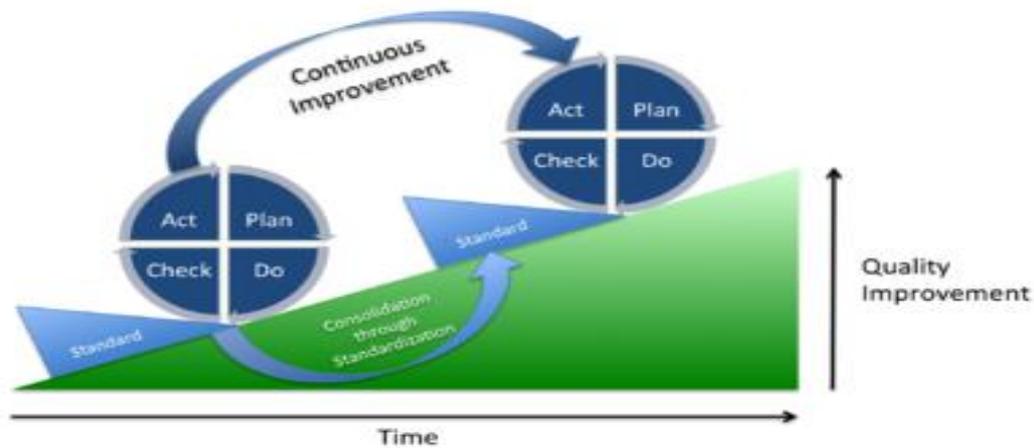


Figura 6 - Ciclo di Deming (Source: www.chiarini.it > lean)

- eventi strategici a lungo termine, hanno invece lo scopo di riprogettare le procedure organizzative al fine di sviluppare processi uniformi e replicabili, responsabilizzando i dipendenti e rendendoli partecipi del continuo miglioramento. L'obiettivo finale è la sostenibilità dei miglioramenti nel tempo, realizzabile solamente se il Lean Thinking è interiorizzato nei valori dei dipendenti e nell'azienda.

I progetti realizzati non sono tutti chiaramente classificabili come eventi strategici o Kaizen ma si muovono tra i due approcci; un progetto può infatti nascere Kaizen e poi evolversi in uno strategico con prospettiva di lungo termine³³.

Gli eventi precedentemente descritti richiedono un ambiente favorevole affinché il progetto porti cambiamenti significativi. Sono quindi state definite le caratteristiche essenziali per l'implementazione con successo di metodologie Lean in ambito sanitario:

- Educazione: è necessaria una fase iniziale di chiarificazione e definizione degli strumenti e delle pratiche Lean in modo da iniziare il progetto con partecipanti preparati e motivati, in quanto sono loro che dovranno raggiungere gli obiettivi.
- Lean team: permette la diffusione della visione nella fase di implementazione e aiuta nella realizzazione dei risultati; inoltre una volta che il progetto è stato realizzato, deve cercare di mantenere il miglioramento apportato essendo la sostenibilità nel tempo uno dei fattori più importanti.

³³ Bianciardi, C. and Bracci, L. and Guercini, J. and Burrone, L. (2014). Lean thinking in sanità: da scelta strategica a modello operativo. Esculapio Medicina.

- Supporto della leadership: i leader devono svolgere il ruolo di sponsor del progetto rimuovendo gli eventuali ostacoli e spronando i dipendenti a sostenere attivamente il progetto; tutto ciò deve essere fatto iniziando dalle piccole inefficienze facili da risolvere in modo da aumentare l'interesse tra il personale (anche quello inizialmente non coinvolto) e impostare la base per il grande sforzo necessario per i miglioramenti strategici.
- One piece flow: passare dal processo a code per arrivare al flusso continuo e ottenere stabilità nell'ambiente di lavoro in modo da identificare precocemente gli sprechi ed eliminarli. Esso permette di ridurre i tempi di attesa, i tempi di ciclo, consente di dare al cliente tempi più certi e migliora i tempi di contatto.
- Standardizzazione: consentire la costruzione di uno standard di riferimento, per avere termini di paragone sui quali sviluppare l'azione di miglioramento. Esso può essere o dovrebbe essere la best practice che ormai le Società Scientifiche tendono a diffondere in ogni settore della attività ospedaliera. ³⁴La mancanza di uno standard si traduce in una continua variazione del modo di lavorare, quindi in modalità non misurabili e pertanto non migliorabili oggettivamente; l'unica variabilità accettabile in sanità è la risposta del malato ai trattamenti.

³⁴ Il nuovo ospedale è snello. Far funzionare gli ospedali con il lean healthcare: consigli pratici e sostenibilità, Nicosia Francesco (2010)

1.7 Caratteristiche della Lean Healthcare

Una volta analizzata la Lean Healthcare dal punto di vista teorico, è interessante capire come essa viene calata in ambito operativo e i risvolti che essa ha sui vari processi presenti all'interno dell'ospedale. I principali step di tale filosofia applicati nell'assistenza sanitaria sono stati introdotti da J.P. Womack e D.T. Jones e sono i seguenti³⁵:

- assegnare ai pazienti le cure utili a soddisfare le proprie esigenze nel minor tempo possibile in modo da creare valore. In un'azienda sanitaria, la quantificazione di questo valore dipende dalla discrepanza che c'è tra il trattamento che il paziente riceve e il trattamento che lo stesso paziente si aspettava di ricevere; più è ampio questo gap, più il paziente è insoddisfatto del servizio ricevuto. L'obiettivo di ogni azienda sarà quindi quello di generare un servizio che possa essere all'altezza delle richieste dei propri clienti.
- identificare i processi attraverso i quali i pazienti ricevono le cure. Per processo si intende una sequenza di attività, logicamente correlate, svolte secondo una determinata sequenzialità e/o simultaneità, che ha un'origine (un punto di partenza) e che permette di raggiungere un determinato risultato finale (punto di arrivo) attraverso l'impiego di risorse (persone, macchine, materiale). Tale sequenza è caratterizzata da: - input misurabile (risorse tangibili o intangibili che innescano il processo); - vincoli (regole, condizioni, tempi che influenzano le attività); - risorse (persone e mezzi utilizzati nel processo); - output misurabile (risultati del processo). Si possono distinguere due tipologie di processi, quelli che contribuiscono direttamente alla creazione dell'output di un'organizzazione denominati processi core (cura e assistenza del paziente), e quelli che non intervengono direttamente alla produzione di beni o erogazione di servizi ma sono altrettanto indispensabili affinché questo avvenga (processi di supporto che sono ad esempio il processo logistico, il processo di approvvigionamento dei materiali o il processo di gestione delle risorse umane).
- ³⁶eliminazione dei "Muda" presenti all'interno dei processi e conseguente riprogettazione degli stessi, in modo che tutti i passi siano sincronizzati e procedano allo stesso ritmo. Esistono due tipi di Muda: - l'impiego di risorse per una operazione che in sé non crea valore ma risulta necessaria per attuarne altre produttrici di valore. In questo caso possono essere individuate delle azioni di miglioramento organizzativo ma, non è possibile prevedere una eliminazione completa. - un dispendio di risorse del tutto inutile. Qui è necessario attuare un piano per la completa rimozione. Alcuni problemi presenti all'interno di un ospedale sono stati classificati da Ohno in: sovrapproduzione (ricovero dei pazienti più lungo del necessario, in quanto sottoposti a operazioni

³⁵ Womack, J. P. and Jones D. T. (2008). Lean thinking. Banish waste and create wealth in your organization. Copyrighted Material.

³⁶ www.makeitlean.it > lean-production-sprechi

ridondanti o inutili), scorte (mancato utilizzo o non utilizzo di risorse), trasporti di merci e informazioni (es. cartelle cliniche o altre documentazioni, report medici), attese (mancata sincronizzazione tra gli operatori che causa attese nell'iter ospedaliero a cui è sottoposto il paziente), movimenti di personale e difetti (es. diagnosi o trattamenti non corretti, violazione privacy, errata raccolta dati).

- fornire servizi in base alla domanda esterna. Utilizzo quindi di una strategia “pull” che si oppone a quella “push” in base alla quale la disponibilità è definita ex-ante senza tenere conto della richiesta proveniente dall'esterno. Il sistema pull, comunemente detto a trazione, è un metodo in cui le attività a valle segnalano i loro bisogni alle attività a monte.³⁷Lavorando così, è il paziente che “tira” il processo; ciò permette di individuare ed eliminare una grande quantità di sprechi, ma richiede un'attenta e continua analisi dei flussi interni ed esterni all'azienda. Per ottenere una strategia pull è necessario seguire delle linee guida e degli accorgimenti tipici della filosofia Lean:
 - lavorare al Takt Time (il Takt Time è definito come il tempo nel quale deve essere eseguito il servizio per il paziente, affinché le prestazioni vengano erogate al ritmo della domanda) cioè capire come sincronizzare le attività per soddisfare gli input in ingresso;
 - sviluppare, per quanto possibile, un flusso continuo e bilanciato;
 - livellare la produzione in corrispondenza del processo pace maker, quello che dà il passo all'intero flusso; solitamente è situato verso il fondo del processo.
- raggiungere la perfezione dei processi; questo obiettivo richiede un miglioramento continuo riducendo il più possibile gli errori. Facendo scorrere velocemente il processo emergono sempre più sprechi nascosti nel flusso, e quanto più esso è tirato dal cliente tanto più vengono messi in evidenza gli ostacoli da rimuovere. Il traguardo della perfezione non va inteso come se fosse possibile individuare da subito, una volta per tutte; si può semmai intendere come un asintoto che ha lo scopo di mantenere attivo un processo di miglioramento continuo. Tale miglioramento può manifestarsi a volte attraverso grandi innovazioni e consistenti balzi tecnologici e organizzativi, ma molto più frequentemente è il frutto di tanti piccoli ma sistematici affinamenti (Kaizen), come già prima indicato.³⁸Tra gli indicatori più significativi per questa valutazione ritroviamo:
 - l'efficienza, rappresentata dal numero di prestazioni realizzate da un'unità di fattore produttivo impiegato;
 - l'efficacia, misura il contributo dei servizi sanitari al miglioramento dello stato di salute;
 - la capability, identificata nella capacità di riprodurre nel lungo periodo, lo stesso prodotto o servizio senza alterarne il risultato;
 - la flessibilità, che indica la capacità del processo di adattarsi ai

³⁷ Bianciardi, C. and Bracci, L. and Guercini, J. and Burrioni, L. (2014). Lean thinking in sanità: da scelta strategica a modello operativo. Esculapio Medicina.

³⁸ Dal Vecchio, V. (2012). I vantaggi della pianificazione nei processi ospedalieri: il caso Day Surgery. Università Ca' Foscari Venezia.

cambiamenti interni all'organizzazione o esterni come il mutamento delle condizioni del mercato o la variazione dei requisiti della clientela.

I processi riguardo ai quali vengono applicati i principi precedentemente citati, sono classificabili, in base a quanto stabilito da J. Black nel suo libro "The Toyota way to Healthcare Excellence"³⁹, in sei principali flussi che riguardano essenzialmente:

- pazienti: tale flusso va dall'arrivo degli interessati all'ospedale alla loro dimissione. Esso dovrebbe essere facile e veloce; invece i pazienti e le loro famiglie si trovano molto spesso a lottare per essere presi in considerazione. Un accorto design, eliminando le attività che non aggiungono valore, riduce il tempo che essi passeranno all'interno dell'ospedale e la loro soddisfazione. Alcune indicazioni per implementare un flusso più snello sono: -progettare in anticipo il miglior percorso dei pazienti, portando il servizio verso di loro, piuttosto che farli rimbalzare da una parte e dall'altra; - creare cellule aperte e flessibili, con strumentazioni e staff intercambiabili; - aggiustare sul posto il processo che si interrompe, senza rinviare il problema; - se il processo si deve fermare per tempi macchina, utilizzarlo per attività produttiva; - disegnare il processo in modo tale che non si debbano ripetere più volte le stesse cose; - usare la tecnica del one piece flow.
- dipendenti: movimenti di specialisti, infermieri e personale per realizzare i loro compiti. Troppo spesso accade che il giro per raggiungere i diversi luoghi di visita e consulenza sia talmente lungo, complesso e richieda tanto tempo, da rendere il contatto coi malati una frazione minima di questo. Le principali contromisure individuate per risolvere questi problemi sono: - creare un ambiente ergonomico; - eliminare sedie e poltrone che inducono allo stazionare; - evitare sovraccarichi di impegni, ma distribuire gli impegni fra il personale di assistenza, da dove è presente meno pressione verso dove c'è più domanda; - evitare il movimento inutile, così presente nelle aree di cura.
- farmaci: spostamenti di dispositivi medici dai magazzini centrali ai vari reparti per poi arrivare ai carrelli dove sono dispensati. Essi devono essere orchestrati seguendo il flusso dei pazienti (accompagnandoli da vicino) in modo da avere l'ammontare necessario di farmaci al momento e nel posto giusto. Accortezze da adottare sono: - localizzare medicazioni e farmaci vicini ai pazienti come in Terapia Intensiva; - creare piccole farmacie periferiche vicine ai pazienti, tutte governate dal sistema kanban (prudente riempimento al consumo); - pianificare la dimissione il giorno prima, preparando la farmacia alla consegna dei farmaci di chi viene dimesso
- informazioni: sono registrate, man mano che il paziente avanza nel suo iter di cura, nel sistema informativo dell'ospedale, il quale deve permettere di visualizzare i dati corretti al momento giusto.

³⁹ Black, J. R. and Miller, D. (2008). The Toyota way to healthcare excellence: increase efficiency and improve quality with lean. Health Administration Pr.

L'elettronica può servire per mettere tutte le informazioni di un paziente in un unico documento che viene ripreso in ogni occasione, per comunicare ed aggiornarne la storia.

- apparecchiature mediche: dimensionare il numero di apparecchiature necessarie in base al numero di esami e interventi da effettuare e metterle in luoghi dove non necessitano tempi eccessivi per la mobilitazione. Inoltre cercare di ottimizzare le dimensioni: leggeri, trasportabili da una sola persona senza fatica, piccoli e fatti nella maniera più semplice.

⁴⁰Se ben gestiti, i processi possono avere un impatto strategico nell'azienda su quattro versanti: costi, ricavi, investimenti, competenze.

⁴⁰ Slack, N. and Chambers, S. and Johnston, R. and Betts, A. (2007). Operations and projects management. Prentice Hall.

CAPITOLO 2

STATO DELL'ARTE

2.1 Applicazioni pratiche della Lean Healthcare

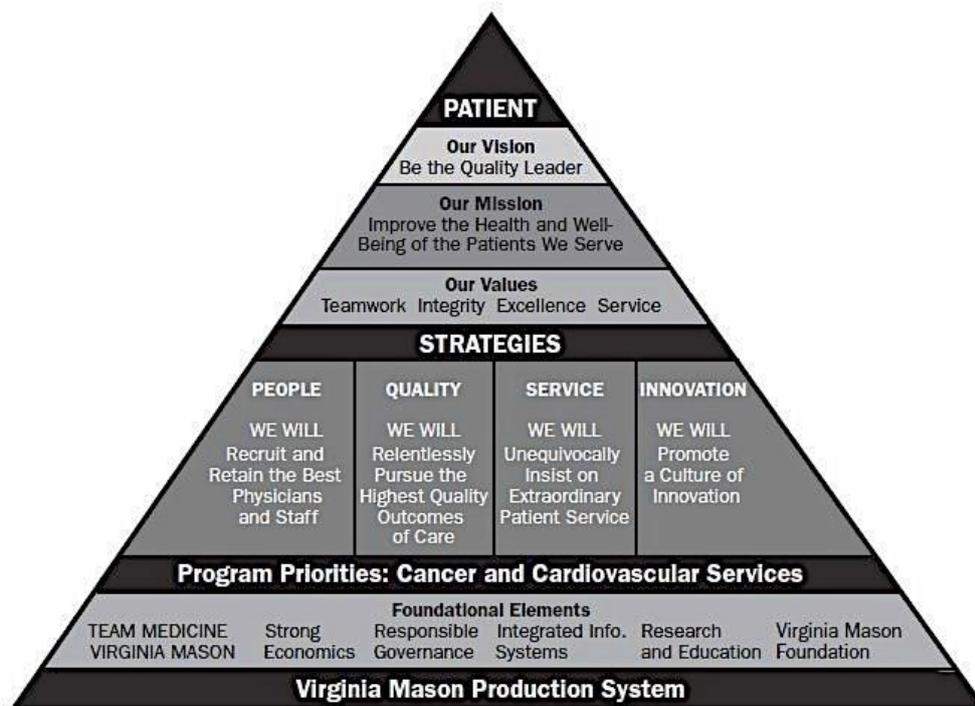
L'introduzione della Lean nell'ambito dell'assistenza sanitaria non ha data certa, ma un primo richiamo a questa strategia venne fatto nel lavoro pubblicato da "NHS Modernisation Agency" nel 2001, per coordinare gli sforzi di miglioramento in ambito ospedaliero. Nello stesso anno il Virginia Mason Hospital fu coinvolto in una sperimentazione sanitaria snella riguardo all'importanza della ricerca di un miglioramento continuo, raggiungibile solo attraverso uno sviluppo organizzativo e strategico ad ogni livello del settore. A metà anni 2000 arrivò in Europa grazie alla Lean Enterprise Academy fondata nel Royal Bolton Hospital, pioniera del settore, mentre in Italia fece la sua comparsa solo nel 2007. Le basi per la Lean Healthcare ormai erano state gettate; infatti, da allora, essa iniziò a ricevere sempre più consenso dagli esperti e con il passare del tempo le sue applicazioni si sono moltiplicate.

Le fonti che ci permettono di capire questi vari casi di applicazione della Lean in ambito sanitario sono sia teoriche, suddivise in metodologiche (si concentrano su discussioni che hanno l'obiettivo di fornire nuovi approcci per l'implementazione o l'integrazione di decisioni strategiche a lungo termine, discutendo i metodi per superare ogni possibile ostacolo nell'applicazione della Lean) e speculative (l'obiettivo principale è l'interpretazione dei concetti della Lean in termini di contesto sanitario, con l'obiettivo di comprendere e indagare il loro potenziale utilizzo), sia sottoforma di casi di studio, classificati in base al loro campo di applicazione: produttivo (concetti Lean sono applicati al flusso di materiali all'interno di specifiche unità della struttura sanitaria), manageriale e di supporto (la questione principale di questo caso è il flusso di informazioni all'interno dell'organizzazione), flusso del paziente (obiettivo principale è quello di migliorare il flusso dei pazienti all'interno della singola unità o dell'intera struttura sanitaria) e organizzativo (in questo caso viene presa in considerazione la prospettiva organizzativa dell'implementazione, evidenziando la rilevanza della progettazione di un piano strategico ed educativo).

Qui di seguito sono spiegati alcuni dei principali progetti introdotti dalle aziende, in modo da comprendere i diversi ambiti in cui la Lean Healthcare può essere applicata e la varietà nei risultati ottenuti e dello sforzo richiesto.

2.1.1 Virginia Mason Medical Center

⁴¹Il Virginia Mason Medical Center di Seattle è un sistema integrato di assistenza sanitaria che comprende 336 letti di degenza, 9 sale operatorie, 440 medici e 5.000 dipendenti. Nel 2000, dopo un periodo di tensione economica e un malessere generale nella cultura organizzativa, il Consiglio di Amministrazione decise di effettuare un radicale ripensamento della struttura organizzativa. Partendo dall'idea che il contesto sanitario è simile all'industria automobilistica giapponese (in termini di qualità, sicurezza, soddisfazione del cliente, soddisfazione del personale ed economicità), Virginia Mason Medical Center creò il proprio Virginia Mason Production System (VMPS), basato sul modello TPS. Il VMPS poteva essere rappresentato graficamente, come la TPS-House, in forma triangolare; nella parte superiore è posizionato il paziente, sostenuto da quattro diversi pilastri: - persone: assumere e conservare il personale migliore; - qualità: impegno al raggiungimento di risultati migliori; - servizio: focalizzato verso i "clienti" interni ed esterni; - innovazione: essa deve essere supportata dalla cultura.



Source: Virginia Mason Medical Center

Figura 7 –Virginia Mason Production System (Source Virginia Mason Medical Center)

L'obiettivo del Virginia Mason era quello di progettare il sistema e i suoi processi intorno alle esigenze dei pazienti, piuttosto che intorno alle esigenze dei fornitori e del personale. La vision dell'organizzazione era quella di essere il leader della qualità nel settore sanitario. Nel 2002 l'ospedale inviò tutti i suoi dirigenti in

⁴¹ Chiocca, D. (2015). Sviluppo di un modello simulativo di un supply network sanitario. Università degli Studi di Napoli Federico II.

Giappone per “vedere con i propri occhi” come funziona davvero la gestione Lean. Lavorando sulla linea di produzione dello stabilimento Hitachi Air Conditioning, essi capirono cosa si intendeva per i concetti di qualità, sicurezza, soddisfazione del cliente, soddisfazione del personale e costo-efficacia; questo gli permise di stilare il VMPS. Tale programma prevedeva sei aree di intervento: 1) “Il paziente prima” come driver per tutti i processi. 2) Creazione di un ambiente in cui le persone si sentono sicuri e liberi di impegnarsi nel miglioramento; compresa l'adozione di una "No-Layoff Policy" (politica di non licenziamento). 3) Implementazione in tutta l'azienda di un sistema di allarme per i difetti chiamato "The Patient Safety Alert System" (sistema di allerta per la sicurezza del paziente). 4) Promozione dell'innovazione e del "trystorming" (al di là di brainstorming, il trystorming coinvolge rapidamente nel cercare nuove idee o modelli di nuove idee). 5) Creazione di una organizzazione economica prospera soprattutto eliminando gli sprechi. 6) Leadership responsabile. Il punto saliente del programma fu lo sviluppo del Patient Safety Alert System attraverso il quale chiunque poteva, e anzi, doveva “fermare la linea” (il processo di cura) se qualcosa non andava. La persona che attivava l'allarme chiamava il reparto di sicurezza del paziente (o inviava la segnalazione tramite il sito web) e le parti interessate al processo arrivavano immediatamente a valutare la situazione effettuando una Root Cause Analysis. Nel 2002 ci furono in media tre avvisi al mese al Virginia Mason ma già alla fine del 2004 il numero era salito a 17. Gli avvisi riguardavano prevalentemente problemi di sistema, errori di medicazione e problemi con attrezzature e/o servizi.

2.1.2 ThedaCare Hospital

⁴²L'esperienza Lean del ThedaCare ebbe inizio nel Febbraio 2004. Al tempo, tale complesso sanitario, includeva quattro ospedali, ventuno ambulatori, una residenza per anziani e vari centri per il trattamento delle patologie mentali e delle dipendenze da alcool e droghe, collocati nella regione nord-orientate dello stato americano del Wisconsin. Il progetto fu sviluppato lungo due direttrici: la relazione con i pazienti e l'organizzazione interna. Per quel che concerne il primo dei suddetti aspetti, furono individuate alcune prestazioni (quali l'ottenimento di un appuntamento, la ricezione di una diagnosi, di una medicazione e dei risultati di esami clinici) che, se sollecitamente fornite, sono percepite dagli utenti come indici di qualità; inoltre, fu stilato un elenco dei possibili eventi negativi il cui verificarsi determina l'insorgere di insoddisfazione nei pazienti. Sul versante dell'organizzazione interna, invece, furono individuate le operazioni più critiche, da sottoporre a miglioramento e eliminazione degli sprechi. Il lavoro fu organizzato in quattro passi:

⁴² Barnas, K. (2012). ThedaCare's Business Performance System: Sustaining Continuous Daily Improvement Through Hospital Management in a Lean Environment. The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety, 387-399.

- Il primo fu quello di sviluppare una mappa di alto livello illustrante il flusso dei pazienti attraverso il sistema, sulla base della quale è stato possibile identificare i punti oggetto di potenziali opportunità di miglioramento.
- Il secondo, conformemente a quanto stabilito dalla filosofia Lean, consisteva nello sviluppo di un piano d'azione volto a risolvere i problemi identificati in precedenza.
- il terzo fu l'attuazione dell'action plan, attraverso il quale, il tempo intercorrente tra la richiesta di un appuntamento e lo stesso venne ridotto da sette a soli tre giorni mediante una ripianificazione dei turni dei medici e dello staff.
- l'ultimo riguardò il perpetuare nel tempo e su base quotidiana delle azioni migliorative implementate.

Ricapitolando, i risultati ottenuti consentirono di incrementare la produttività dei reparti del 30% ed il guadagno lordo del 24%, nonché di ridurre del 44% circa la durata del processo relativo all'inizio dei trattamenti.

2.1.3 Policlinico St. Paul

⁴³Il St. Paul è un policlinico universitario situato nel cuore di Vancouver in Canada. L'Emergency Department di questa struttura, operativo 24 ore al giorno, è stato caratterizzato da una domanda media crescente negli anni fino ad arrivare a 50.000 visite annue. A causa di questo inaspettato aumento di domanda, lunghi ritardi e triage inappropriato scatenarono, nel migliore dei casi, i reclami dei pazienti mentre in altri casi persino l'abbandono della struttura senza aver visto un medico. Allora, per migliorare la situazione, venne istituito un Lean Team di ricerca con i seguenti obiettivi:

- analizzare le aree di Triage e Fast Track del pronto soccorso per individuare le principali cause di ritardo e trovare possibili soluzioni per ridurlo.
- applicare il miglioramento continuo della qualità (CQI- Continuous Quality Improvement) alle aree di triage e fast track per verificare la possibilità di ridurre i tempi di degenza dei pazienti inviati al fast.

Con la Nominal Group Technique (NGT), tecnica atta alla gestione di riunioni organizzate per produrre stime e previsioni su problemi che non possono essere trattati con tecniche quantitative, e tramite la Root Cause Analysis fu possibile evidenziare le principali problematiche: sistema di registrazione, mancanza di spazio e posti letto, smistamento inadeguato dei pazienti con l'attuale sistema di Triage, duplicazione delle

⁴³ Fernandes, C. M. and Christensen, J. (1995). Use of continuous quality improvement to facilitate patient flow through the triage and fast track areas of an emergency department. *The Journal of Emergency Medicine*, 847-855.

procedure e numero degli ordini che superano il personale disponibile. Viste le risorse limitate, furono attuati soltanto 2 provvedimenti:

- assunzione di un impiegato 8 h/giorno per 6 giorni/settimana.
- avviamento di un processo semplificato per i pazienti ambulatoriali (Fast Track), con l'eliminazione d'inutili attese riducendo la valutazione infermieristica alla registrazione dei segni vitali di tutti i pazienti, ma evitando di raccogliere informazioni sulla storia clinica, e l'elenco farmaci.

Per valutare gli eventuali miglioramenti vennero raccolti dati, relativi alla lunghezza del soggiorno, prima e dopo degli interventi di miglioramento (After-1 e After-2). Si può notare, dalla figura 9, che i provvedimenti attuati hanno portato ad una effettiva e significativa riduzione dei tempi di permanenza dei pazienti al pronto soccorso.

	Mean \pm SD (min)			Median (min) (25th,75th percentiles)		
	Before (n)	After-1 (n)	After-2 (n)	Before	After-1	After-2
All Patients	163 \pm 170 (217)	115 \pm 86 (170)	122 \pm 80 (198)	117 (76,179)	84 (59,146)	87 (54,135)
Fast-Track patients	108 \pm 55 (143)	82 \pm 52 (107)	87 \pm 64 (141)	97 (63,143)	70 (48,93)	75 (50,100)
Fast-Track patients without investigations	92 \pm 46 (105)	73 \pm 46 (81)	67 \pm 31 (100)	84 (56,128)	60 (40,85)	60 (45,82)

SD = standard deviation; n = number in the group.

Figura 8 – Tabella riassuntiva situazione Policlinico St. Paul (Source: Policlinico St. Paul)

2.1.4 Ospedale Galliera

⁴⁴Nel 2008 l'Ospedale Galliera di Genova realizzò un progetto pluriennale per diffondere il Lean Thinking all'interno dell'azienda denominato G.E.N.O.V.A. (Galliera Empowerment by New Organization and Value Analysis). Esso ebbe come principale obiettivo la riprogettazione dei vari percorsi di cura e il miglioramento delle attività, di pari passo con la edificazione dell'Ospedale Nuovo, una struttura adiacente a quella storica che ancora oggi ospita tutte le unità di servizio. Per implementarlo e per sensibilizzare i dipendenti (dal 2009 al 2011, 530 dei 1700 dipendenti del Galliera furono formati riguardo alla Lean Healthcare) venne predisposto un Lean Team, composto da 20 membri del personale provenienti dai diversi reparti dell'ospedale; già questo si trattava di un cambiamento innovativo dato che, per la prima volta, furono raggruppati attori diversi come infermieri, medici e personale amministrativo all'interno dello stesso

⁴⁴ www.galliera.it

gruppo di lavoro. Tale programma prevedeva essenzialmente due step. Nel primo, finalizzato a ridurre la permanenza del paziente all'interno dell'ospedale, venne utilizzato lo strumento della Value Stream Map per raccogliere, in un insieme comprensibile a tutti, la serie di azioni svolte per erogare un servizio o una prestazione. Il risvolto numerico fu la riduzione dei lungodegenti in terapia intensiva, come si può notare dalla figura 10; tale riduzione non ha influito negativamente sulla qualità del servizio, anzi ha ridotto i tempi di attesa e i tempi di inattività, garantendo così un miglior servizio al paziente.

Anno 2006	Anno 2009	Anno 2010
<ul style="list-style-type: none"> • N. pazienti: 385 • Degenza media: 6,80 	<ul style="list-style-type: none"> • N. pazienti: 445 • Degenza media: 4,90 	<ul style="list-style-type: none"> • N. pazienti: 460 • Degenza media: 4,09
Possibilità di accogliere pazienti 75% dei giorni dell'anno Pazienti con degenza max > 30 gg 17	Possibilità di accogliere pazienti 86% dei giorni dell'anno Pazienti con degenza max > 30 gg 8	Possibilità di accogliere pazienti 92% dei giorni dell'anno Pazienti con degenza max > 30 gg 6

Figura 9 – Tabella riassuntiva situazione Ospedale Galliera (Source: Ospedale Galliera)

Parallelamente a questo fu raggiunta una diminuzione del lavoro straordinario del 90% che ha permesso di risparmiare 1,2 milioni di euro su base annua, pur offrendo la stessa qualità e la stessa quantità di servizio e, allo stesso tempo, risparmiare il 40% dell'utilizzo dello spazio. Negli anni successivi, le applicazioni Lean hanno riguardato installazioni di gestione visiva, volti a monitorare lo stato dei pazienti ospedalizzati e la progressione delle terapie. Questo ha portato all'aumento del 47% delle attività del day hospital e a una diminuzione del 45% degli interventi posticipati. Tutti questi numeri sono stati annunciati pubblicamente dal consiglio di amministrazione della società e hanno permesso un risparmio dei costi di gestione di 1,5 milioni calcolati su base annua⁴⁵.

2.1.5 Istituto Clinico Humanitas

⁴⁶All'inizio del 2012 l'Istituto Clinico Humanitas introdusse all'interno del proprio organigramma un Lean Team, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza e la qualità riducendo gli sprechi. La Lean Unit iniziò il suo progetto diffondendo la cultura tra i dipendenti, in quanto, ciò che l'azienda richiedeva era prima di tutto una trasformazione culturale, nella quale i lavoratori erano gli attori chiave, responsabili dei miglioramenti futuri. In linea con l'approccio Kaizen, ogni anno l'Istituto promuove un Lean Project Award dove i

⁴⁵ Nicosia, F. (2017). Sanità lean. FrancoAngeli.

⁴⁶ www.humanitas.it

dipendenti presentano le loro richieste di miglioramento, riflettendo così come la cultura Lean è diventata parte integrante del DNA di Humanitas. Di seguito sono elencati alcuni dei progetti realizzati e premiati durante i Lean days annuali:

- “Un rx torace al giorno non leva il medico di turno”. Poiché in Terapia Intensiva Cardiocirurgica (TIC) venivano eseguiti quotidianamente RX torace di controllo a tutti i pazienti, la proposta è stata quella di definire un piano di cura guidato dall’esigenza clinica, in cui gli esami diagnostici siano richiesti solo se in grado di dare informazioni aggiuntive, utili alla diagnosi.
- “Zero mortalità evitabile”. Obiettivo è stata l’identificazione precoce del deterioramento fisiologico dei degenti, attraverso la misurazione di alcuni parametri clinici al fine di prevenire l’evento acuto (arresto cardiaco) e ridurre la mortalità intraospedaliera.
- “Giù le mani dalla medicazione”, grazie al quale attraverso una rivisitazione del protocollo di medicazione dopo artroscopia di spalla e ginocchio, è stato possibile ridurre il rischio di potenziali contaminazioni.
- “Fast & Light”, con l’obiettivo di migliorare la gestione dei materassi antidecubito in terapia intensiva; grazie a un cambio di appalto sono stati ottenuti benefici per gli operatori, prima gravemente affaticati dalle operazioni di gonfiatura e sgonfiatura.

2.1.6 Policlinico Le Scotte

⁴⁷Nel Luglio del 2012, la Direzione Aziendale del Policlinico Le Scotte di Siena decise di lanciare un programma strategico di miglioramento dei processi ispirato alle logiche Lean. Nacque così il G.O.A.L.S. (Gruppo Operativo Aziendale Lean Senese) collocato all’interno dell’Ufficio Lean; il gruppo è composto ad oggi da ingegneri gestionali, di cui uno responsabile dell’unità, da infermieri, tecnici, un medico di direzione sanitaria ed un economista della direzione amministrativa. Esso opera come staff per la direzione generale, con la quale si incontra periodicamente per monitorare lo stato di avanzamento dei progetti e condividere nuovi obiettivi in linea con la strategia aziendale. Il principale punto di forza sta nell’operatività del gruppo: i membri sono nel “Gemba” (terminologia giapponese indicante luogo in cui si crea valore) continuamente.

⁴⁸Dati i buoni risultati ottenuti attraverso l’esperienza Lean, l’Azienda Ospedaliera Universitaria Senese è stata inserita all’interno del Rapporto OASI 2013, tra le sei Aziende italiane che per prime e meglio hanno implementato con successo il Lean Thinking in sanità. Le principali attività che il G.O.A.L.S. svolge nell’Azienda Ospedaliera Senese sono riassumibili all’interno di tre macro-aree:

⁴⁷ www.ao-siena.toscana.it

⁴⁸ Bianciardi, C. and Bracci, L. and Guercini, J. and Burrioni, L. (2014). Lean thinking in sanità: da scelta strategica a modello operativo. Esculapio Medicina.

- Project Management (attività core): parte di sviluppo di progetti strategici che vede coinvolti in primo piano i membri del gruppo operativo. I risultati ottenuti sono sfidanti ed attraenti e ne viene data visibilità in tutta l'Azienda.
- Consulenza interna: facilitazione nello sviluppo di progetti Lean di miglioramento; è la parte di supporto che il gruppo operativo garantisce verso tutti coloro che sono attratti dal metodo ed hanno intenzione di intraprendere un progetto di miglioramento. In questo caso il G.O.A.L.S. funge da consulente interno attivabile dai singoli professionisti dell'Azienda.
- Formazione: realizzazione di corsi di formazione, sia interni che esterni all'Azienda Ospedaliera Universitaria Senese.

Infine, ogni anno, per valorizzare e premiare tutte le risorse umane che, dopo aver partecipato alla formazione effettuata dal Gruppo Operativo Aziendale Lean Senese, si sono impegnate in prima persona nello sviluppo di progetti in ottica Lean all'interno delle proprie aree di intervento, l'ospedale organizza un concorso interno. ⁴⁹Il Lean Day è la giornata di presentazione e premiazione dei progetti migliori ma soprattutto l'occasione per condividere le problematiche comuni e confrontarsi sulle soluzioni trovate. In quest'ottica il Lean Day è cresciuto e si è ampliato negli anni, ospitando interventi di studiosi, formatori, esperti di settore, tecnici e direttori di aziende sanitarie del territorio con l'obiettivo di creare sinergie e un proficuo scambio di buone pratiche. Alcuni dei progetti premiati più interessanti sono:

- “PPU: Il prelievo all'ora che vuoi tu”. Il progetto ha come obiettivo quello di ridurre le attese degli utenti che devono effettuare esami ematici. E' stata condotta un'analisi dell'andamento della domanda e del Takt Time che ha consentito un riallineamento dell'offerta grazie alla flessibilità di risorse umane. Contemporaneamente è stata condotta un'operazione di "demand management" per orientare l'utenza e livellare i picchi di afflusso, dovuti principalmente alla prassi consolidata (non supportata dalle evidenze scientifiche) di eseguire gli esami ematici in condizione di digiuno. I primi risultati mostrano una riduzione del 13% del tempo di attesa rispetto all'anno precedente.
- “Ordinando... con il Kanban!”. Riguarda una profonda riorganizzazione del layout dei reparti che ha permesso di recuperare vari ambienti e di centralizzare il materiale sanitario ed i farmaci in un unico magazzino, gestito a Kanban. I risultati ottenuti sono: risparmio di circa €42.000, riduzione dell'86% degli ordini in urgenza e 60% del tempo impiegato per effettuarli.
- “L'infermiere di processo...è arrivato”. Il progetto, si focalizza sull'inserimento dell'infermiere di processo nell'area medica ed è volto a garantire la pianificazione e la personalizzazione del percorso del paziente per una migliore continuità assistenziale. Attraverso interventi di standardizzazione delle attività dell'infermiere di processo e condivisione con il team assistenziale,

⁴⁹ www.ao-siena.toscana.it > ufficio-lean

si è ridotto del 50% il numero di giorni di ritardo nelle dimissioni per la causa "rifiuti dei parenti", imputabile al mancato coinvolgimento dell'utente/caregiver nella pianificazione del percorso.

- “Non chi comincia ma quel che persevera”. Obiettivo del progetto, iniziato nel 2014 nel reparto di Anestesia e Terapia Intensiva Cardiochirurgica, è la riduzione delle infezioni correlate all’assistenza sanitaria con un focus particolare sulla riduzione dell’incidenza delle polmoniti associate a ventilazione (VAP). Lo studio è stato condotto attraverso l'applicazione dello strumento di analisi dei processi FMECA (Failure Mode Effects and Critically Analysis) che ha consentito di attuare azioni correttive volte a prevenire o minimizzare il rischio di sviluppare VAP.

2.1.7 Ospedale San Francesco

⁵⁰Nel 2016 l'Ospedale San Francesco di Verona cercò di implementare un nuovo Sistema Integrato Sanitario (HIS) al fine di migliorare la gestione delle informazioni e la fluidità operativa, insieme ad un migliore rispetto della privacy e riduzione dei rischi clinici. Tale processo di informatizzazione è stato condotto da Afea s.r.l. che ha sviluppato il sistema integrato; esso ha permesso di ridurre numerosi sprechi come la duplicazione di informazioni, le documentazioni mancanti e le lunghe operazioni contabili. In seguito sempre Afea, visti gli ottimi risultati ottenuti, insieme a Telos consulting, è stata incaricata per lo svolgimento di una consulenza snella con l'obiettivo di eliminare gli scarti incorporati nei processi. L’action plan, inseguito ad un’oculata analisi svolta nella cosiddetta kaizen week, è stato diviso in due sezioni:

- Miglioramento del processo ortopedico: eliminazione dei passaggi non necessari, la quale ha generato una notevole riduzione in termini di lunghezza del processo, garantendo un maggiore livello di qualità con un minore utilizzo delle risorse, essendo diminuito l’assorbimento di queste ultime.
- Revisione del processo di compensazione: tale revisione è stata realizzata tramite un'analisi attraverso VSM (visual stream mapping), che permette una migliore attenzione ai dettagli. Questo ha contribuito a una riduzione del tempo di esecuzione da 40,5 ore a 13 ore.

Recentemente la clinica di San Francesco sta realizzando un nuovo progetto Lean finalizzato all'ottimizzazione dell'attività di pianificazione delle sale operatorie, che però non è ancora stato portato a termine.

⁵⁰ www.clinicasanfrancesco.it

CAPITOLO 3

ANALISI DEI DATI E IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO PREDITTIVO

3.1 Introduzione sulla scomposizione delle serie storiche e sulla previsione

⁵¹La previsione è un'attività statistica che può aiutare a prendere le decisioni sulla programmazione del lavoro e fornisce una guida alla pianificazione strategica a lungo termine. Tuttavia, le previsioni sono spesso fatte male e molte volte vengono confuse con la pianificazione e gli obiettivi. Queste sono tre cose diverse:

- **previsione:** permette di prevedere il futuro nel modo più accurato possibile, date tutte le informazioni disponibili, compresi i dati storici e la conoscenza di eventuali eventi futuri che potrebbero avere un impatto sulle previsioni.
- **obiettivi:** quello che vorresti accadesse; essi dovrebbero essere collegati alle previsioni e ai piani, ma questo non sempre avviene. Troppo spesso gli obiettivi vengono fissati senza un piano per raggiungerli e senza previsioni realistiche.
- **Pianificazione:** è una risposta alle previsioni e agli obiettivi che comporta la determinazione delle azioni appropriate necessarie per far sì che le previsioni corrispondano ai vostri obiettivi.

Le previsioni dovrebbero essere parte integrante delle attività decisionali del management, in quanto possono svolgere un ruolo importante in molte aree; infatti le organizzazioni moderne richiedono previsioni a breve, medio e lungo termine, a seconda dell'applicazione specifica.

Nelle prime fasi di un progetto di previsione, è necessario prendere decisioni su ciò che deve essere previsto, nonché considerare l'orizzonte di previsione. Una volta determinato quali previsioni sono necessarie, è poi necessario trovare o raccogliere i dati su cui esse si baseranno. Il modello previsionale è caratterizzato dai seguenti cinque passi:

1. **Definizione del problema:** spesso questa è la parte più difficile della previsione in quanto definire il problema con attenzione richiede una comprensione del modo in cui le previsioni saranno utilizzate.
2. **Raccogliere informazioni:** elemento fondamentale in questo step è l'esperienza accumulata delle persone che raccolgono i dati e utilizzano le previsioni, in quanto è molto difficile ottenere abbastanza dati storici da potersi adattare ad un buon modello statistico.
3. **Analisi preliminare (esplorativa):** si realizza essenzialmente con la rappresentazione grafica dei dati attraverso i tool più indicati in base alla situazione. I grafici consentono di visualizzare molte caratteristiche dei dati, tra cui le osservazioni insolite, i cambiamenti nel tempo e le relazioni tra

⁵¹ Hyndman, R. J. and Athanasopoulos, G. (2018). Forecasting Principles and Practice. Monash University.

le variabili; tali caratteristiche devono poi essere incorporate, per quanto possibile, nei metodi di previsione da utilizzare.

4. Scelta e montaggio dei modelli: il modello migliore da utilizzare dipende dalla disponibilità di dati storici, dalla forza delle relazioni tra la variabile di previsione e le eventuali variabili esplicative e dalle modalità di utilizzo delle previsioni.
5. Utilizzare e valutare il modello di previsione: una volta selezionato il modello e stimati i suoi parametri, esso viene utilizzato per fare previsioni. Le prestazioni del modello possono essere valutate correttamente solo dopo che i dati per il periodo di previsione sono diventati disponibili.

Una previsione deve essere accompagnata da un intervallo di previsione che fornisce un range di valori che la variabile casuale potrebbe assumere con una probabilità relativamente alta e precedentemente prefissata. Più si fa una stima in avanti nel tempo, più questa sarà incerta.

I metodi di previsione dipendono in gran parte dai dati disponibili; se essi non ci sono, o se non sono rilevanti per le previsioni, allora devono essere utilizzati metodi di previsione qualitativa. La previsione quantitativa può essere applicata quando sono soddisfatte due condizioni: - sono disponibili informazioni numeriche sul passato; - è ragionevole supporre che alcuni aspetti degli schemi passati continueranno nel futuro. La maggior parte dei problemi di previsione quantitativa utilizza o dati di serie temporali (raccolti a intervalli regolari nel tempo) o dati trasversali (raccolti in un unico punto nel tempo). Una serie temporale può essere pensata come un elenco di numeri, corredata con alcune informazioni come quella su quando questi numeri sono stati registrati, vale a dire "frequenza" di rilevamento. Nel descrivere queste serie temporali, ci possiamo imbattere in diversi tipi di pattern:

- Trend: una tendenza esiste quando si verifica un aumento o una diminuzione a lungo termine dei dati; essa non deve essere necessariamente lineare. Si può anche definire una tendenza come "cambiamento di direzione", quando si passa ad esempio da una tendenza in aumento a una tendenza in diminuzione.
- Stagionale: un modello stagionale si verifica quando una serie temporale è influenzata da fattori temporali come il periodo dell'anno o il giorno della settimana. La stagionalità è sempre di una frequenza fissa e nota.
- Ciclico: un ciclo si verifica quando i dati esposti salgono e scendono non in base ad una frequenza fissa. È molto facile confondere il comportamento ciclico con quello stagionale, ma in realtà sono molto diversi. Se le fluttuazioni non sono di una frequenza fissa, allora sono cicliche, viceversa se la frequenza è immutabile.

I grafici che rappresentano le serie temporali sono utili per visualizzare questi andamenti. Tra di essi, una particolare attenzione riguarda lo scatterplot, grafico che ci aiuta a visualizzare la relazione tra le variabili,

vale a dire la loro correlazione che può variare tra 1 quando le variabili sono perfettamente correlate e -1, quando esse sono inversamente correlate (se il valore è nullo non esiste correlazione). Da rimarcare anche il concetto di autocorrelazione, che misura la relazione lineare tra i valori di una serie temporale; le serie temporali che non mostrano autocorrelazione sono chiamate “white noise”.

3.1.1 Metodi di decomposizione delle serie storiche

Quindi, come preannunciato, ogni dato è decomponibile in tre componenti. Se assumiamo una decomposizione additiva, allora possiamo scrivere $y_t = S_t + T_t + R_t$, dove y_t è il dato, S_t è la componente stagionale, T_t è la componente del ciclo di tendenza, e R_t è la componente rimanente, il tutto nel periodo t . In alternativa, una decomposizione moltiplicativa verrebbe scritta come $y_t = S_t \times T_t \times R_t$. La decomposizione additiva è la più appropriata se l'entità delle fluttuazioni stagionali, o la variazione intorno al ciclo di tendenza, non varia con il livello delle serie temporali. Quando la variazione dell'andamento stagionale, o la variazione intorno al ciclo di tendenza, sembra essere proporzionale al livello delle serie temporali, allora una decomposizione moltiplicativa è più appropriata.

Il primo passo in una decomposizione classica è quello di utilizzare il metodo della media mobile per stimare la presenza di trend; questa, al tempo t , si ottiene facendo la media dei valori delle serie temporali entro k periodi di t . Le osservazioni che sono vicine nel tempo sono probabilmente vicine nel valore, pertanto, la media elimina una parte della casualità dei dati, costruendo una componente di tendenza smorzata. L'ordine della media mobile determina la smorzatura della stima e in generale, un ordine più grande significa una curva meno ripida. Inseguito bisogna calcolare la serie senza trend e per trovare la componente stagionale è necessario fare la media dei valori de-trendizzati appartenenti alla stagione considerata. La componente rimanente è calcolata sottraendo le componenti stagionali e di trend stimate al dato rilevato.

3.1.2 Modelli previsionali

Per quanto riguarda la previsione alcuni metodi sono estremamente semplici ma molto efficaci; tra di questi si annoverano:

- metodo della media: le previsioni di tutti i valori futuri sono pari alla media dei dati storici precedentemente osservati.

- metodo naïve: si limita ad impostare le previsioni come valore dell'ultima osservazione. Questo metodo funziona molto bene quando i dati seguono un andamento casuale, per questo viene anche chiamato metodo "random walk".
- metodo naïve stagionale: simile al precedente, esso è utile per i dati altamente stagionali, in quanto si imposta ogni previsione uguale all'ultimo valore osservato nella stessa stagione precedente.
- metodo della deriva: una variazione del metodo naïve è quella di permettere alle previsioni di aumentare o diminuire nel tempo, dove la quantità di variazione nel tempo (chiamata deriva) è impostata pari alla variazione media vista nei dati storici.

A volte uno di questi semplici metodi può essere il miglior metodo di previsione disponibile; ma in molti casi, questi metodi serviranno come benchmark piuttosto che come metodo di scelta. In altre parole, qualsiasi metodo di previsione sviluppato, sarà confrontato con questi semplici metodi per garantire che il nuovo metodo sia migliore di queste semplici alternative. In caso contrario, il nuovo metodo non vale la pena di essere preso in considerazione.

Altri metodi di notevole importanza che è necessario riportare sono i seguenti.

Il metodo dello smorzamento esponenziale semplice, il quale è adatto per la previsione di dati senza una chiara tendenza o uno schema stagionale; in questo caso si potrebbero utilizzare il metodo della media o naïve, ma sarebbe più opportuna una via di mezzo tra questi due estremi. Ad esempio, può essere sensato attribuire pesi maggiori a osservazioni più recenti rispetto a quelle del lontano passato. Questo è esattamente il concetto che sta alla base del metodo in questione. Le previsioni sono calcolate utilizzando le medie ponderate, dove i pesi diminuiscono in modo esponenziale man mano che le osservazioni provengono da più lontano nel passato. La velocità di diminuzione dei pesi è controllata dal parametro α ; per ogni α compreso tra 0 e 1, i pesi allegati alle osservazioni diminuiscono in modo esponenziale man mano che si va indietro nel tempo, da cui il nome di "smorzamento esponenziale". Se α è piccolo (cioè vicino a 0), viene dato più peso alle osservazioni del passato più lontano, mentre se α è grande (cioè vicino a 1), viene dato più peso alle osservazioni più recenti. Per il caso estremo in cui $\alpha=1$, le previsioni sono uguali alle previsioni naïve. In alcuni casi, i parametri di smorzamento possono essere scelti in modo soggettivo, ma il modo migliore è stimarli minimizzando l'SSE (sum of square error).

Un'estensione del precedente modello è rappresentato dal metodo di tendenza lineare di Holt che consente la previsione di dati caratterizzati da una tendenza. Questo metodo prevede un'equazione di previsione e due equazioni di smorzamento, una per il livello e una per il trend, con i rispettivi parametri di smorzamento. Le previsioni generate dal metodo lineare di Holt mostrano una tendenza costante (in aumento o in diminuzione) a tempo indeterminato verso il futuro. L'evidenza empirica indica che questi metodi tendono a sovrastimare le previsioni, soprattutto per gli orizzonti di previsione più lunghi. Motivati

da questa osservazione, Gardner & McKenzie (1985) hanno introdotto un parametro che "smorza" la tendenza verso una linea piatta per un certo periodo di tempo nel futuro. I metodi che includono una tendenza smorzata si sono dimostrati molto efficaci, e sono probabilmente i metodi più popolari quando le previsioni sono richieste automaticamente per molte serie.

Infine è necessario citare il metodo stagionale Holt-Winters che modifica il metodo di Holt per catturare la stagionalità. Il metodo Holt-Winters stagionale comprende l'equazione di previsione e tre equazioni di smorzamento, una per il livello, una per il trend e una per la componente stagionale, con corrispondenti parametri di smorzamento. Esistono due varianti di questo metodo che differiscono per la natura della componente stagionale. Il metodo additivo è preferito quando le variazioni stagionali sono approssimativamente costanti attraverso le serie, mentre il metodo moltiplicativo è preferito quando le variazioni stagionali cambiano proporzionalmente al livello delle serie. Con il metodo additivo, la componente stagionale è espressa in termini assoluti nella scala delle serie osservate, e nell'equazione di livello la serie è destagionalizzata sottraendo la componente stagionale. Con il metodo moltiplicativo, la componente stagionale è espressa in termini relativi (percentuali) e la serie è destagionalizzata dividendo per la componente stagionale.

Uno sviluppo recente nello studio delle serie è caratterizzato dal modello ARIMA⁵² (Autoregressive Integrated Moving Average), il quale consiste essenzialmente in tre parti: $ARIMA(p,q,d)=AR(p)+I(d)+MA(q)$, dove AR è il termine di autoregressione con p ordine di tale termine, I è il termine della media mobile con q il suo ordine e d è il numero di volte che la serie deve essere differenziata per renderla stazionaria. Se la serie è già stazionaria $d=0$ ed il modello è noto come ARMA. AR (p) indica che y_t , il valore da prevedere, dipende dai precedenti p valori di y ; mentre MA (q) indica che il valore in questione dipende dai precedenti q termini di errore. I coefficienti del modello AR possono essere trovati facilmente utilizzando il metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS), la stima della massima probabilità (MLE) o il metodo di Yule-Walker. Invece i coefficienti del modello MA sono più difficili da trovare, quindi si usano dei metodi ad hoc. La procedura di modellazione ARIMA è determinata dal modello Box-Jenkins, il quale è caratterizzato dai seguenti passaggi:

1. Identificazione del grado di differenziazione (d) che permette di trasformare i dati delle serie temporali in dati stazionari; questo può essere ottenuto rimuovendo il trend e la stagionalità dai dati della serie e inoltre può essere verificata attraverso un apposito test di stazionarietà conosciuto come Dickey-Fuller test (ipotesi nulla: la serie è stazionaria; ipotesi alternativa: la serie non è stazionaria).
2. Stima dei parametri p e q del modello mediante la funzione di autocorrelazione (ACF) e la funzione di autocorrelazione parziale (PACF).

⁵² Priyamvada and Wadhvani, R. (2017). Review on Various Models for Time Series Forecasting. IEEE.

3. Controllo diagnostico che comporta la verifica del grado di precisione: verificare i residui del modello scelto tracciando la funzione di autocorrelazione ACF dei residui, e osservando se tutti i punti si trovano all'interno dell'intervallo di confidenza prescelto; questo assicura che non c'è correlazione tra gli errori che quindi sono "white noise" e non è necessario un ulteriore miglioramento del modello. Viceversa è necessario implementare un modello modificato.

Il grosso limite del modello ARIMA è che non può modellare la stagionalità, la quale deve essere trattata con cautela in quanto rende il modello non stazionario. Così, è stato introdotto il modello SARIMA, che estende il modello ARIMA aggiungendovi il termine stagionalità; esso è rappresentato come: $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)m$ dove P, D, Q si riferiscono alla parte relativa alla stagionalità del modello e m è il numero di periodi per ogni stagione. L'ordine AR (P) e MA (Q) si ricavano nello stesso modo del modello ARIMA non stagionale che utilizza i grafici ACF e PACF. Dopo che la serie è stata resa stazionaria, la previsione viene effettuata nello stesso modo usato per il modello ARIMA.

Per migliorare i risultati della previsione e renderli più accurati negli ultimi anni sono stati introdotti vari modelli che vanno sotto il nome di Modelli di reti neurali artificiali (Artificial Neural Network models). Tali modelli di intelligenza artificiale, che includono la macchina vettoriale di supporto (SVM) e la ANN, possono prendere in considerazione diversi fattori e gestire complesse funzioni non lineari di dati. (yu et al. 2015) Per quanto riguarda la letteratura attuale, diversi strumenti di intelligenza artificiale hanno dimostrato la loro efficacia nel prevedere le metodologie di decomposizione rispetto ai modelli lineari tradizionali, grazie alla flessibilità nella progettazione e alla capacità di autoapprendimento adattativo.

3.1.3 I residui

Dopo aver montato il modello è interessante, per verificare se esso ha catturato adeguatamente le informazioni contenute nei dati, calcolando l'entità dei "residui" la quale è pari alla differenza tra le osservazioni e i corrispondenti valori montati. Un buon metodo di previsione produrrà residui con le seguenti proprietà: - i residui non sono correlati; se ci sono correlazioni tra di essi allora ci sono informazioni non contenute nel modello, che dovrebbero essere utilizzate nel calcolo delle previsioni; - i residui hanno una media pari a zero e se questa è diversa allora le previsioni sono distorte. Qualsiasi metodo di previsione che non soddisfi queste proprietà può essere migliorato; tuttavia, ciò non significa che i metodi di previsione che soddisfano queste proprietà non possano essere migliorati. Oltre a queste proprietà essenziali, è utile (ma non necessario) che i residui abbiano anche le seguenti due proprietà: - i residui hanno una variazione costante;- i residui sono normalmente distribuiti.

Il concetto di residuo non va confuso con quello di “errore di previsione” dato dalla differenza tra il valore osservato e la sua previsione. I residui mirano quindi a valutare l’adeguatezza del modello e sono calcolati sul training set di dati, mentre gli errori di previsione sono deputati a verificare l’accuratezza del modello e per questo sono calcolati sul test set di dati, in modo da verificare il “fit” della previsione con i dati reali non usati per costruire il modello previsionale. Il risultato ottenuto, infatti in questo caso rappresenta la parte imprevedibile di un’osservazione. Quando si scelgono i modelli, è pratica comune separare i dati disponibili in due parti, training set e test set, dove i primi sono utilizzati per stimare qualsiasi parametro di un metodo di previsione e i dati di prova sono utilizzati invece, come anticipato, per valutarne l’accuratezza. Poiché questi ultimi non vengono utilizzati per determinare le previsioni, dovrebbero fornire un’indicazione affidabile di quanto il modello è in grado di prevedere su nuovi dati. La dimensione del set di prova è tipicamente circa il 20% del campione totale, anche se questo valore dipende da quale orizzonte temporale copre il campione e quanto lontano si vuole prevedere.

3.2 Analisi della serie storica e previsione dei ricoveri totali annuali nel reparto di cardiologia dell'Ospedale Maria Vittoria

Per renderci conto dell'andamento generale dei ricoveri all'interno del reparto di cardiologia dell'ospedale Maria Vittoria è necessario effettuare una preliminare analisi dei dati inseguito alla quale andremo poi a focalizzarci sull'obiettivo della tesi costituito dal Laboratorio di Cateterismo.

Primo step di questa analisi è la scomposizione della serie storica e in questo caso l'approccio più semplice è rappresentato dalla decomposizione classica basata sul modello: $Y_t = f(t) + R_t$, in cui $f(t)$ è una funzione del tempo che descrive trend e stagionalità in modo semplice. In particolare nel caso di un modello di tipo additivo $Y_t = T_t + S_t + R_t$ mentre in un modello di tipo moltiplicativo $Y_t = T_t \times S_t \times R_t$ con $R_t \sim N(0, \sigma^2)$, ovvero supponendo che gli errori siano distribuiti normalmente con media zero e varianza costante (omoschedasticità) e siano tra loro indipendenti; queste sono le ipotesi di base della regressione lineare che verranno verificate tramite appositi test di specificazione del modello.

Venendo al lato pratico, consideriamo la serie storica del numero mensile totale dei ricoveri nel reparto di cardiologia da novembre 2015 a novembre 2019:

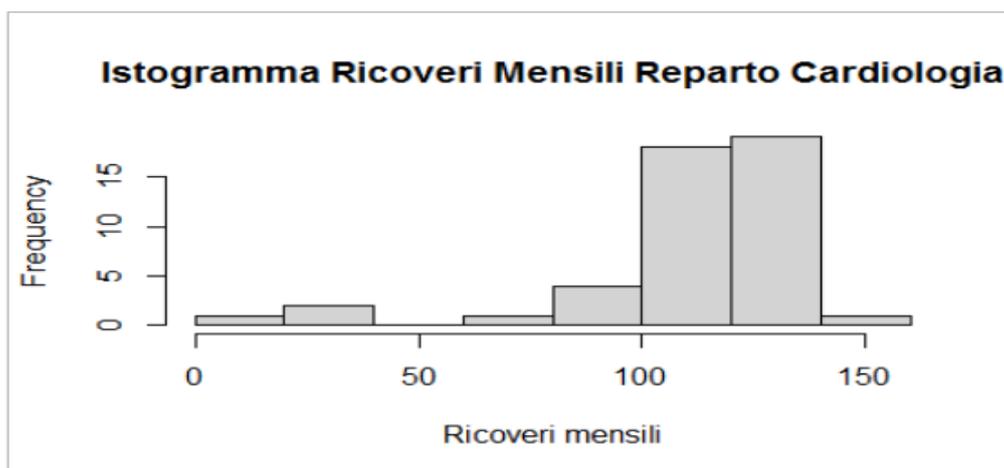


Figura 10 - *Istogramma ricoveri mensili reparto cardiologia*

Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
17.0 106.2 117.5 111.0 125.8 148.0

Deviazione standard: 27.5269; coefficiente di variabilità: 0.2479

Se decomponiamo la serie usando il metodo della media mobile otteniamo le seguenti componenti:

- seasonal: un vettore con la stagionalità

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul
2016	6.179977	6.527199	19.124421	6.513310	21.061921	10.916088	9.4438
2017	6.179977	6.527199	19.124421	6.513310	21.061921	10.916088	9.4438
2018	6.179977	6.527199	19.124421	6.513310	21.061921	10.916088	9.4438
2019	6.179977	6.527199	19.124421	6.513310	21.061921	10.916088	9.4438
	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
2016	-15.417245	5.652199	23.402199	-4.611690	-88.792245		
2017	-15.417245	5.652199	23.402199	-4.611690	-88.792245		
2018	-15.417245	5.652199	23.402199	-4.611690	-88.792245		
2019	-15.417245	5.652199	23.402199				

- trend: un vettore con il trend della serie

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA	108.1250	108.3333
2017	108.1667	108.5417	108.8333	108.8750	109.3750	109.7500	108.9167	107.8750
2018	110.1250	111.0000	111.7083	111.8750	111.2500	111.1667	112.2500	113.6667
2019	112.7917	111.5000	109.7083	108.3333	NA	NA	NA	NA

	Sep	Oct	Nov	Dec
2016	107.9167	107.0417	107.1667	107.8333
2017	107.7083	108.7917	109.0417	109.0417
2018	114.0417	113.5833	114.2500	114.1250
2019	NA	NA		

- random: un vettore con gli errori

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2017	3.6533565	5.9311343	-2.9577546	-8.3883102	6.5630787	-4.6660880
2018	-10.3049769	-9.5271991	3.1672454	5.6116898	-6.3119213	4.9172454
2019	7.0283565	3.9728009	0.1672454	3.1533565	NA	NA

	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2016	-8.5688657	-0.9160880	-5.5688657	8.5561343	-5.5549769	5.9589120
2017	-1.3605324	0.5422454	0.6394676	1.8061343	9.5700231	-3.2494213
2018	10.3061343	0.7505787	5.3061343	-9.9855324	-3.6383102	-2.3327546
2019	NA	NA	NA	NA		

Il grafico della decomposizione della serie:

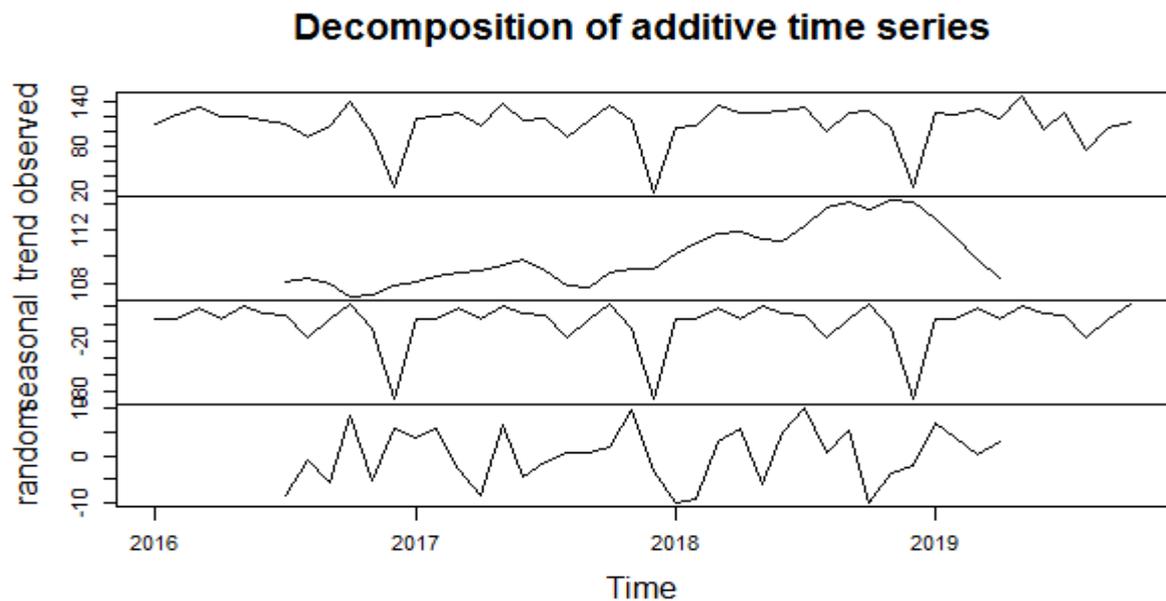


Figura 11 - Grafico della decomposizione della serie temporale

Per effettuare la decomposizione abbiamo supposto che la componente erratica fosse distribuita normalmente con media pari a zero e varianza costante (omoschedasticità). Adesso è necessario verificare queste ipotesi attraverso appropriati test.

In primo luogo occorre verificare che la media dei residui non sia significativamente diversa da zero sottoponendola al cosiddetto test t che ci fornisce un p-value che è pari a: 0.4523; esso ci consente di concludere che la media degli errori non è significativamente diversa da zero. Prima di procedere a verificare che i residui si distribuiscano secondo una variabile aleatoria normale, vado ad esaminarli al fine di individuare la presenza di eventuali valori anomali, gli outliers:

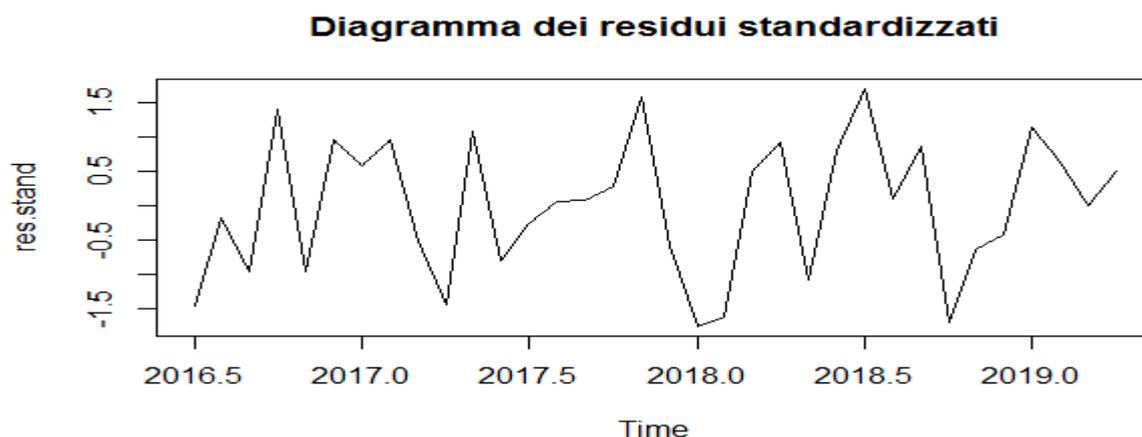


Figura 12 - Diagramma dei residui standardizzati

Dal diagramma emerge che nessuna osservazione risulta essere anomala poiché nessun valore si trova al di là della banda di confidenza del 99% (banda compresa tra $-2,5$ e $+2,5$). Un modo abbastanza semplice ed intuitivo per verificare la normalità della distribuzione degli errori è quello di ricorrere all'ausilio grafico:

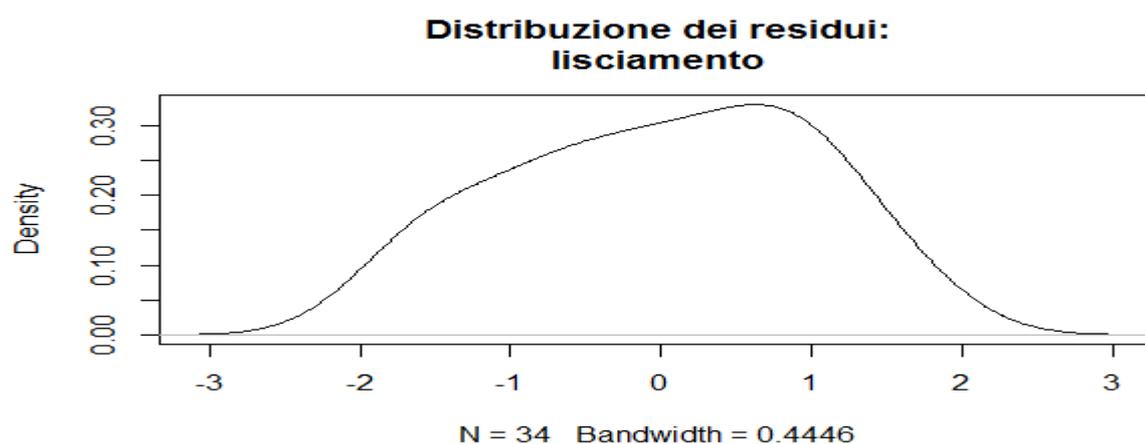


Figura 13 - Grafico della densità di distribuzione dei residui

Il grafico ci da una buona indicazione per una probabile distribuzione pressoché normale dei residui. Per avere un risultato statisticamente più affidabile bisogna effettuare il test di normalità; tra i tanti presenti abbiamo scelto quello di Wilk – Shapiro.

Shapiro-wilk normality test

data: res.stand
 $w = 0.96133$, $p\text{-value} = 0.2657$

Il p-value è decisamente elevato rispetto ai livelli di significatività a cui di solito si fa riferimento: ciò ci fa propendere per l'ipotesi nulla ovvero la normalità della distribuzione degli errori. Infine bisogna ancora verificare l'autocorrelazione; un modo abbastanza semplice per vedere se essa è presente è quello di tracciarne il correlogramma dei residui:

Correlogramma dei residui

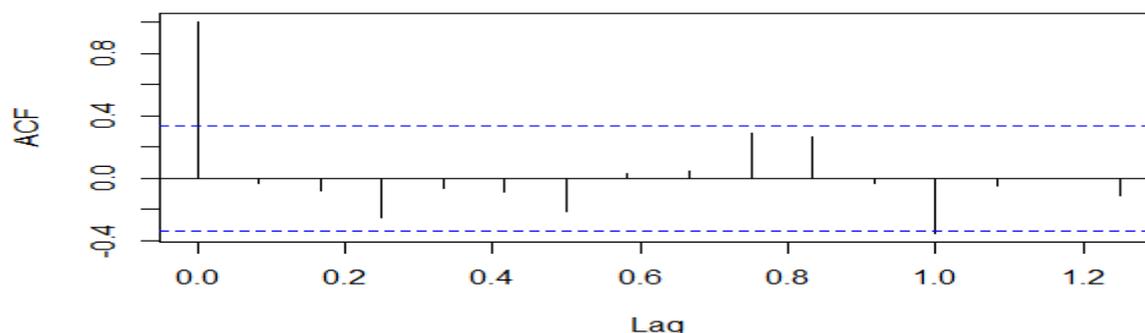


Figura 14 - Correlogramma dei residui

Le linee tratteggiate di colore azzurro indicano la banda di confidenza ad un livello del 95%. Al variare del lag temporale i coefficienti di autocorrelazione dei residui risultano essere tutti interni alla banda di confidenza, indicando quindi assenza di correlazione serie.

Lo stesso ragionamento come precedentemente anticipato, può essere fatto con metodo media mobile moltiplicativo, decomponendo la serie in:

- Stagionalità

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul
2016	1.0555174	1.0593017	1.1731644	1.0587912	1.1910721	1.0982997	1.0847136
2017	1.0555174	1.0593017	1.1731644	1.0587912	1.1910721	1.0982997	1.0847136
2018	1.0555174	1.0593017	1.1731644	1.0587912	1.1910721	1.0982997	1.0847136
2019	1.0555174	1.0593017	1.1731644	1.0587912	1.1910721	1.0982997	1.0847136
	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
2016	0.8596823	1.0504310	1.2145957	0.9582533	0.1961775		
2017	0.8596823	1.0504310	1.2145957	0.9582533	0.1961775		
2018	0.8596823	1.0504310	1.2145957	0.9582533	0.1961775		
2019	0.8596823	1.0504310	1.2145957				

- Trend

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA	108.1250	108.3333
2017	108.1667	108.5417	108.8333	108.8750	109.3750	109.7500	108.9167	107.8750
2018	110.1250	111.0000	111.7083	111.8750	111.2500	111.1667	112.2500	113.6667
2019	112.7917	111.5000	109.7083	108.3333	NA	NA	NA	NA
	Sep	Oct	Nov	Dec				
2016	107.9167	107.0417	107.1667	107.8333				
2017	107.7083	108.7917	109.0417	109.0417				
2018	114.0417	113.5833	114.2500	114.1250				
2019	NA	NA						

- Residui

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul
2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.9293628
2017	1.0335301	1.0523718	0.9790147	0.9282080	1.0516336	0.9623490	0.9903220
2018	0.9119154	0.9185041	1.0224930	1.0468352	0.9508948	1.0401794	1.0841078
2019	1.0583471	1.0329167	1.0022849	1.0287494	NA	NA	NA
	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
2016	0.9878425	0.9527253	1.0691292	0.9445647	1.1817834		
2017	1.0028226	1.0075997	1.0140922	1.0910184	0.7947076		
2018	1.0131274	1.0434675	0.9205712	0.9682095	1.0273016		
2019	NA	NA	NA				

Abbiamo inoltre anche in questo caso effettuato tutti i controlli riguardo alla componente erratica (che non stiamo più qui a ripetere) e tra i due modelli alternativi presentati, quello che sembra decomporre nel modo migliore la serie storica dei dati sotto analisi è quello additivo. Questo sembra essere in linea con quanto esposto in precedenza dove si era detto che la decomposizione additiva è la più appropriata se l'entità delle fluttuazioni stagionali, o la variazione intorno al ciclo di tendenza, non varia con il livello delle serie temporali; i risultati sembrano confermare l'affermazione.

Effettuata la scomposizione della serie, un utile strumento per effettuare delle previsioni è rappresentato dal livellamento esponenziale ed in particolare dal metodo di smorzamento esponenziale Holt-Winters.

Nel caso della stagionalità additiva, che in base a quanto analizzato in precedenza sembra essere quella più adeguata, la scomposizione della serie risulta essere le seguente:

Holt-winters exponential smoothing with trend and additive seasonal component.

Call:

```
HoltWinters(x = ricoveri, seasonal = "additive")
```

Smoothing parameters:

alpha: 0.1956637

beta : 0

gamma: 0.5308376

Coefficients:

a 103.7176840

b 0.1656469

s1 -5.1423727

s2 -88.6608275

s3 8.2192529

s4 7.6949746

s5 18.7783236

s6 5.6260530

s7 27.8217202

s8 0.9304071

s9 12.5442052

s10 -24.8297108

s11 2.3742704

s12 14.6387127

Per osservare la bontà della scomposizione:

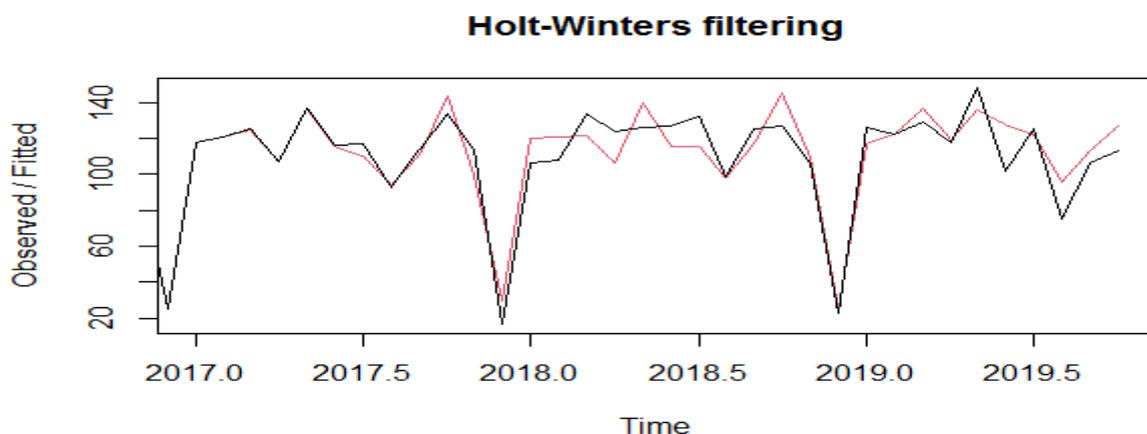


Figura 15 - Grafico contenente i valori previsti con Holt-Winter e i valori reali

La previsione ottenuta utilizzando il suddetto metodo è la seguente:

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul
2019							
2020	112.43388	112.07525	123.32424	110.33762	132.69893	105.97327	117.75271
	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
2019				98.74096	15.38815		
2020	80.54444	107.91407	120.34416				

Guardando la decomposizione della serie storica la prima cosa che salta all'occhio è la presenza di una stagionalità che risulta marcata e si ripropone nel corso degli anni. A dicembre abbiamo un picco di minimo e questo è dovuto alla presenza delle festività; infatti, nel reparto di cardiologia dell'Ospedale Maria Vittoria in prossimità delle feste natalizie e della fine dell'anno solo i pazienti con gravi patologie risultano ricoverati mentre i pazienti elettivi, vale a dire coloro che subiscono interventi su prenotazione sono quasi assenti. Lo stesso, in misura minore, si verifica anche nel mese di agosto.

Un effetto molto interessante che possiamo osservare, sempre riguardo alla stagionalità, è la diminuzione dei ricoveri nei mesi estivi; questa non sembra essere una casualità, ma anzi da come riscontrato in alcuni articoli una tendenza provata. Nell'articolo "Seasonal changes in mortality rates from main causes of death in Japan"⁵³ è riportata l'evidenza riscontrata in precedenza come segue: "[...] Un'altra caratteristica epidemiologica della mortalità coronarica correlata al tempo è un picco stagionale durante i mesi invernali, con un corrispondente calo nei mesi estivi [29]. Da tempo è stato riconosciuto che la temperatura fredda agisce come un fattore scatenante per gli eventi coronarici. Nel corso di questo secolo si è registrata una costante riduzione dell'esposizione agli ambienti freddi grazie a miglioramenti del riscaldamento interno e dei veicoli; da questi cambiamenti si può prevedere una lenta ma graduale diminuzione del picco invernale dei decessi cardiovascolari." A corredo dell'informazione è fornito un grafico che sembra ricalcare la stagionalità ottenuta, tramite la decomposizione precedentemente effettuata della serie storica con le modifiche già spiegate (stagionalità nei mesi con festività).

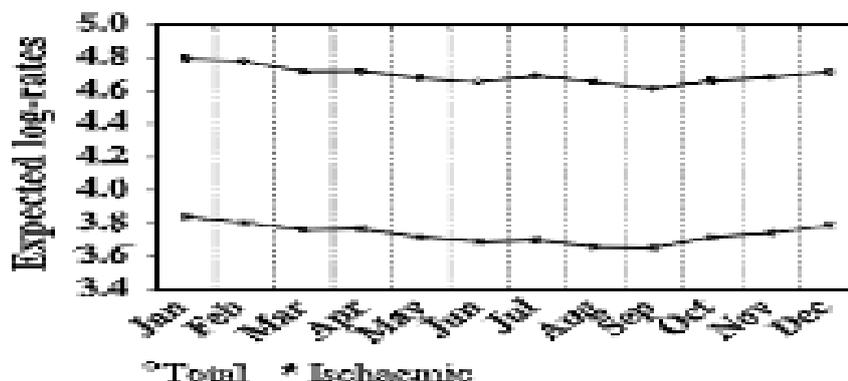


Figura 16 - Grafico dei ricoveri mensili in Giappone (Source: articolo "Seasonal changes in mortality rates from main causes of death in Japan")

⁵³ Nakaji, S. and Parodi, S. and Fontana, V. and Umeda, T. and Suzuki, K. and Sakamoto, J. and Fukuda, S. and Wada, S. and Sugawara, K. (2004). Seasonal changes in mortality rates from main causes of death in Japan. European Journal of Epidemiology, 905-913.

Lo stesso risultato è fornito da uno studio danese pubblicato nell'articolo "Secular trends and seasonality in first-time hospitalization for acutemyocardial infarction—a Danish population-based study"⁵⁴: "[...] Sono stati segnalati diversi modelli stagionali a seconda dell'età, in base ai ricoveri ospedalieri per malattie cardiovascolari e infarto miocardico acuto (incidente più recidivante). [...] Abbiamo trovato modelli stagionali simili per i pazienti con infarto miocardico acuto: il modello a due picchi (primavera e autunno) presente per quanto riguarda i pazienti con meno di 69 anni, si trasforma in un modello con un solo picco (inverno) per quelli con più di 69 anni." Anche in questo caso, l'unico periodo in cui si evidenziano un calo dei pazienti affetti da malattie cardiache è quello estivo.

Infine i ricercatori dell'Università di Losanna⁵⁵, mettendo insieme 24 studi effettuati in 15 Paesi del mondo hanno riscontrato che le basse temperature comportano una maggiore costrizione dei vasi e, di conseguenza, l'aumento della pressione, della viscosità del sangue e del rischio di emorragie e ischemie con il risultato che nei mesi freddi, infarti, ictus e malattie cardiovascolari aumentino del 20-26 per cento.

⁵⁴ Fischer, T. and Lundbye-Christensen, S. and Johnsen, S. P. and Schönheyder, H. C. and Sørensen, H. T. (2004). Secular trends and seasonality in first-time hospitalization for acutemyocardial infarction—a Danish population-based study. *International Journal of Cardiology*, 425-431.

⁵⁵ www.cardiochirurgia.com > attenti-al-freddo-nemico-del-cuore

3.3 Introduzione sulla regressione

⁵⁶La regressione formalizza e risolve il problema di una relazione funzionale tra variabili, misurate sulla base di dati campionari estratti da un'ipotetica popolazione infinita. Essa è costituita essenzialmente da:

- variabile di previsione (y), chiamata variabile dipendente o spiegata;
- variabili predittive (x_i), chiamate regressori o variabili indipendenti e esplicative;
- intercetta (β_0) della retta di regressione che in alcuni casi può non avere nessun significato;
- coefficienti delle variabili indipendenti (β_i), misurano l'effetto di tali variabili;
- errore statistico (ϵ_t), costituito da fattori omessi diversi dai regressori che influenzano la variabile dipendente; in esso è anche presente l'errore nella misura di quest'ultima.

Nel caso più semplice, il modello di regressione è caratterizzato da una relazione lineare tra la variabile dipendente y e una singola variabile di previsione x : $y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \epsilon_t$.

Quando ci sono due o più variabili predittrici, il modello è chiamato modello a regressione multipla, la cui forma generale è: $y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1,t} + \beta_2 x_{2,t} + \dots + \beta_k x_{k,t} + \epsilon_t$ dove y è la variabile da prevedere e x_1, \dots, x_k sono le variabili predittrici. I coefficienti β_1, \dots, β_k misurano l'effetto di ogni predittore dopo aver tenuto conto degli effetti di tutti gli altri predittori del modello, quindi, misurano gli effetti marginali delle variabili predittrici.

Quando usiamo un modello di regressione lineare, facciamo implicitamente alcune ipotesi sulle variabili utilizzate. In primo luogo, si assume che il modello sia una ragionevole approssimazione della realtà. In secondo luogo, facciamo le seguenti ipotesi sugli errori ($\epsilon_1, \dots, \epsilon_T$):

- per ogni valore di x hanno valore medio nullo, altrimenti la stima risulta distorta.
- non sono autocorrelati, altrimenti le previsioni saranno inefficienti, perché ci sono più informazioni nei dati che possono essere sfruttate.
- non sono correlate ai regressori, altrimenti ci sarebbero più informazioni che dovrebbero essere incluse nella parte sistematica del modello.

È anche utile che gli errori siano distribuiti normalmente con una varianza costante, al fine di produrre facilmente intervalli di previsione.

Un modo per scegliere efficacemente i coefficienti dei regressori è la stima dei minimi quadrati ordinari (OLS ordinary least squares), una tecnica di ottimizzazione che permette di trovare una funzione rappresentata da una curva ottima che si avvicini il più possibile all'insieme dei dati; essa si ottiene riducendo al minimo la somma degli errori al quadrato, cioè scegliendo i valori di $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ che

⁵⁶ Hyndman, R. J. and Athanasopoulos, G. (2018). Forecasting Principles and Practice. Monash University.

minimizzano la somma degli errori di previsione rispetto ai valori reali. Ogni coefficiente, una volta stimato, bisogna sottoporlo ad un test per vedere se è significativamente diverso da zero (si rifiuta ipotesi nulla che $\beta_i=0$ al livello del 5% se $t>1,96$ o se $p<0,05$) e quindi per appurare se è adatto a descrivere il fenomeno sotto osservazione. Affinché il metodo OLS ci permetta di ottenere stimatori corretti dei coefficienti, devono valere le seguenti assunzioni (le prime 3 nel caso della regressione lineare con un solo regressore mentre la quarta vale solo nel caso della regressione multipla):

- distribuzione degli errori condizionata a x ha media nulla, questo implica che lo stimatore non è distorto;
- $(x_{1i}, \dots, x_{ni}, y_i)$ con $i=1, \dots, n$ sono variabili indipendenti e identicamente distribuite;
- gli outlier in x e/o y sono rari;
- non vi è collinearità perfetta, che si ottiene quando uno dei regressori è funzione lineare esatta degli altri; essa solitamente riflette un errore nella definizione dei regressori (un caso di collinearità perfetta è la trappola delle variabili dummy)

Le previsioni della variabile dipendente possono essere ottenute utilizzando i coefficienti stimati nell'equazione di regressione e impostando il termine di errore a zero. Un modo comune per riassumere come un modello di regressione lineare si adatta bene ai dati è il coefficiente di determinazione, o R^2 . Questo può essere calcolato come il quadrato della correlazione tra i valori osservati e i valori previsti; in alternativa, può anche essere calcolato come $R^2 = \frac{\sum(\hat{y}_t - \bar{y})^2}{\sum(y_t - \bar{y})^2}$ che riflette la proporzione della varianza della variabile di previsione che è spiegata dal modello di regressione. In una semplice regressione lineare, il valore di R^2 è anche uguale al quadrato della correlazione tra variabile dipendente e indipendente. Tale indicatore varia tra 0 e 1 e se le previsioni sono vicine ai valori reali, ci aspettiamo che R^2 sia vicino a 1, mentre se non sono correlate ai valori reali, allora R^2 tende a zero. L' R^2 viene utilizzato frequentemente, anche se spesso in modo errato, in quanto tale valore non diminuirà mai quando si aggiunge una variabile predittiva extra al modello e questo può portare ad un sovradimensionamento. Per ovviare a questo è buona norma adottare R^2 corretto $R^2_{adj} = 1 - ((1 - R^2)(T - 1)) / (T - k - 1)$, il quale non aumenta se sono inserite variabili aggiuntive non esplicative.

Un'altra misura di come il modello si adatta bene ai dati è la deviazione standard dei residui, conosciuta come "errore standard residuo", la quale è relativa alla dimensione dell'errore medio che il modello produce. Possiamo confrontare questo errore con la deviazione standard della variabile dipendente, per ottenere una certa prospettiva sulla precisione del modello.

Ci sono diverse variabili di previsione presenti frequentemente quando si utilizza la regressione per i dati delle serie temporali, le cui principali sono:

- trend può essere modellato semplicemente usando $x_{1,t}=t$ come un predittore $y_t=\beta_0+\beta_1t+\varepsilon_t$.
- stagionalità può essere modellata usando delle variabili cosiddette dummy le quali possono assumere solamente il valore 1 (se considero l'effetto spiegato dalla variabile binaria in questione) o 0.

Il modello di regressione multipla può gestire funzioni di regressione non lineari. Se una relazione tra y e x è non lineare:

- l'effetto su y di una variazione in x dipende dal valore di x ;
- una regressione lineare è mal specificata: la forma funzionale è errata e la soluzione è quella di applicare una funzione di regressione che non sia lineare in y ;
- lo stimatore dell'effetto su y di x è distorto.

Le assunzioni dei minimi quadrati in questo caso sono le stesse elencate in precedenza, ad eccezione della quarta che prevede l'assenza di multicollinearità perfetta.

3.4 Analisi di significatività del manager

Adesso, per proseguire verso l'obiettivo di effettuare una previsione mensile del numero di operazioni effettuate nel Laboratorio di Cateterismo, ci concentriamo sui dati relativi agli interventi aventi codice 00.66 (angioplastica percutanea) e 35.66 (valvuloplastica percutanea) che sono quelli che vengono sicuramente svolti nella sala operatoria sulla quale porremo l'attenzione nella parte di simulazione.

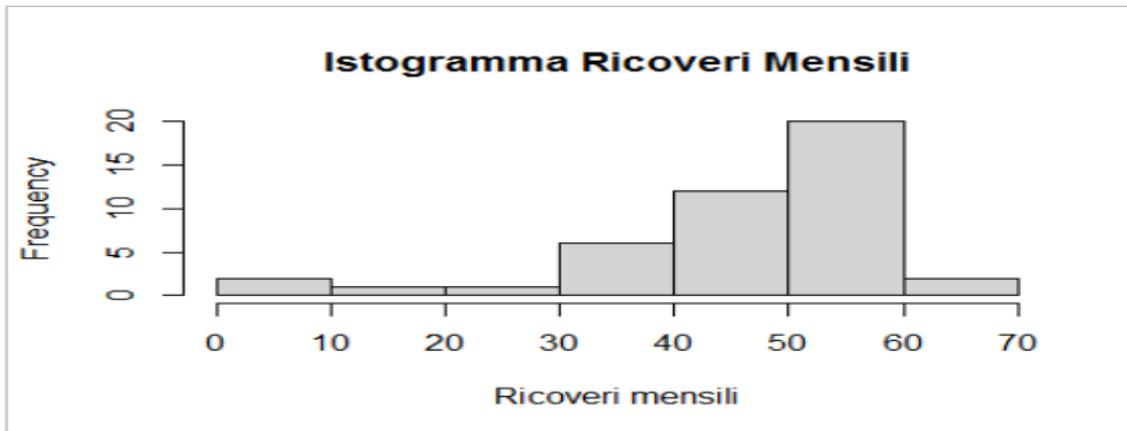


Figura 17 - Istogramma dei ricoveri mensili nel reparto di cardiologia

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
8.00	41.00	50.50	46.36	53.25	66.00

Deviazione standard: 12.5515; coefficiente di variabilità: 0.2707

In questa seconda analisi verifichiamo se l'avvento di un nuovo management a partire dal 01/01/2018 ha portato a cambiamenti organizzativi significativi all'interno del reparto e se questa ipotesi è confermata non è possibile utilizzare, per implementare il modello previsionale di nostro interesse, i dati relativi al vecchio management.

Procedendo per passi, la prima cosa da verificare è se i valori della serie storica sono autocorrelati

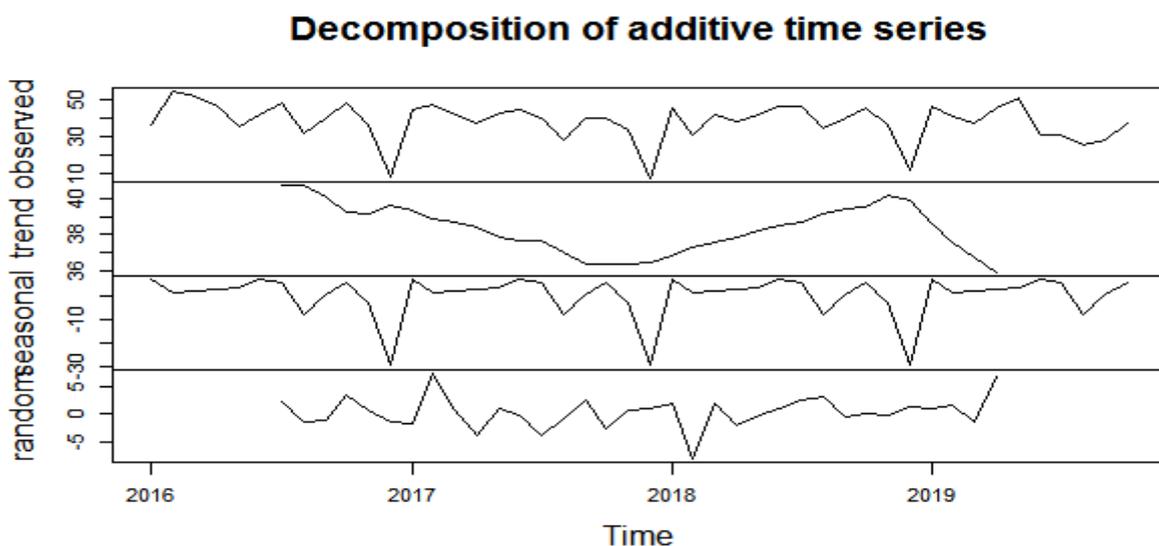


Figura 18 - Diagramma dei residui standardizzati

Anche in questo caso si può notare una marcata stagionalità, quindi per verificare l'autocorrelazione è opportuno utilizzare i residui e non la serie storica in quanto potrebbe distorcere i risultati. Dal correlogramma dei residui standardizzati:

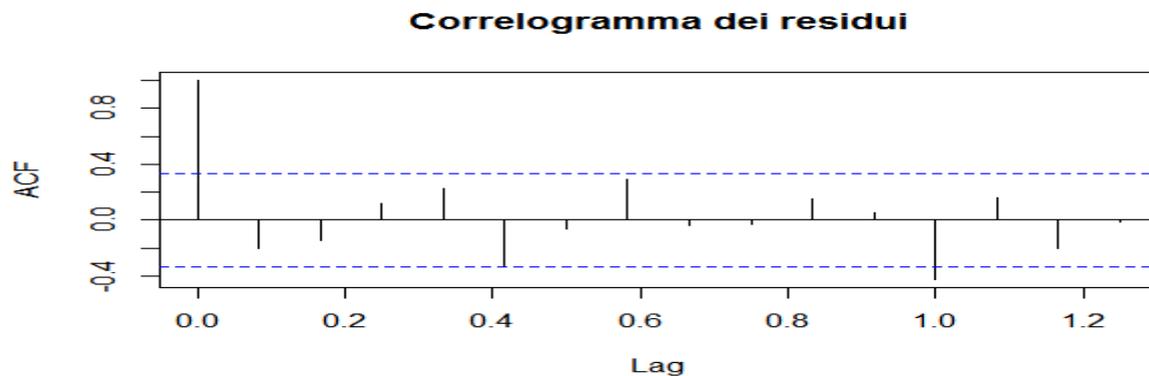


Figura 19 - Correlogramma dei residui

Le linee tratteggiate di colore azzurro indicano la banda di confidenza ad un livello del 95%. Al variare del lag temporale i coefficienti di autocorrelazione dei residui risultano essere tutti interni alla banda di confidenza, tranne un valore che necessita di essere approfondito. Si può quindi assumere l'assenza di correlazioni serie. Una statistica che può essere utilizzata per verificare l'assenza di autocorrelazione è una opportuna combinazione lineare dei coefficienti di autocorrelazione dei residui $r(t)$: Ljung – Box test

Box-Ljung test

```
data: res.dec
X-squared = 1.5713, df = 1, p-value = 0.21
```

Come output dei risultati calcolati da `Box.test()` possiamo vedere la statistica utilizzata (Ljung-Box), il relativo valore (X-squared), i corrispondenti gradi di libertà (df) e il livello di significatività osservato (p-value). Il risultato del test non ci consente di rifiutare l'ipotesi nulla, concludiamo pertanto con un buon livello di fiducia che i residui della nostra serie storica non sono autocorrelati.

Adesso cerco di impostare una regressione multipla in modo da verificare se il manager è un fattore determinante che ha influenzato il numero di ricoveri. Implemento un modello con il numero di ricoveri per mese (per angioplastica percutanea e valvuloplastica percutanea) come variabile dipendente, la quale è spiegata da una serie di variabili indipendenti costituite da:

- Trend: variabile che aumenta col passare dei mesi di una unità alla volta e serve per catturare l'effetto del trend.
- Manager: variabile dummy che assume valore 1 nei periodi in cui è presente il vecchio manager e 0 nei periodi in cui è presente il manager attuale.
- Mesi dell'anno: variabili dummy che assumono valore 1 nel mese corrispondente e 0 negli altri mesi e servono per catturare l'effetto della stagionalità. Sono presenti tutti i mesi tranne dicembre

questo per evitare la cosiddetta “trappola delle variabili dummy”; questo si verifica quando abbiamo un insieme di variabili binarie mutuamente esclusive e esaustive, cioè esistono più categorie e ogni osservazione ricade in una di esse e solo in una. Se si includono tutte queste variabili dummy e anche la costante si avrà collinearità perfetta e una soluzione può essere quella di omettere uno dei gruppi (in questo caso “dicembre”) e in tal caso i coefficienti delle variabili binarie rappresentano l’effetto incrementale di appartenere a quella categoria rispetto alla categoria omessa.

La regressione multipla, usando le variabili precedentemente citate, assume la seguente forma:

```
Call:
lm(formula = ricoveri ~ tren + gennaio + febbraio + marzo + aprile +
    maggio + giugno + luglio + agosto + settembre + ottobre +
    novembre + manager)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-13.2500  -2.3125  -0.1667   3.1563  10.8750
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  19.3333     6.6515   2.907  0.00658 **
tren          -0.2813     0.1428  -1.969  0.05766 .
gennaio       31.9479     4.5877   6.964  6.89e-08 ***
febbraio      32.2292     4.5503   7.083  4.93e-08 ***
marzo         32.2604     4.5171   7.142  4.17e-08 ***
aprile        31.5417     4.4882   7.028  5.75e-08 ***
maggio        32.3229     4.4636   7.241  3.16e-08 ***
giugno        30.8542     4.4436   6.944  7.29e-08 ***
luglio        31.6354     4.4280   7.144  4.15e-08 ***
agosto        20.6667     4.4170   4.679  5.04e-05 ***
settembre     27.6979     4.4106   6.280  4.84e-07 ***
ottobre       33.9792     4.4088   7.707  8.72e-09 ***
novembre      26.0521     4.7055   5.536  4.17e-06 ***
manager       -4.3750     3.7415  -1.169  0.25091
```

```
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

```
Residual standard error: 5.76 on 32 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7715, Adjusted R-squared:  0.6786
F-statistic: 8.309 on 13 and 32 DF, p-value: 5.803e-07
```

Lo stesso risultato, in modo più corretto, può essere ottenuto utilizzando la funzione factor() di R con 12 livelli corrispondenti ognuno ad un mese, al posto delle variabili dummy dei vari mesi; in tal modo non omettiamo il mese di dicembre per non incorrere nella trappola della variabili dummy. Per le variabili indipendenti manager e trend uso quelle del modello precedente.

```
Call:
lm(formula = ricoveri ~ mesifactor + tren + manager)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-13.2500  -2.3125  -0.1667   3.1562  10.8750
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  51.2812     5.3095   9.658 5.27e-11 ***
mesif2        0.2813     4.0757   0.069  0.9454
```

mesif3	0.3125	4.0832	0.077	0.9395
mesif4	-0.4062	4.0957	-0.099	0.9216
mesif5	0.3750	4.1131	0.091	0.9279
mesif6	-1.0937	4.1354	-0.264	0.7931
mesif7	-0.3125	4.1624	-0.075	0.9406
mesif8	-11.2812	4.1941	-2.690	0.0113 *
mesif9	-4.2500	4.2305	-1.005	0.3226
mesif10	2.0313	4.2713	0.476	0.6376
mesif11	-5.8958	4.5503	-1.296	0.2043
mesif12	-31.9479	4.5877	-6.964	6.89e-08 ***
tren	-0.2812	0.1428	-1.969	0.0577 .
manager	-4.3750	3.7415	-1.169	0.2509

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5.76 on 32 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.7715, Adjusted R-squared: 0.6786
 F-statistic: 8.309 on 13 and 32 DF, p-value: 5.803e-07

Il risultato, per quanto riguarda i valori delle variabili indipendenti, è uguale a quello trovato in precedenza ma in questo caso i p-value non risultano distorti dall'omissione di uno dei mesi nella regressione multipla, utile per non cadere nella trappola delle variabili dummy. Dall'output che R ci fornisce, emerge chiaramente che la variabile dummy manager non è statisticamente significativa in quanto il p-value si aggira intorno a 0,25. Inoltre si può constatare che alcune variabili rappresentanti i mesi sono significative confermando così l'importanza della stagionalità, che non può essere trascurata nella regressione; mentre il trend, in linea con quanto già affermato in precedenza, è poco significativo. L'indicatore R² –corretto, che a differenza dell'R² non aumenta necessariamente quando si aggiunge un altro regressore, misura la frazione della varianza della variabile dipendente spiegata, ed essa è circa il 67%; da questo dato emerge che il modello è abbastanza dettagliato (in quanto si avvicina molto al livello soglia del 70% al di sopra del quale il modello è classificato come molto credibile) ma ancora migliorabile. Plottando i grafici della regressione:

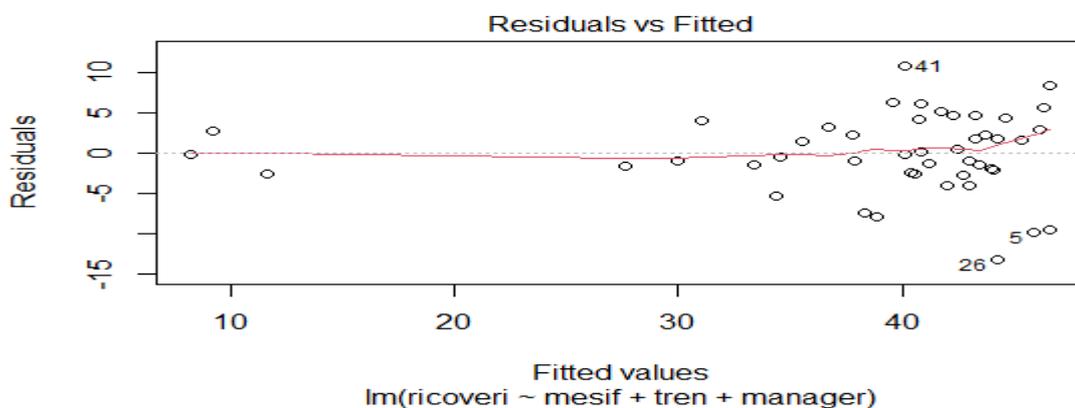


Figura 20 - Grafico valori residuals vs fitted

Residuals vs Fitted: confronto tra valori stimati e residui. La curva rossa che interpola i dati ha un andamento approssimativamente lineare (e parallelo all'asse delle ascisse), l'ipotesi di linearità non è

violata. Inoltre, i punti al di sopra e al di sotto della curva si dispongono formando un pattern a forma di cono, quindi l'ipotesi di omoschedasticità è parzialmente violata.

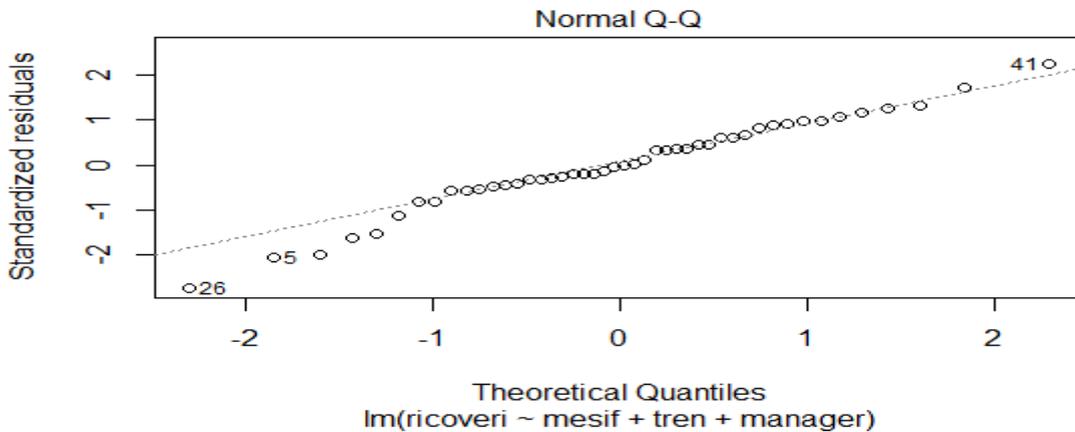


Figura 21 - Grafico normal Q-Q

Normal Q-Q: confronta i percentili teorici della distribuzione Normale standardizzata e i percentili dei residui standardizzati. L'ipotesi di Normalità dei residui non è violata in quanto i punti, ad eccezione delle prime e delle ultime osservazioni, si dispongono approssimativamente lungo la diagonale del grafico.

Un possibile miglioramento del modello si può ottenere aggiungendo le variabili derivanti dall'interazione tra i mesi e il trend. L'output della regressione multipla in questo caso assume la seguente forma:

```
Call:
lm(formula = ricoveri ~ trend + manager + mesif + trend:mesif,
    data = dati)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-11.0129  -2.4750  -0.2617   2.4629   6.5043
```

```
Coefficients:
(Intercept)    43.4236    5.7732    7.522 2.18e-07 ***
trend           0.1236    0.2185    0.566 0.57772
manager        -4.0429    3.3124   -1.221 0.23580
mesif2         14.8764    6.3144    2.356 0.02827 *
mesif3         12.2779    6.4317    1.909 0.07003 .
mesif4          4.4293    6.5541    0.676 0.50654
mesif5         -3.7360    6.6815   -0.559 0.58197
mesif6          9.2821    6.8134    1.362 0.18753
mesif7         13.5086    6.9498    1.944 0.06545 .
mesif8         -4.7983    7.0902   -0.677 0.50595
mesif9          6.9114    7.2345    0.955 0.35028
mesif10        11.9212    7.3825    1.615 0.12128
mesif11        -0.8539    8.8004   -0.097 0.92362
mesif12       -30.0188    9.0606   -3.313 0.00331 **
trend:mesif2   -0.7500    0.2667   -2.812 0.01043 *
trend:mesif3   -0.6083    0.2667   -2.281 0.03308 *
trend:mesif4   -0.2750    0.2667   -1.031 0.31417
trend:mesif5    0.1083    0.2667    0.406 0.68868
trend:mesif6   -0.5167    0.2667   -1.937 0.06626 .
trend:mesif7   -0.6500    0.2667   -2.437 0.02377 *
trend:mesif8   -0.3583    0.2667   -1.344 0.19338
```

```

trend:mesif9  -0.5333    0.2667  -2.000  0.05861 .
trend:mesif10 -0.4833    0.2667  -1.812  0.08424 .
trend:mesif11 -0.2920    0.3539  -0.825  0.41850
trend:mesif12 -0.1670    0.3539  -0.472  0.64179

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5.06 on 21 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8843, Adjusted R-squared: 0.752
F-statistic: 6.687 on 24 and 21 DF, p-value: 2.164e-05

Rispetto al precedente la prima cosa che si può osservare è l'indicatore R^2 -corretto, il quale è aumentato molto raggiungendo circa il 75%; questo ci rassicura ancora di più riguardo al fatto che il modello spiega bene il fenomeno in analisi. L'inserimento delle nuove variabili ci permette di affermare, con ancora più certezza, che la variabile manager non è significativa. Inoltre alcune variabili rappresentanti i mesi sono diventate significative e a queste si aggiungono molte delle nuove variabili date dall'interazione tra mesi e trend; questo avvalorava l'ipotesi della stagionalità portata avanti sin dall'inizio. Per quanto riguarda i grafici che R ci propone riguardo alla regressione:

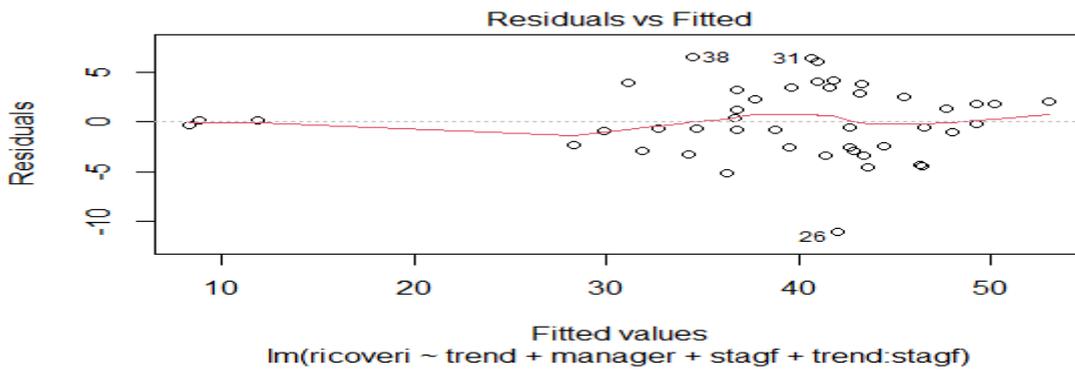


Figura 22 - Grafico valori residuals vs fitted

Possiamo notare dal grafico Residuals vs Fitted, che la curva rossa che interpola i punti assume un andamento approssimativamente lineare. A differenza di prima invece, i punti al di sopra e al di sotto della curva non si dispongono più formando un pattern a forma di cono, ma assumono una disposizione abbastanza casuale; quindi l'ipotesi di omoschedasticità non sembra essere violata

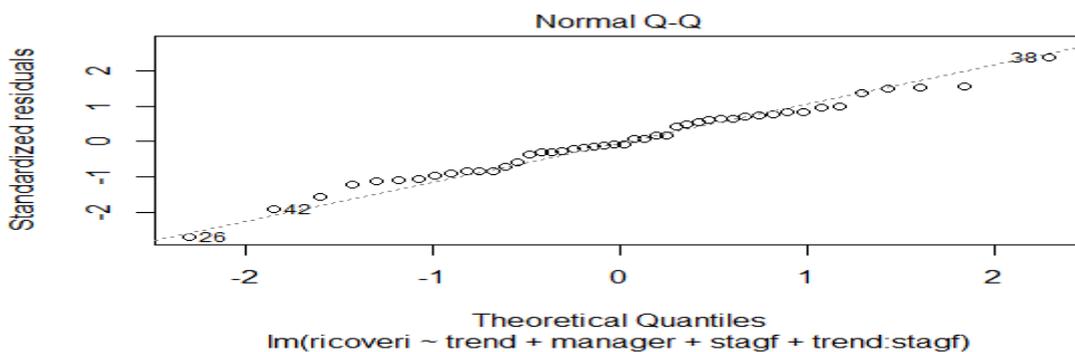


Figura 23 - Grafico normal Q-Q

Dal Normal Q-Q plot possiamo dire che l'ipotesi di Normalità dei residui non è violata in quanto i punti, ad eccezione delle prime e delle ultime osservazioni, si dispongono approssimativamente lungo la diagonale del grafico.

Quindi, tale modello di regressione multipla implementato, pur essendo ancora migliorabile, sembra adatto a descrivere il fenomeno in questione e oltre a confermare i risultati ottenuti in precedenza riguardo stagionalità e trend, permette di giungere all'importante conclusione che il manager non è una variabile significativa e che non influenza la variabile ricoveri. Detto questo, l'avvento del nuovo management non sembra aver portato cambiamenti significativi all'interno del reparto, quindi ci sentiamo liberi di utilizzare tutto il data-set per l'analisi successiva senza fare nessuna distinzione tra i dati del biennio 2016-2017 (vecchio management) e 2018-2019 (nuovo management).

3.5 Confronto modelli previsionali e previsione del numero di operazioni mensile

Dopo aver effettuato le precedenti analisi che ci confermano la possibilità di utilizzare tutti i dati a disposizione relativi agli interventi aventi codice 00.66 (angioplastica percutanea) e 35.66 (valvuloplastica percutanea), adesso è necessario effettuare la previsione che verrà poi utilizzata nella seconda parte del lavoro.

Le analisi condotte in precedenza hanno messo in luce il fatto che la domanda nel reparto di cardiologia è stagionale e i volumi dei pazienti affetti da malattie cardiache fluttuano in base al periodo dell'anno anche a causa delle condizioni climatiche. Obiettivo di questa ultima analisi è la creazione di un modello di previsione il quale ci permetta di ottenere dei risultati, il più possibile affidabili, riguardo al numero di ricoveri mensile, che saranno poi utilizzati nella simulazione.⁵⁷ In letteratura non sono presenti considerazioni importanti su quali metodi siano i più appropriati per la previsione della domanda nei reparti di cardiologia e a quale livello di accuratezza si possano fare tali previsioni; l'unica indicazione che trapela è che il modello benchmark può essere considerato il modello di regressione lineare multipla nel quale sono solo considerate le variabili temporali, nel nostro caso quindi i mesi. Quindi in questo studio abbiamo cercato di esplorare e valutare l'uso di diversi metodi di previsione statistica per prevedere i volumi mensili di pazienti richiedenti interventi cardiaci di valvuloplastica e angioplastica e di confrontare la bontà di questi metodi, al fine di scegliere il migliore.

L'analisi è effettuata utilizzando, come anticipato in precedenza, tutti i dati relativi al numero delle operazioni codice 00.66 e 35.66 (che saranno valutate nella simulazione) avvenute da novembre 2015 a ottobre 2019. Il set di dati a disposizione è stato diviso in un training set contenente 32 dati (un po' meno di 3 anni) e un test set di 12 dati (1 anno) quindi l'accuratezza del modello è valutata su un orizzonte annuale.

I modelli che compariamo sono il modello di regressione, il modello di smorzamento esponenziale semplice, il modello di Holt, il modello di Holt-Winter, il modello SARIMA e il modello EMD.

Le performance dei modelli sono le seguenti:

- Modello di regressione lineare multipla con variabili costituite dai mesi dell'anno: come anticipato è considerato il modello benchmark e presenta le variabili con i seguenti valori

	Estimate	Std. Error
(Intercept)	52.0000	3.2076
Mese1	-0.6667	4.5363
Mese2	-1.6667	4.5363
Mese3	1.0000	4.5363
Mese4	1.3333	4.5363
Mese5	-13.6667	4.5363
Mese6	-2.6667	4.5363
Mese7	5.0000	4.5363
Mese8	-7.5000	5.0717
Mese9	-43.5000	5.0717
Mese10	-2.5000	5.0717

⁵⁷ Jones, S. and Thomas, A. and Evans, R. S. and Welch, S. J. and Peter, M. D. and Haug, J. and Snow, G. L. (2008). Forecasting Daily Patient Volumes in the Emergency Department. Society for Academic Emergency Medicine.

Mese11 -7.5000 5.0717

E la sua accuratezza risulta essere la seguente:

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
Test set	-1.638889	16.14747	12.55556	-24.13477	49.09484

- Modello smorzamento esponenziale semplice: la previsione del modello ottenuta attraverso il training set (in blu) comparata con l'andamento del test set (tratteggiato)

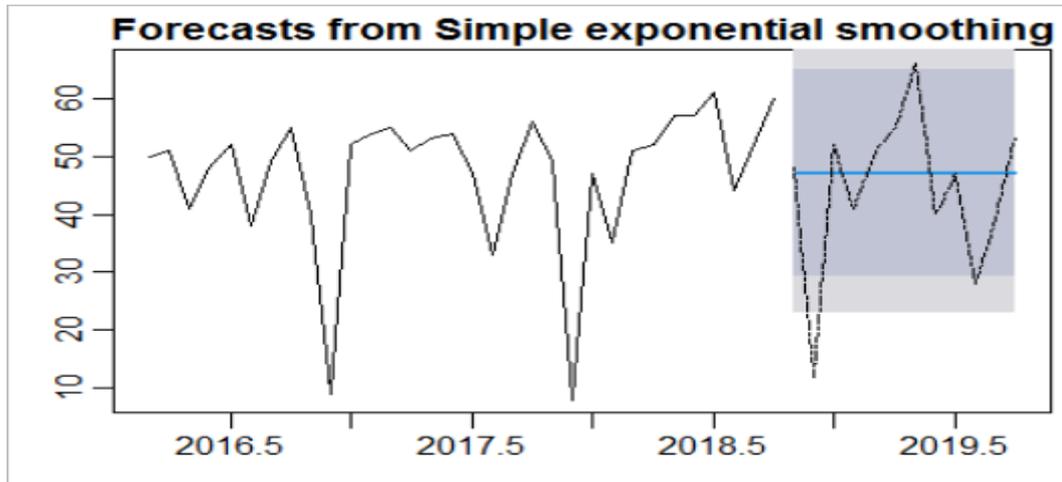


Figura 24 - Grafico previsione ottenuta con smorzamento esponenziale semplice

L'accuratezza del modello valutata rispetto al test set è la seguente:

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
Test set	-2.790679	13.68126	9.833333	-28.50274	40.6375

- Modello di Holt: la previsione del modello ottenuta attraverso il training set (in blu) comparata con l'andamento del test set (tratteggiato)

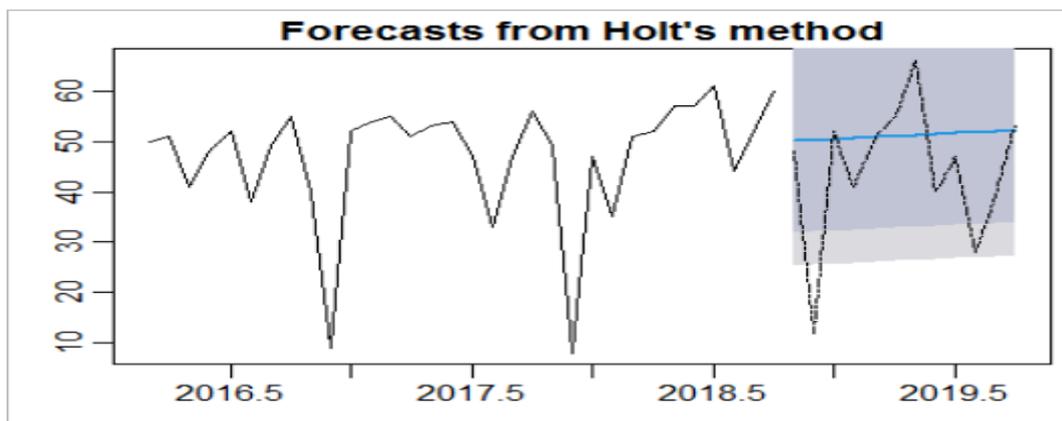


Figura 25 - Grafico previsione con modello di Holt

L'accuratezza del modello valutata rispetto al test set è la seguente:

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
Test set	-6.827031	14.97493	10.3443	-39.17233	44.86099

Si può notare, sia a livello grafico ma soprattutto dall'output riferito all'accuratezza, che la previsione ottenuta attraverso questi primi due modelli elementari non è molto consona a descrivere il fenomeno

sotto osservazione, pur essendo già migliore di quella del cosiddetto modello benchmark che genera il MAPE più grande. Adesso andiamo a complicare le cose analizzando modelli via via più complicati e complessi dal punto di vista computazionale.

- Modello di Holt-Winter: la previsione del modello ottenuta attraverso il training set (in blu) comparata con l'andamento del test set (tratteggiato)

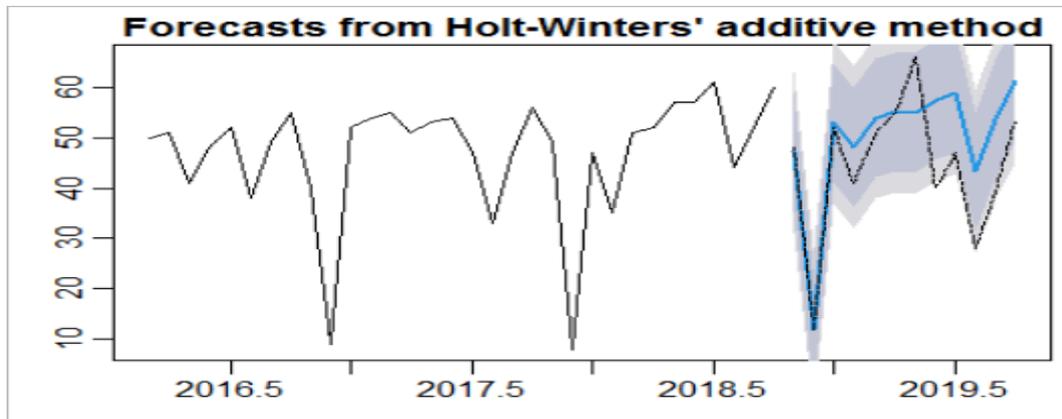


Figura 26 - Grafico previsione ottenuta con modello di Holt-Winter

L'accuratezza del modello valutata rispetto al test set è la seguente:

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
Test set	-5.549455	9.755588	7.550474	-15.187	18.42235

- Modello ARIMA: i modelli ARIMA (autoregression integration moving average) di Box-Jenkins partono dal presupposto che tra due osservazioni di una serie quello che ne altera il livello è il cosiddetto "disturbo". Un modello generale ARIMA (p,d,q) è caratterizzato da AR=AutoRegression (autoregressione) e p è l'ordine della stessa, I=Integration (integrazione) e d è l'ordine della stessa, MA=Moving Average (media mobile) e q è l'ordine della stessa.

È necessario definire quindi quale modello utilizzare in quanto non è possibile capirlo senza un'analisi preliminare. Analizzando la funzione di autocorrelazione:

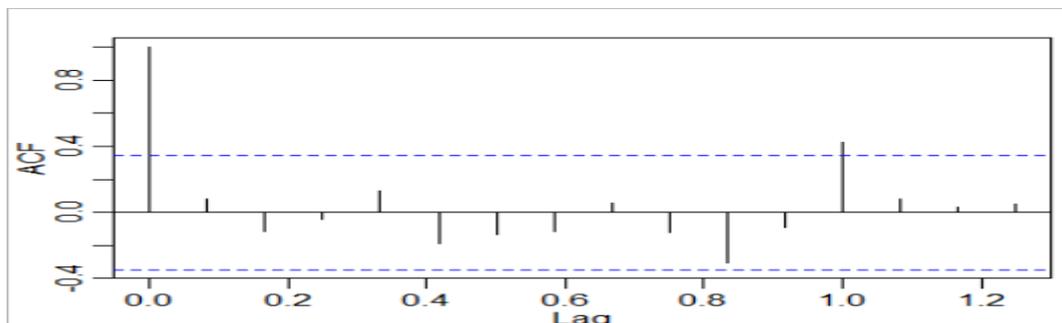


Figura 27 - Correlogramma dei residui generati dal modello ARIMA

il primo lag supera la soglia e sembra essere presente, come ci aspettavamo, un andamento ciclico. Inseguito a numerosi tentativi siamo giunti alla conclusione che il modello ARIMA che più si adatta alla nostra serie storica è ARIMA (1,1,0) (0,1,0) [12] con i parametri:

```
Call:
arima(x = xf, order = c(1, 0, 0), seasonal = list(order = c(1, 1, 0), period = 12))
```

Coefficients:

	ar1	sar1
	0.5179	-0.5865
s.e.	0.1912	0.2926

sigma^2 estimated as 30.98: log likelihood = -65.4, aic = 136.8

Infine il controllo sui residui del modello stimato ci permette di affermare che esso è una realizzazione campionaria di un processo white noise a componenti gaussiane:

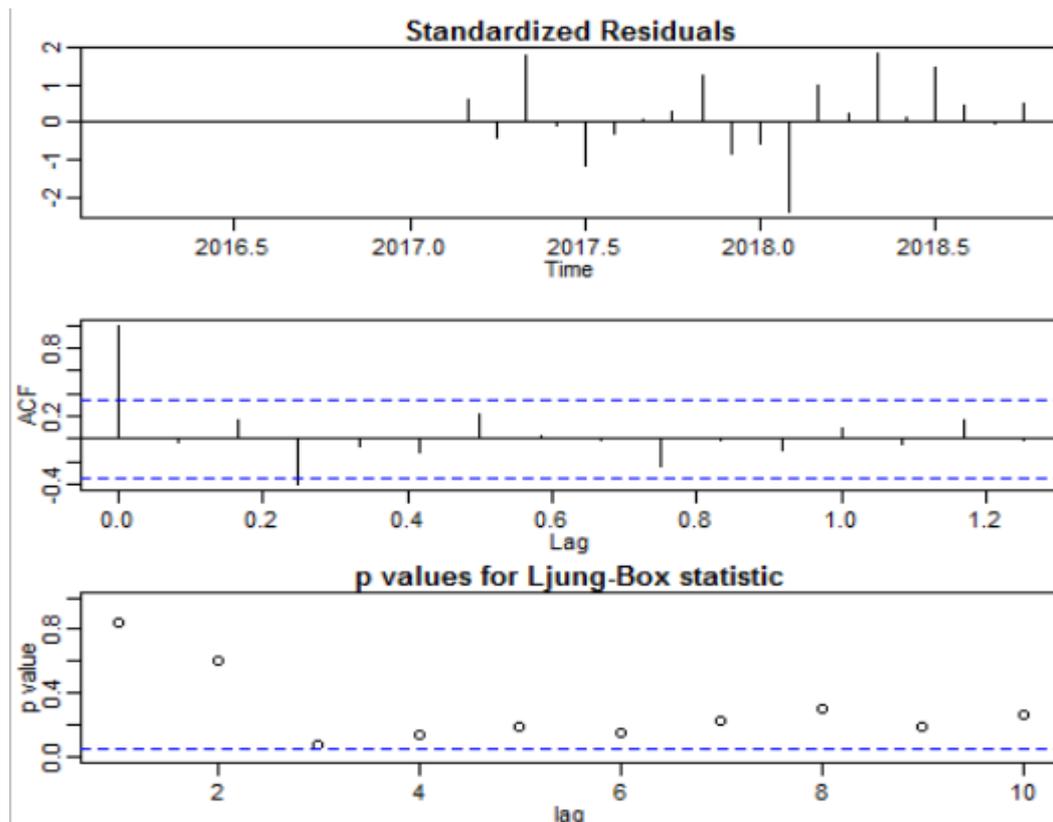


Figura 28 - Grafici sui residui generati dal modello ARIMA

Con il modello ARIMA (1,1,0) (0,1,0) [12] trovato la previsione ottenuta attraverso il training set (in blu) comparata con l'andamento del test set (tratteggiato) è la seguente:

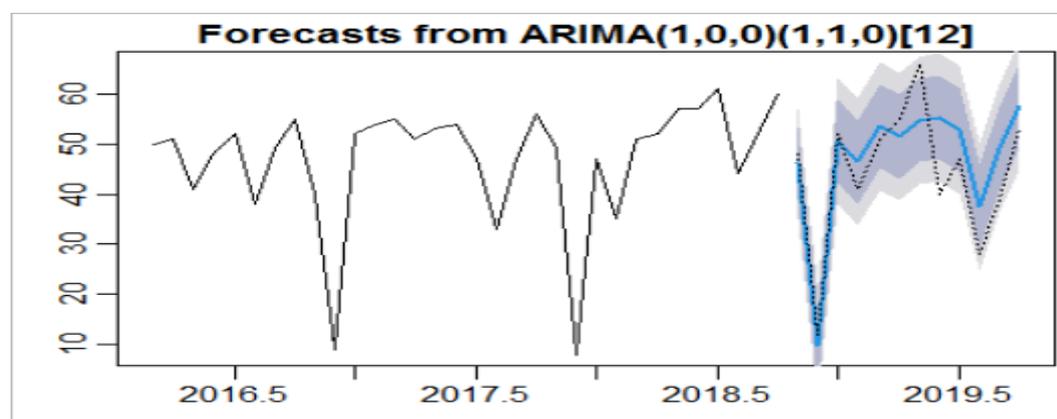


Figura 29 - Grafico previsione ottenuta con modello ARIMA

L'accuratezza del modello valutata rispetto al test set è la seguente:

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
Test set	-3.7091976	9.668532	7.953421	-9.511064	20.850061

Con questi ultimi due modelli i risultati sono molto più soddisfacenti e questo è dovuto anche alla loro maggiore complessità: sia il MPE sia il MAPE sono dimezzati. Il modello con il MAPE minore (indicatore dell'errore che prendiamo in considerazione per trarre le conclusioni sulla bontà dei modelli) però risulta essere quello di Holt-Winter.⁵⁸ Questo potrebbe essere dovuto al fatto che il modello ARIMA presenta performance migliori quando siamo in presenza di serie lineari e per previsioni con breve orizzonte temporale (esempio fino ad un mese di distanza).

- Modello EMD-ARIMA: la Empirical Mode Decomposition (EMD) è un nuovo metodo di decomposizione la cui idea principale è quella di decomporre una serie temporale non stazionaria e non lineare in una combinazione quasi ortogonale di semplici serie temporali: Intrinsic Mode Functions (IMF, che possono essere più di una e possiedono un andamento il più possibile sinusoidale) e residuals (r).⁵⁹ Permette di esporre la tendenza e i pattern nascosti delle serie temporali. La serie storica sotto osservazione tramite la EMD è stata decomposta in 4 serie sinusoidali, le cosiddette IMF, e in una serie che rappresenta i residui; utilizziamo il modello ARIMA per effettuare la previsione con lo stesso procedimento utilizzato in precedenza (che non stiamo più a elencare passo per passo).

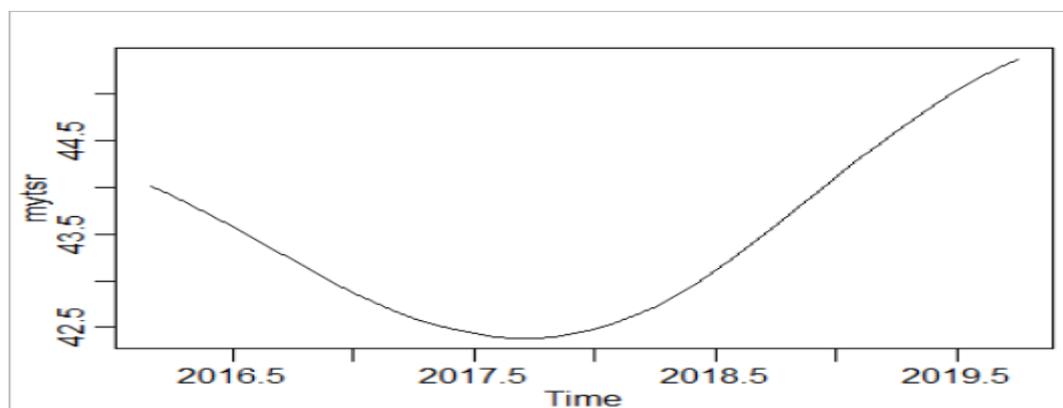


Figura 30 - Grafico dei residui generati dal modello EMD-ARIMA

⁵⁸ Wang, S. Y. and Yu, L. A. and Lai, K. K. (2005). Crude oil price forecasting with TEI methodology. *Journal of Systems Science and Complexity*, 145-166.

⁵⁹ An, X. and Jiang, D. and Zhao, M. and Liu, C. (2012). Short-term prediction of wind power using EMD and chaotic theory. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 1036-1042.

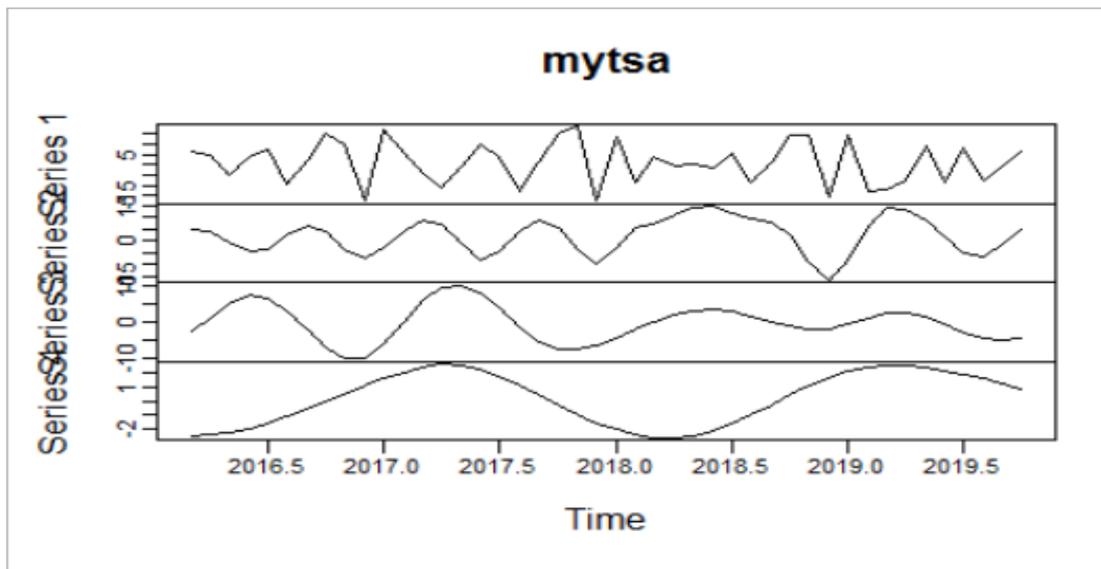


Figura 31 - Grafici degli IMF generati dal modello EMD-ARIMA

I modelli ARIMA utilizzati per la previsione sono i seguenti:

- residui: ARIMA (2,2,0)
- serie 1: ARIMA (2,1,4) (0,0,3) [12]
- serie 2: ARIMA (5,1,1) (1,1,1) [12]
- serie 3: ARIMA (4,1,6) (0,0,1) [12]
- serie 4: ARIMA (6,1,1) (0,1,1) [12]

Sommando la previsione ottenuta attraverso i training set delle 5 serie individuate ottengo la curva nera, che comparata con l'andamento del test set (curva rossa) mi fornisce il seguente risultato:

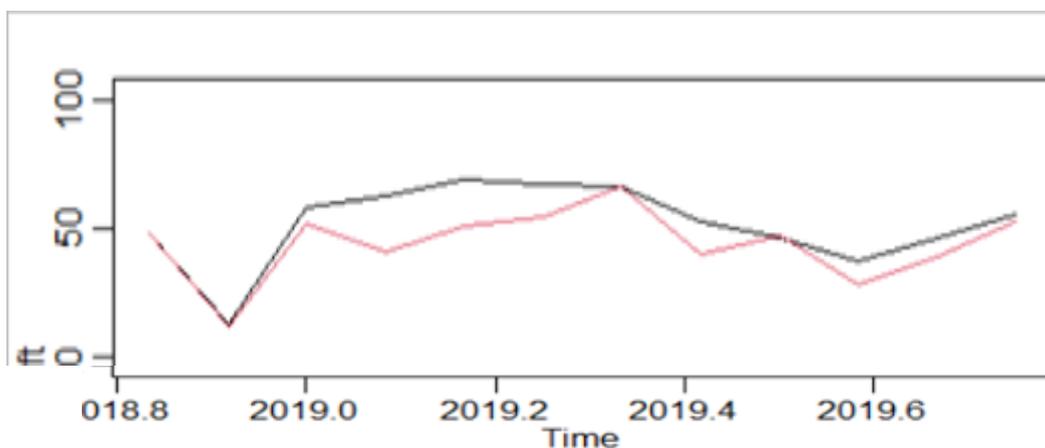


Figura 32 - Grafico previsione ottenuto con il modello EMD-ARIMA

L'accuratezza del modello EMD-ARIMA è la seguente:

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
Test set	-7.503167	10.35579	7.559884	-17.87563	17.99464

⁶⁰L'EMD gestisce efficacemente le ipotesi di non linearità e non stazionarietà dei dati delle serie temporali dividendo le serie temporali originali in sotto-serie chiamate IMF. Importante risulta essere anche la ricostruzione di queste serie e l'utilizzo del modello ARIMA sicuramente non è ideale per le limitazioni elencate in precedenza, ma è comunque soddisfacente e meno oneroso dal punto di vista computazionale e delle competenze necessarie rispetto all'utilizzo di modelli AI (Artificial Intelligence). La previsione infatti sembra essere buona negli estremi, cioè a inizio e fine test set, mentre nella parte centrale non riesce a cogliere le fluttuazioni del numero di operazioni in modo preciso, andando a sovrastimarle; questo contribuisce ad aumentare l'errore.

Gli ultimi tre modelli analizzati, dal momento che il MAE è negativo, sovrastimano tutti il numero degli interventi e questo non è un male in quanto ci permette di essere più conservativi nelle nostre conclusioni. Considerando il MAPE come indicatore di comparazione tra i diversi modelli, il modello EMD-ARIMA presenta performance migliori rispetto al modello di Holt-Winters e ARIMA(1,1,0)(0,1,0)[12] e riteniamo quindi che sia il più adeguato ad esprimere il fenomeno sotto osservazione.

I risultati ottenuti non sono ottimi perché un errore percentuale del 17% è comunque un po' alto; ⁶¹utilizzando algoritmi più sofisticati, come ad esempio quelli ANN (Artificial Neural Network) o il modello ibrido EMD-ANN, si potrebbero ottenere approssimazioni migliori ma che non giustificano la complessità aggiuntiva che si verrebbe a creare. Le limitazioni di fondo dei dati a disposizione, costituite essenzialmente dal fatto che i numeri delle operazioni non sono molto elevati e dalla bassa numerosità del training set, rendono difficile la possibilità di ottenere errori minori rispetto a quelli trovati con l'analisi fatta in precedenza.

Riteniamo quindi la previsione ottenuta con il modello EMD-ARIMA la più adeguata a descrivere il numero delle operazioni per mensili, con tutte le approssimazioni del caso, e quindi la utilizzeremo nel modello di simulazione

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
2019						
2020	58.28316	38.02953	44.60062	43.94291	50.93358	38.93306
		Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
2019						
2020	51.17360	40.07956	52.02991	62.06732	61.63229	14.84788

⁶⁰ Muhammad, A. (2018). Crude oil price forecasting based on the reconstruction of imfs of decomposition ensemble model with arima and ffnn models. University teknologi Malaysia.

⁶¹ Khaldi, R. and El Afia, A. and Elsevier, R. C. (2019). Forecasting of weekly patient visits to emergency department: real case study. Procedia Computer Science, 532-541.

CAPITOLO 4

ANALISI PRELIMINARE DEL MODELLO SIMULATIVO

4.1 Introduzione sulla simulazione

Come precedentemente analizzato, l'applicazione del Lean Thinking in ambito sanitario è costantemente aumentata negli ultimi vent'anni; tuttavia, c'è ancora una certa riluttanza per quanto riguarda la sua adozione, soprattutto a causa dei limitati esempi di validazioni e implementazioni e della mancanza di prove misurabili. Per colmare questo problema è stato necessario integrare la Lean con particolari strumenti il più importante dei quali è la simulazione, che consente alle organizzazioni sanitarie di migliorare la qualità del servizio offerto senza aumentare, almeno nelle fasi iniziali, i costi e i rischi per l'organizzazione stessa o per i pazienti. Infatti, essa, prendendo in considerazione la variabilità e valutando l'analisi di scenario, permette prima dell'effettiva implementazione e prima di qualsiasi investimento, di valutare e determinare gli effetti dei miglioramenti Lean. Per capire come la simulazione è utilizzata nel contesto specifico dell'ambiente sanitario, è necessario introdurre i principi generali della modellazione della simulazione, delineandone le principali caratteristiche e categorie.

⁶² *“La simulazione è il processo di progettazione di un modello di un sistema reale e di esecuzione di campagne di sperimentazione con esso al fine di capire il comportamento di un sistema e sia di valutare varie strategie per l’operatività del sistema stesso”* R.E. Shannon

Questa citazione sintetizza in modo efficace il concetto di simulazione, ma per comprenderlo meglio è necessario capire cosa si intende per “sistema” e “modello”.

⁶³Un sistema è un gruppo di oggetti che interagiscono tra di loro per il raggiungimento di un fissato e ben preciso obiettivo; la sua definizione è fortemente influenzata dagli obiettivi fissati nell’analisi e nello studio. Esso è caratterizzato inoltre da cambiamenti che si verificano all’esterno, quindi risulta fondamentale definire il confine tra sistema e ambiente esterno. Le componenti principali di un sistema sono:

- Entità: oggetto di interesse nel sistema esplicitamente definito, che lo contraddistingue rendendolo unico; possono competere per ottenere le risorse e essere accodati nelle corrispondenti code di attesa.
- Attributo: proprietà di un’entità, la quale a sua volta può avere molti attributi.

⁶² Shannon, R. E. (1975). System Simulation the art and the science. Prentice-Hall.

⁶³ Banks, J. Carson, J. S. and Nelson, L. and Nicol, D. M. (2007). Discrete-Event System Simulation. Pearson.

- Attività: rappresenta un periodo di tempo di lunghezza specificata, caratterizzato da operazioni che trasformano lo stato delle componenti.
- Stato del sistema: definito come la collezione di variabili (entità, attributi, attività) necessarie per descrivere il sistema in ogni istante relativamente ai prefissati obiettivi dello studio. Il cambiamento nello stato del sistema permette di definirne l'avanzamento.
- Evento: attività che potrebbe cambiare lo stato del sistema; può essere interno (endogeno) cioè riguarda variabili interne al modello o esterno (esogeno) cioè riguarda variabili esterne al modello.

Un modello è definito invece come una rappresentazione astratta del sistema reale finalizzata agli obiettivi dello studio; deve essere sufficientemente dettagliato per permettere di ottenere valide conclusioni sul comportamento di tale sistema. I modelli possono essere di due tipi: fisici (modelli in scala, prototipi) e matematici; noi focalizzeremo l'attenzione su questi ultimi, all'interno dei quali sono presenti i modelli di simulazione, la cui scelta è funzione delle caratteristiche del sistema reale e degli obiettivi dello studio. Essi possono essere classificati:

Deterministico vs stocastico: se i parametri sono assegnati deterministicamente o con distribuzioni statistiche.

- Deterministico: modello che non contiene alcun elemento probabilistico (variabile casuale); assegnati i valori degli input, l'output è univocamente determinato.
- Stocastico: modello in cui i valori degli input o le probabilità di accadimento degli eventi non sono univocamente determinati, ma variabili secondo distribuzioni statistiche (variabili stocastiche).

Continuo vs discreto: se i valori delle variabili di stato variano in modo continuo o discreto rispetto alla variabile tempo.

- Discreto: modello caratterizzato da cambiamenti di stato solo in un insieme discreto di istanti di tempo.
- Continuo: modello caratterizzato da una variazione dello stato del sistema che avviene con continuità rispetto alla variabile tempo.

Dinamico vs statico: se rappresenta o meno la variazione del sistema nel tempo.

- Statico: modello in cui il tempo non è una determinante.
- Dinamico: modello in cui l'output dipende dal tempo.

Fatta questa premessa è possibile definire cosa è un simulatore: esso è un modello matematico che riproduce il comportamento di un sistema reale, definendo i suoi componenti, le loro relazioni ed i processi

di input che controllano tale sistema simulato. L'output del simulatore sono un insieme di misure che sintetizzano le performance del sistema reale, ma sono solo delle stime caratterizzate quindi da un errore.

⁶⁴I principali step di uno studio di simulazione sono:

- 1) Formulazione del problema: rappresenta la fase più difficile e richiede una singolare abilità dell'analista nell'analizzare e formalizzare il sistema reale in esame.
- 2) Definizione degli obiettivi e pianificazione: gli obiettivi rappresentano le domande alle quali si desidera dare una risposta attraverso una simulazione, mentre la pianificazione consiste nella determinazione delle persone coinvolte, del costo e del tempo.
- 3) Definizione del modello concettuale: un modello concettuale rappresenta un'astrazione del sistema reale con un livello di dettaglio che dipende dagli obiettivi dello studio.
- 4) Collezione dati di input: tale fase impegna una larga porzione del tempo totale richiesto per eseguire una simulazione e dovrebbe iniziare il prima possibile.
- 5) Scelta dello strumento di simulazione: il modello concettuale è trasformato nel modello software utilizzando un linguaggio di programmazione "general purpose" oppure uno speciale package di simulazione orientato al problema.
- 6) Verifica: controllo della correttezza formale del modello costruito con lo strumento di simulazione (debugging).
- 7) Validazione: controllo che il modello di simulazione sia, dal punto di vista concettuale, coerente con il sistema che si vuole analizzare; tale fase consente di calibrare il modello nel miglior modo possibile.
- 8) Pianificazione campagne di simulazione: scelta del tipo di simulazione, definizione condizioni iniziali, lunghezza dei run e numero di repliche di ciascun run.
- 9) Esecuzione e analisi dell'output: esecuzione dei run e applicazione delle tecniche di analisi dell'output come stima puntuale, intervallo di confidenza, test d'ipotesi e ANOVA.
- 10) Documentazione e reporting: documentazione sul modello di simulazione, sulle ipotesi di lavoro adottate per lo studio e sui risultati ottenuti dalle varie campagne di simulazione effettuate.

Il processo può dunque essere riassunto in tre fasi: nella prima fase, il problema che il modello vuole rappresentare deve essere studiato e compreso. Solo dopo aver analizzato a fondo il sistema reale, è possibile proseguire con la seconda fase, in cui viene creato il modello. In questa fase è necessario raccogliere i dati del sistema reale, per considerare le semplificazioni necessarie alla costruzione del modello. Successivamente, si deve utilizzare una tecnica adeguata per risolvere il modello e i risultati

⁶⁴ Patrono, L. (2005). Tecniche e strumenti per l'analisi delle prestazioni dei protocolli di rete.

devono essere rivisti e verificati, con interpretazioni adeguate. Infine, i risultati ottenuti dal modello devono essere adattati ai sistemi reali.

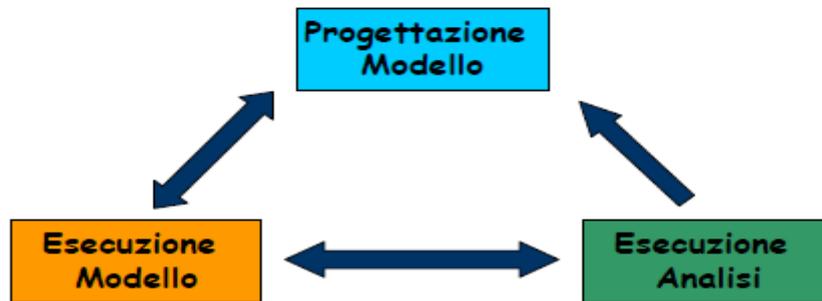


Figura 33 - 3 fasi della simulazione (Source: "Tecniche e strumenti per l'analisi delle prestazioni dei protocolli di rete")

Ci sono diverse tipologie di simulazione e molti tool che ne permettono il suo utilizzo; siccome l'ambito di riferimento di questo studio è quello sanitario, abbiamo valutato le tecniche di simulazione principalmente utilizzate in tale settore.

- ⁶⁵Simulazione Monte Carlo fa parte della famiglia dei metodi statistici non parametrici; consiste nel cercare la soluzione di un problema, rappresentandola quale parametro di una ipotetica popolazione e nello stimare tale parametro tramite l'esame di un campione della popolazione ottenuto mediante sequenze di numeri casuali.
- ⁶⁶Agent-based model (ABM) è simulazione computazionale che incorpora elementi "intelligenti" in grado di apprendere, adattarsi, evolversi o di seguire una logica imprevedibile.

La tecnica simulativa maggiormente utilizzata è però la Discrete-Event simulation (DES), la quale rappresenta il sistema nella sua evoluzione nel tempo, con variabili che cambiano rapidamente il loro valore in ben definiti istanti di tempo. Essendo questi modelli di natura dinamica è necessario registrare, ovvero tenere memoria, del tempo (simulato) che procede. In particolare è necessario definire un meccanismo di avanzamento per far procedere il tempo simulato da un valore ad un altro. La variabile che in un modello di simulazione fornisce il valore corrente del tempo simulato si chiama "simulation clock", ed esistono due modi per definire il suo avanzamento: - avanzamento del tempo al prossimo evento; - avanzamento del tempo ad incrementi prefissati. Il motivo chiave per l'utilizzo della Discrete-Event Simulation è la necessità di modellare processi che sono soggetti a variabilità e che sono interconnessi tra di loro. La variabilità può essere pensata in termini di variabilità prevedibile (ad esempio cambi di turno) e

⁶⁵ Varetto, F. (2019). Simulazione Monte Carlo. Politecnico di Torino.

⁶⁶ Grimm, V. (1999). A standard protocol for describing individual-based and agent-based model. Ecological Modelling, 216-225.

variabilità imprevedibile (ad esempio arrivo dei pazienti), dal momento che la maggior parte di questi sono soggetti a una serie di fonti di variabilità interconnesse. Quindi i presupposti chiave della DES sono che i processi sono soggetti a variabilità, sono interconnessi e complessi. La DES è usata principalmente come mezzo per verificare se un processo proposto si comporta come previsto e per cercare i mezzi per migliorarlo. I vantaggi che questo porta nel contesto sanitario sono la riduzione del rischio, maggiore comprensione del processo, riduzione dei costi operativi, riduzione dei tempi di ricovero, riduzione del costo del capitale e miglioramento del servizio dei pazienti; fornisce, quindi, un mezzo per migliorare i processi sanitari consentendo alle opzioni di essere testate e sperimentate prima di effettuare investimenti costosi.⁶⁷La storia del DES per le applicazioni sanitarie risale agli anni '60 ma i primi risultati degni di nota ce li abbiamo a partire dagli anni '90. Oggi, infatti, sembra esserci un crescente interesse nella letteratura accademica riguardo all'uso del DES per contribuire a migliorare l'assistenza sanitaria tutt'ora a disposizione.

⁶⁷ Pitt, M. (2018). A structured literature review of simulation modelling applied to Emergency Departments: Current patterns and emerging trends. *Operations Research for Health Care*, 1-13.

4.2 La simulazione come strumento di supporto della Lean Healthcare

Negli ultimi anni la simulazione e in particolare la Discrete-Event sono stati usati in supporto all'applicazione degli strumenti provvisti dalla Lean. Essa è utilizzata sia come un mezzo per determinare i benefici della Lean prima dell'implementazione, sia per l'apprendimento dei principi di tale filosofia. La complementarità fra DES e Lean si può anche ritrovare dal punto di vista teorico, in quanto i presupposti chiave della DES si adattano perfettamente ai tre concetti della Lean noti come: Muda, Mura e muri.

- DES e Muda: la tabella illustra come i presupposti chiave del DES concordino con il concetto di Muda (riduzione dei difetti) così come illustrato durante la trattazione della Lean; questo si ottiene identificando il ruolo del DES nel contribuire a ridurre ciascuno dei sette rifiuti definiti da Ohno.

Muda individuati dalla Lean	Ruolo della DES
1) Trasporto: mobilizzare gli oggetti che non sono attualmente richiesti per svolgere il processo	Modellare il flusso del processo e misurarne i tempi
2) Magazzino: tutti i componenti che non sono processati nel momento considerato	Modellare le code (magazzino)
3) Movimento: persone o attrezzature che si muovono più di quanto non sia necessario per eseguire la loro mansione	Modellare le interconnessioni tra le risorse (persone e attrezzature) e il processo
4) Ritardo: attesa per il prossimo step del processo	Modellare le code che sono conseguenza della variabilità scaturita dalle interconnessioni presenti nel processo
5) Sovrapproduzione: produzione maggiore della domanda	Modellare le interconnessioni tra la variabilità nella domanda e la variabilità nella produzione
6) Processi inappropriati: risultato derivante da strumentazione e pianificazione inadeguata	Modellare il flusso del processo e misurare l'utilizzo delle risorse
7) Difetti: sforzo incanalato per l'ispezione e per porre riparo agli sbagli	Modellare la variabilità dei difettosi e il loro impatto nello svolgimento del processo

Figura 34 - Ruolo della DES per arginare i diversi tipi di Muda

- DES e Mura: la necessità di modellare la variabilità è un presupposto fondamentale del DES, poiché si tratta di una delle principali fonti di inefficienza del processo; allo stesso modo, il concetto di Mura riguarda la disomogeneità della domanda (che è una fonte chiave della variabilità del processo) la quale porta all'inefficienza del processo.
- DES e Muri: i modelli DES del flusso di processo consentono l'utilizzo delle risorse, tra cui lavoratori e personale, per determinare e individuare eventuali colli di bottiglia; capire come i lavoratori vengono utilizzati fornisce anche indirettamente informazioni sul loro benessere e sulla loro sicurezza. D'altro canto il concetto di muri si concentra sulla riduzione della pressione sui lavoratori e sul personale.

Ulteriori prove di questa complementarità sono state ricavate attraverso interviste condotte con dipendenti ospedalieri. Tutti gli intervistati sono stati favorevoli all'uso della DES accanto al lean e quando è stato richiesto come pensavano che essa potesse essere usata per migliorare i processi già esistenti, le percezioni in genere cadevano in due categorie di utilizzo: - possibilità di disporre di una "mappa di processo interattiva e dinamica" che porta il processo a prendere vita; - uno strumento di scenario 'what-if' per sperimentare configurazioni di processo e test di proposte di modifica.

⁶⁸Dal punto di vista operativo si possono dunque identificare i tre ruoli chiave della DES nell'implementazione della Lean Healthcare, conosciuti con il nome di "Simlean":

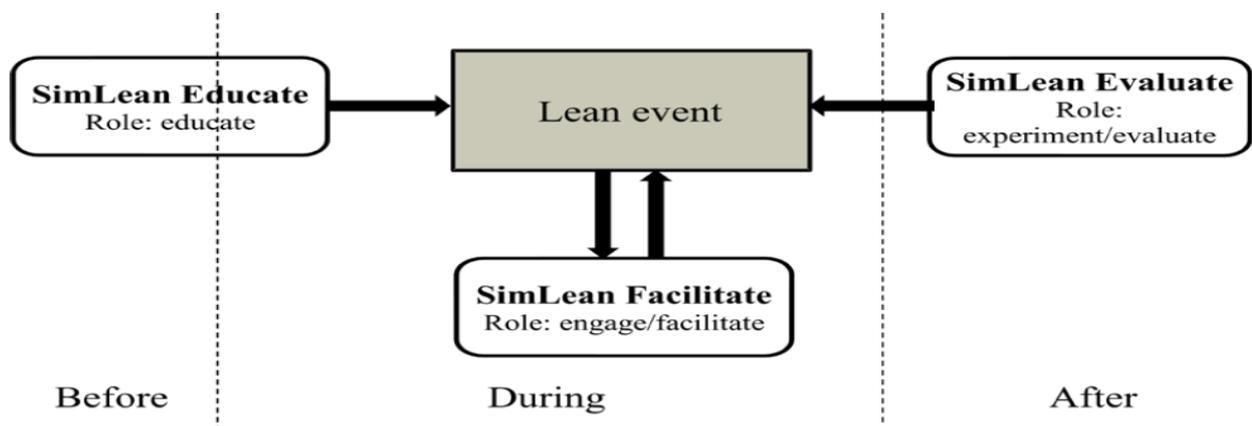


Figura 35 - Ruoli della DES nell'implementazione della Lean Healthcare (Source: www.simlean.se)

- Simlean education: riguarda l'insegnamento dei principi chiave della Lean; essa fornisce un potente mezzo per dimostrare e comprendere le dinamiche dell'assistenza sanitaria. In questo modo si possono trarre lezioni fondamentali in termini di riduzione degli sprechi (Muda), variabilità (Mura) e sollecitazioni eccessive (muri). Il DES fornisce anche un mezzo grazie al quale le idee possono

⁶⁸Robinson, S. and Radnor, Z. and Burgess, N. (2012). SimLean: utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. *European Journal of Operational Research*, 188-197.

essere provate rapidamente, dando risultati molto più velocemente di quanto si possa ottenere con esercizi di simulazione manuale e a costo decisamente ridotto.

- SimLean facilitate: la Lean nel corso del design del processo, molte volte richiede il disegno di una mappa di processo. C'è quindi un chiaro interesse nell'uso del DES per creare una versione dinamica di questa mappa, che sarà utilizzata per comprendere meglio le dinamiche del processo, coinvolgendo i partecipanti, e per facilitare l'esplorazione di idee alternative.
- SimLean evaluate: comporta lo sviluppo di modelli DES dettagliati di processi che verrebbero utilizzati per sperimentare opzioni alternative e per valutare le loro efficacia. Si tratta dell'utilizzo più tradizionale del DES che richiede tipicamente settimane di modellazione, dati dettagliati e validazione approfondita del modello.

4.3 Esempio di applicazione della simulazione in ambito sanitario

Una interessante applicazione è quella presentata nell'articolo "analysis of patient flows in elective surgery: modelling and optimisation of the hospitalisation process"⁶⁹, dove viene preso in considerazione il flusso dei pazienti ricoverati in un ospedale del nord Italia, di più difficile interpretazione rispetto a quello di pazienti ambulatoriali (riguardo al quale si concentrano la maggior parte degli studi in questo ambito), in quanto occupa un lasso temporale di settimane o addirittura mesi. Il problema in analisi deve essere affrontato senza buffer, in quanto il ricovero non è possibile senza un letto a disposizione (si basa sullo stato di disponibilità del sistema). Di conseguenza siamo di fronte a un sistema CONWIP, sistema con lavoro costante nel processo, che soffre del problema della variabilità. In questo caso essa però è presente in modo non trascurabile, sia nel tempo che intercorre tra visita e ricovero (che avviene, in base alla priorità assegnata, quando è disponibile un letto quindi dipende dalla disponibilità del sistema che non è prevedibile in modo certo), il quale presenta una distribuzione esponenziale, sia nel tempo che passa tra ricovero e intervento, che assume una distribuzione di weibull e lognormale (dipende dalla priorità dei pazienti). Attraverso una procedura di ottimizzazione avente come punto di partenza l'utilizzo della tecnica di rappresentazione UML, si è giunti alla conclusione che l'unico modo per migliorare il sistema è ridurre la variabilità dovuta a cause naturali ma che può essere controllata indirettamente. La contromisura proposta è quindi quella di ridurre la variabilità insita nel tempo che intercorre tra ricovero e intervento diminuendo le incertezze e potenziando ove possibile la pre-ospedalizzazione in modo da avere già chiaro il quadro clinico una volta iniziato il ricovero. Inoltre, tramite la simulazione (valido strumento di supporto alle decisioni per testare i diversi scenari), si è potuto constatare che al momento dell'esperimento l'utilizzo del sistema è dell'88% e che per arrivare all'obiettivo prefissato del 95% (diminuendo l'inter-arrival time) è necessario accettare il peggioramento dei giorni e del numero dei pazienti in attesa. Questo ci permette di capire quanto è difficile raggiungere gli obiettivi senza andare ad intaccare le prestazioni del sistema. Quindi tra tutti gli approcci presentati dal responsabile dell'ospedale, quello che sembrerebbe essere più utile è la separazione dei letti in quelli dedicati per pazienti a lunga degenza e in quelli per pazienti a corta degenza.

⁶⁹ Antonelli, D. and Bruno, G. and Taurino, T. (2018). Analysis of patient flows in elective surgery: modelling and optimisation of the hospitalisation process. *International Journal of Services and Operational Management*.

4.3 Ospedale Maria Vittoria

Fondato nel 1879 dal prof. Giuseppe Berruti, l'Ospedale Maria Vittoria, che prende il nome dalla principessa Maria Vittoria di Savoia, fa parte dei servizi ospedalieri gestiti dalla ex ASL TO2, ora ASL "Città di Torino" dal 1 gennaio 2017 ed è uno dei cinque Ospedali Generali di riferimento per l'area metropolitana di Torino. Esso è sede di D.E.A. di 1° Livello (è il reparto di emergenza più affollato della città, con 83.662 visite nel 2019) quindi garantisce oltre alle prestazioni fornite dagli ospedali sede di pronto soccorso anche le funzioni di osservazione e breve degenza, di rianimazione attraverso spazi appositi e deve inoltre garantire interventi diagnostico-terapeutici di medicina generale, chirurgia generale, ortopedia e traumatologia, cardiologia con Unità di Terapia Intensiva Cardiologica. In pratica, è l'ospedale di riferimento per il quartiere nord-occidentale della città, che serve quasi 130.000 cittadini. Dispone di 301 posti letto di ricovero ordinario divisi in più di 30 dipartimenti, 45 dedicati ad attività di day hospital o day surgery e 66 di malattie infettive.

Focalizzandoci sul dipartimento di cardiologia, il Maria Vittoria ne possiede uno di secondo livello. In quanto tale, esso è quindi catalogato come Centro di Riferimento ed è caratterizzato dalla presenza di un laboratorio di cardiologia interventistica in grado di soddisfare tutte le esigenze del territorio di riferimento. Infatti, i diversi reparti di cardiologia di Torino costituiscono un network basato sul modello Hub & Spoke, secondo il quale i servizi sono organizzati centrando le attività e le operazioni di elevata complessità in Centri di Riferimento (Hub) e individuando Centri collegati (Spoke), che devono selezionare e inviare i pazienti ai centri di riferimento per le suddette operazioni e riprendere in carico i pazienti dopo l'esecuzione del trattamento.

A partire dal primo piano, dove si trova il reparto, fino al piano -1, dove è situato il Laboratorio di Cateterismo, si registra un aumento della gravità e delle cure necessarie ai pazienti, che si traduce quindi in un crescente bisogno di infermieri e medici. Il reparto di cardiologia, situato al primo piano dell'ospedale, è composto da 10 camere, con due letti e un bagno privato per ciascuna; esso è dedicato ai ricoveri ospedalieri o post-chirurgici, per pazienti non gravi o non urgenti. Al piano terra della struttura è presente la unità di terapia intensiva cardiaca (UTIC), costituita da una camera singola, in cui sono presenti otto posti letto riservati ai pazienti più acuti, costantemente monitorati a vista da infermieri e medici altamente qualificati; essa disponibile 24 ore su 24, 7 giorni su 7. Per quanto riguarda le sale operatorie, nello stesso piano dell'UTIC è possibile trovare il Laboratorio di Elettrofisiologia mentre il Laboratorio di Cateterismo, sul quale focalizzeremo l'attenzione, è posto al livello inferiore (piano -1) rispetto alle altre parti della cardiologia.

Considerando il personale, ci sono tre turni di infermiere, dalle 7:00 alle 14:42, dalle 14:32 alle 22:42 e dalle 22:35 alle 7:10, le quali sono assistite da una Assistente Infermieristica Certificata CNA (in italiano OSS

Operatore Socio Sanitario) che sono presenti una al mattino e una al pomeriggio. Per quanto riguarda i medici, invece, ce n'è sempre uno disponibile per l'unità di terapia intensiva (UTIC) nel lasso di tempo in cui le sale operatorie operano a pieno regime tra le 8:00 e le 17:00; mentre durante la mattina (9:00-14:00), nel pomeriggio (14:00-21:00) e durante la notte (21:00-9:00) c'è sempre un medico per turno, incaricato di monitorare i pazienti sia in UTIC che nell'intero reparto di cardiologia. Inoltre, ogni mattina c'è una riunione di un'ora con 4-5 medici, caposala, un'infermiera e il primario per valutare lo stato di salute.

Nelle sale operatorie, durante il periodo di apertura, sono sempre disponibili 2 cardiologi specializzati in emodinamica, con il terzo generalmente presente nel reparto di cardiologia per ogni eventualità. Gli infermieri associati al Laboratorio di Cateterismo o a quello di Elettrofisiologia sono divisi in due turni (8:00-15:42 e 9:30-17:00) con 3 infermieri per turno che ruotano sia nel Laboratorio di Cateterismo che in quello di Elettrofisiologia. Il laboratorio è normalmente aperto dalle 8:00 alle 17:00, ma c'è sempre un call team composto da infermieri, tecnologi e chirurghi radiologi disponibili ventiquattro ore al giorno per le emergenze. Per quanto riguarda i tecnici radiologi, ci sono generalmente due tecnici per turno, ma in questo caso la loro programmazione è gestita dal reparto di radiologia.

A questi vanno ad aggiungersi un receptionist, che si occupa della procedura di registrazione e di tutta la parte burocratica riguardante i documenti di licenziamento seguendo i normali orari di ufficio dalle 8:00 alle 17:00, e il personale addetto al trasporto denominato ASSISTE, che si occupa della movimentazione dei pazienti e delle risorse all'interno di tutto l'ospedale e per questo segue un turno diverso dal personale di cardiologia che va dalle 7:30 alle 15:30. Nei momenti in cui non è presente il personale ASSISTE, team generalmente composto da 4 operatori, le funzioni da essi svolte sono ad appannaggio degli infermieri di turno nel reparto.

4.4 Progettazione del modello di simulazione

L'obiettivo di questo lavoro è l'applicazione dei principi di Lean al reparto di cardiologia dell'Ospedale Maria Vittoria di Torino. A seguito delle diverse criticità affrontate dal reparto, il management ha dichiarato la sua disponibilità ad applicare i concetti provenienti dall'ingegneria, per aumentare l'efficienza e l'efficacia del servizio fornito limitando l'analisi al laboratorio di cateterismo.

4.4.1 Analisi dei dati dei pazienti

Per questo è stato necessario identificare tutti i pazienti ricoverati per le procedure di cateterismo cardiaco. Abbiamo quindi focalizzato l'attenzione sugli interventi che richiedono l'utilizzo del cateterismo, i quali sono caratterizzati da due codici principali: codice 00.66 - Angioplastica coronarica trasluminale percutanea [PTCA] o 35.96 - Valvuloplastica percutanea con palloncino. Utilizzando i dati rilevati nell'arco di tempo che va da novembre 2015 a novembre 2019 è stato possibile identificare 2156 pazienti associati al Laboratorio di Cateterismo, con il 17.02% di questi elettivi (367 pazienti). La ragione di questa percentuale relativamente bassa di pazienti elettivi è dovuta al fatto che il reparto di cardiologia è dedicato principalmente a patologie che devono essere trattate con urgenza. In termini di interventi, invece, quasi tutti i pazienti sono stati associati al PTCA (2128 pazienti su 2156) e solo 28 record riportano un intervento di valvuloplastica.

I pazienti non elettivi e che quindi arrivano al pronto soccorso inseguito a qualche sintomo e non con una prenotazione, sono distinti in pazienti urgenti e meno urgenti. I cardiologi del reparto hanno elencato alcune delle principali diagnosi associate ai pazienti del Laboratorio di Cateterismo, tenendo conto della gravità della diagnosi:

- STEMI: infarto acuto del miocardio, qualsiasi codice 410.xy con $x \neq 7$ e $y \neq 2$;
- N-STEMI: 410.71, infarto subendocardico iniziale;
- Not-Stable Angina: 411.1, sindrome coronarica intermedia;
- Exertional Angina: 413.9, altre e non specificate forme di angina pectoris;
- Altri tipi di infarto al miocardio: qualsiasi codice 410.xy con $y=2$.

In termini clinici un paziente è classificato come Urgente se è stata confermata una Diagnosi STEMI o N-STEMI Diagnosi d'urgenza; in questo caso l'intervento necessario deve essere effettuato entro un lasso di tempo di 90 minuti dal primo contatto medico (secondo la norma). Nel caso invece la gravità dei pazienti non sia così critica, clinicamente N-STEMI Non Urgente o altre patologie cardiache che richiedono procedure di cateterismo cardiaco non urgente, i pazienti possono essere considerati meno urgenti, il che aumenta il tempo entro il quale la procedura deve essere eseguita.

Detto questo il numero dei pazienti urgenti non elettivi risulta essere 1437, cioè il 66.65% del totale; mentre il numero di quelli meno urgenti è 352 che è il 16.33% del totale. A questi vanno ad aggiungersi i 367 pazienti elettivi, già individuati in precedenza, che sono il 17.02% del totale.

Pazienti urgenti	1437	66,65%
Pazienti elettivi	367	17,02%
Pazienti meno urgenti	352	16,33%
Totale	2156	100,00%

Figura 36- Suddivisione dei pazienti nelle diverse categorie

Questi dati sono stati ricavati dalla SDO (Scheda di Dimissione Ospedaliera), che è la documentazione, in forma cartacea o elettronica, compilata al termine del ricovero e contiene le generalità del paziente, le caratteristiche del ricovero ospedaliero (eventuale data di prenotazione, ricovero e dimissione, giorni e struttura di ricovero), caratteristiche cliniche (diagnosi e procedure terapeutiche) e il codice di gruppo per la diagnosi. Quest'ultimo è calcolato da un software (DRG-grouper) e dipende principalmente dalla diagnosi primaria e dal numero di giorni di ricovero, ma anche dalla diagnosi e dalle procedure terapeutiche; il codice DRG è molto importante in quanto in base a questo si stabilisce l'importo monetario che deve essere corrisposto all'ospedale per rientrare della specifica prestazione. Il Gruppo Diagnosis Related contiene sei codici diagnostici provenienti dalla classificazione ICD-9-CM, di cui una è etichettata con la diagnosi primaria e le altre come secondarie o concomitanti, che contribuiscono ad una più completa analisi. Analogamente, esistono anche sei codici relativi ai processi effettuati durante il ricovero del paziente, sempre secondo la classificazione ICD-9-CM, dei quali uno è definito come intervento principale, mentre gli altri sono denominati interventi secondari.

Paziente	Struttura	Erogatore	MUP	Data Prenotazione	Data Ricovero	Data Dimissione	DRG

DGN princ.	DGN sec. 1	DGN sec. 2	Int. Princ.	Int. Sec. 1	Int. Sec. 2	Dimessi	Giornate	Valori

Figura 37 – Scheda Dimissione Ospedaliera

Dopo aver identificato i vari tipi di pazienti che interagiscono con il Laboratorio di Cateterismo, è necessario capire come i pazienti non elettivi arrivano all'ospedale. Oltre ai tradizionali arrivi al Pronto Soccorso effettuati o con l'ambulanza (in questo caso è possibile usufruire anche del Fast Track ovvero vengono già svolti sul mezzo tutti gli esami del caso di modo che il paziente appena arriva in struttura può subito essere sottoposto a intervento chirurgico) o con mezzo proprio, è presente un'ulteriore complicazione data dal fatto che l'Ospedale Maria Vittoria è un Hub Hospital e quindi riceve pazienti anche da diversi ospedali più

piccoli, i cosiddetti Spoke Hospitals, o altre strutture pubbliche e private. È stato possibile reperire una stima della percentuale di pazienti per ognuna delle fonti di arrivo precedentemente citate attraverso il software ABACO, utilizzato dall'Ospedale per valutare le prestazioni di ciascun reparto e la conformità agli indicatori nazionali:

- Arrivo con ambulanza (118): 45.1%; il 25% degli urgenti utilizza il fast track.
- Arrivo spontaneo al Pronto Soccorso: 36.8%.
- Arrivo da Spoke Hospital: 18.1%; il 25% utilizza il fast track.

La maggior parte dei pazienti arriva quindi attraverso l'ambulanza, dopo una chiamata al centralino del 118; la seconda fonte principale di arrivo è l'arrivo spontaneo al Pronto Soccorso, mentre solo con percentuali inferiori ci sono arrivi da altri ospedali o strutture. Una spiegazione plausibile può essere trovata considerando che un'angioplastica (00.66) o una valvuloplastica (35.96) sono procedure effettuate dopo o nel frattempo di un infarto del miocardio, la cui insorgenza è inaspettata e poiché è associata ad un'elevata mortalità se non correttamente trattati, è necessario, non appena viene identificato uno qualsiasi dei sintomi tipici, la chiamata al sistema di soccorso d'emergenza (118) o all'arrivo del paziente in ospedale.

In conclusione, usando la previsione ottenuta grazie al lavoro svolto in precedenza e combinandola con le due classificazioni appena esposte, per ogni mese otteniamo la seguente suddivisione dei pazienti:

NOVEMBRE 2019

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	5(f.t.)+ 14	5	/
P.S.	15	4	/
Altro	2(f.t.)+5	1(f.t.)+1	/
Totale	41	10	11

DICEMBRE 2019

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	1(f.t.)+4	1	/
P.S.	4	1	/
Altro	1(f.t.)+1	0	/
Totale	11	2	3

GENNAIO 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	4(f.t.)+13	4	/
P.S.	14	3	/
Altro	2(f.t.)+5	1(f.t.)+1	/
Totale	38	9	10

FEBBRAIO 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	3(f.t.)+8	3	/
P.S.	9	2	/
Altro	1(f.t.)+4	1	/
Totale	25	6	6

MARZO 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	4(f.t.)+10	3	/
P.S.	11	3	/
Altro	1(f.t.)+4	1	/
Totale	30	7	8

APRILE 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	3(f.t.)+10	3	/
P.S.	11	3	/
Altro	1(f.t.)+4	1	/
Totale	29	7	7

MAGGIO 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	4(f.t.)+11	4	/
P.S.	13	3	/
Altro	2(f.t.)+4	1(f.t.)+1	/
Totale	34	8	9

GIUGNO 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	3(f.t.)+9	3	/
P.S.	10	2	/
Altro	1(f.t.)+4	1	/
Totale	26	6	7

LUGLIO 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	4(f.t.)+11	4	/
P.S.	13	3	/
Altro	2(f.t.)+4	1(f.t.)+1	/
Totale	34	8	9

AGOSTO 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	3(f.t.)+9	3	/
P.S.	10	2	/
Altro	1(f.t.)+4	1	/
Totale	27	7	7

SETTEMBRE 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	4(f.t.)+12	4	/
P.S.	13	3	/
Altro	2(f.t.)+4	1(f.t.)+1	/
Totale	35	8	9

OTTOBRE 2020

	Urgenti	Non Urgenti	Elettivi
118	5(f.t.)+ 14	5	/
P.S.	15	4	/
Altro	2(f.t.)+5	1(f.t.)+1	/
Totale	41	10	11

Figura 38 - Suddivisione mensile dei pazienti nelle diverse categorie in base alla modalità di arrivo in ospedale

La ragione della scelta di questa classificazione si basa sul fatto che i pazienti seguono un percorso diverso all'interno del reparto a seconda della categoria a cui appartengono, che come visto dipende essenzialmente dal metodo di arrivo e dalle condizioni cliniche. Mentre i pazienti elettivi arrivano al reparto di cardiologia con un appuntamento per una data e un'ora specifiche, concordate in anticipo con l'ospedale, perché le loro condizioni di salute non sono critiche e possono essere gestite dall'ospedale non immediatamente, i pazienti non elettivi arrivano in modo casuale al Pronto Soccorso e devono essere trattati nel più breve tempo possibile. Poi dopo la procedura di cardiaca tutti i pazienti seguono essenzialmente lo stesso iter, tranne quelli provenienti da altre strutture sanitarie che vengono trasferiti alla fonte di arrivo per svolgere il periodo di ricovero post-operatorio.

4.4.2 Schematizzazione delle procedure

Dopo aver analizzato i dati disponibili e classificato le principali classi di flusso di pazienti che interagiscono nel reparto di cardiologia, il passo successivo è stato quello di ottenere una descrizione delle procedure seguite dalle diverse categorie, evidenziando le interazioni tra le aree principali del reparto e le altre esterne connesse con il reparto stesso. Questa descrizione non entra nei minimi particolari ed inoltre è semplificata tenendo conto delle limitazioni imposte dal software di simulazione, in quanto lo scopo è quello di riprodurla proprio su di esso.

I pazienti non elettivi e non provenienti da altre strutture possono arrivare al reparto di cardiologia, passando dal Pronto Soccorso, spontaneamente con mezzi privati o con l'ambulanza; in quest'ultimo caso possono usufruire del cosiddetto Fast Track, una sorta di accordo tra il personale dell'ambulanza e quello della centrale operativa che permette al paziente di andare subito in sala operatoria nel caso le sue condizioni siano gravi (diagnosi STEMI o N-STEMI Urgente). In assenza di coordinamento, una volta arrivati al Pronto Soccorso, i pazienti sono etichettati con un codice stabilito dall'addetto al triage e visitati da un medico, che inseguito all'ECG e agli esami del caso, con l'ausilio di un cardiologo concorda la diagnosi, in base alla quale ci sono due possibili scenari:

- Se la diagnosi del paziente è STEMI o N-STEMI Urgente il paziente viene immediatamente trasportato nel laboratorio di cateterismo e nel caso questo non sia pronto c'è un periodo massimo di 30 minuti che un paziente con tale gravità può aspettare, chiamato Tempo di Reperibilità. Durante questo tempo, se l'indisponibilità non è causata da un'altra procedura in corso di esecuzione, è necessario allestire il Laboratorio di Cateterismo e il personale deve essere disponibile su chiamata. Una volta che il laboratorio è disponibile l'operazione viene eseguita, riducendo al minimo le attività preliminari necessarie; questo perché il tempo è una variabile cruciale, in quanto più veloce è l'intervento, maggiori sono le possibilità di successo dell'operazione. In qualsiasi momento, se il paziente muore, viene dimesso come deceduto e trasportato nell'UTIC per il completamento di tutta la documentazione relativa alla realizzazione del decesso. Nel caso invece l'operazione abbia successo, viene effettuato un monitoraggio di 30 minuti nel letto del laboratorio di cateterismo per valutare la risposta del paziente alla procedura e, se è necessaria l'intubazione, il paziente viene trasferito in una specifica unità di terapia intensiva esterna al reparto di cardiologia, mentre se tutto procede per il verso giusto viene trasferito nell'UTIC dove è effettuato il monitoraggio post-operatorio. Se il paziente è ancora in vita dopo il periodo trascorso nell'unità di terapia intensiva, la cui durata dipende dalla risposta al trattamento, viene trasferito nell'UTIC dove completa la sua degenza.

- Negli altri casi in cui i pazienti sono etichettati come meno urgenti, a seconda della disponibilità o meno del Laboratorio di Cateterismo, sono ricoverati in UTIC in attesa dell'operazione in quanto in questo caso possono anche attendere delle ore. Dopo l'operazione, come descritto in precedenza vengono trasportati nel reparto di rianimazione o direttamente all'UTIC dove viene effettuato il monitoraggio post-operatorio e successivamente, quando il loro stato di salute è stabile sono trasferiti nel Reparto di Cardiologia per completare il ricovero.

Come si può notare dal diagramma di flusso il processo è stato molto semplificato, in modo da adattarlo, come accennato in precedenza, al software Flexsim sul quale verrà riprodotto. Le attività con poca incertezza e riguardo alle quali il personale ha saputo identificare il tempo impiegato per svolgerle, presentano una durata deterministica. Mentre per le altre attività, il cui tempo di svolgimento varia da paziente a paziente, la durata è approssimata tramite una distribuzione esponenziale costruita ad hoc per l'attività in questione, determinata in base all'esperienza e alle osservazioni fornite anche in questo caso dal personale.

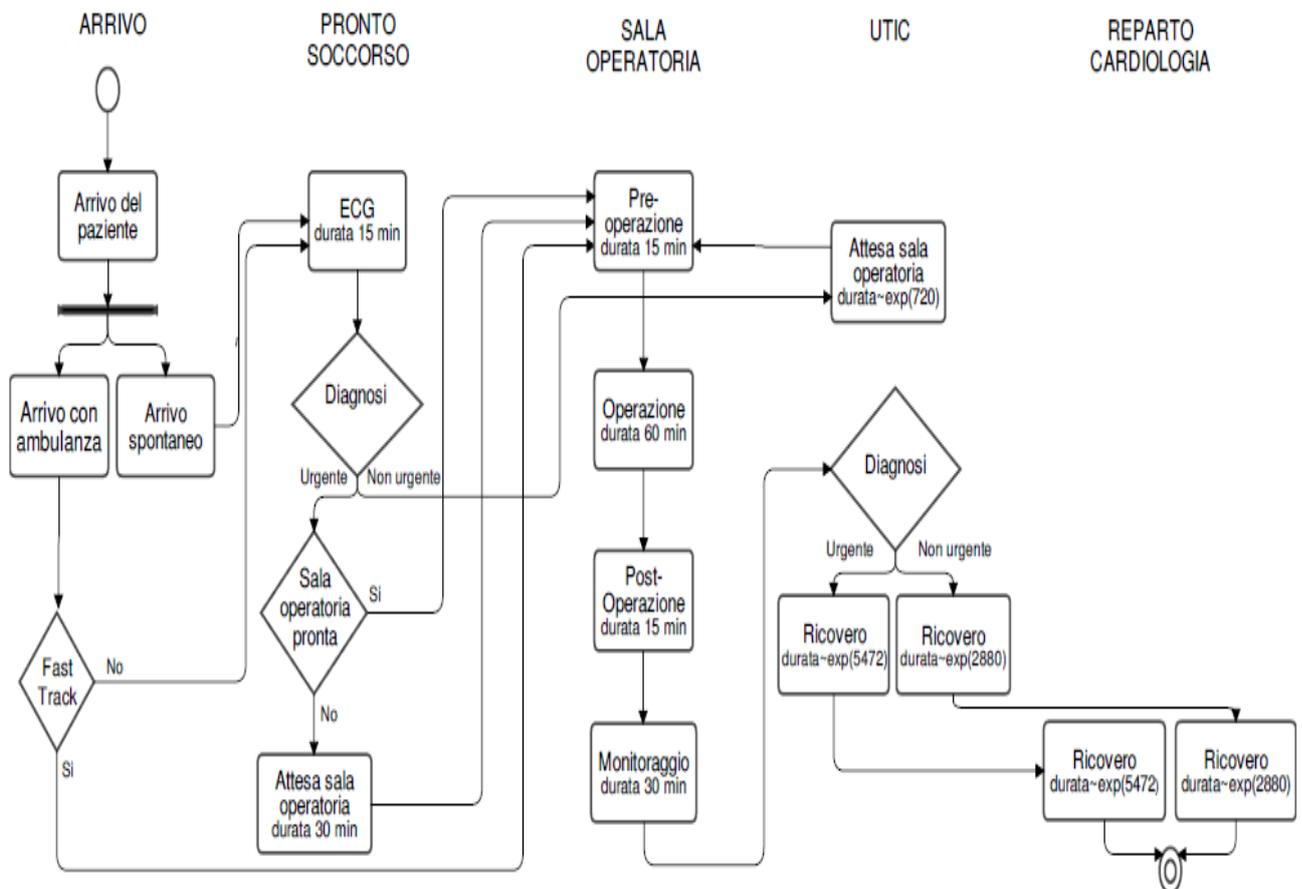


Figura 39 - Diagramma di flusso dei pazienti non elettivi e non provenienti da altre strutture

I pazienti elettivi, a differenza dei precedenti, arrivano al reparto di cardiologia in una data prestabilita, programmata a seconda della gravità e della disponibilità di posti nel reparto; il più delle volte, essi richiedono un intervento meno critico, che può essere eseguito in un successivo ricovero ospedaliero. Questi pazienti uno o due giorni prima dell'operazione eseguono un day-hospital in cui forniscono tutte le informazioni e la documentazione necessaria, in modo da ridurre il tempo speso per la registrazione nel giorno del ricovero. Il giorno stabilito inseguito al completamento di tutte le fasi necessarie, nel caso in cui non si sia verificata nel mentre alcuna emergenza, i pazienti sono trasferiti nel Laboratorio di Cateterismo dove sono sottoposti all'intervento che generalmente è caratterizzato da un tasso di successo più elevato, poiché la condizione di elettività è caratterizzata da una minore criticità in termini clinici. Tuttavia, in caso di complicanze dopo l'intervento possono essere trasferiti nell'UTIC, altrimenti sono trasportati nel reparto di cardiologia dove rimarranno fino a quando non sono dimessi.

Anche in questo caso il diagramma di flusso rappresenta in modo semplificato il processo in base alle osservazioni fatte già in precedenza. Da notare che il paziente elettivo non transita mai dal Pronto Soccorso e solo nel 0,5% dei casi è ricoverato nell'UTIC, in quanto nel 99,5% dei casi è stato appurato che inseguito all'operazione, egli è subito trasferito nel reparto di cardiologia.

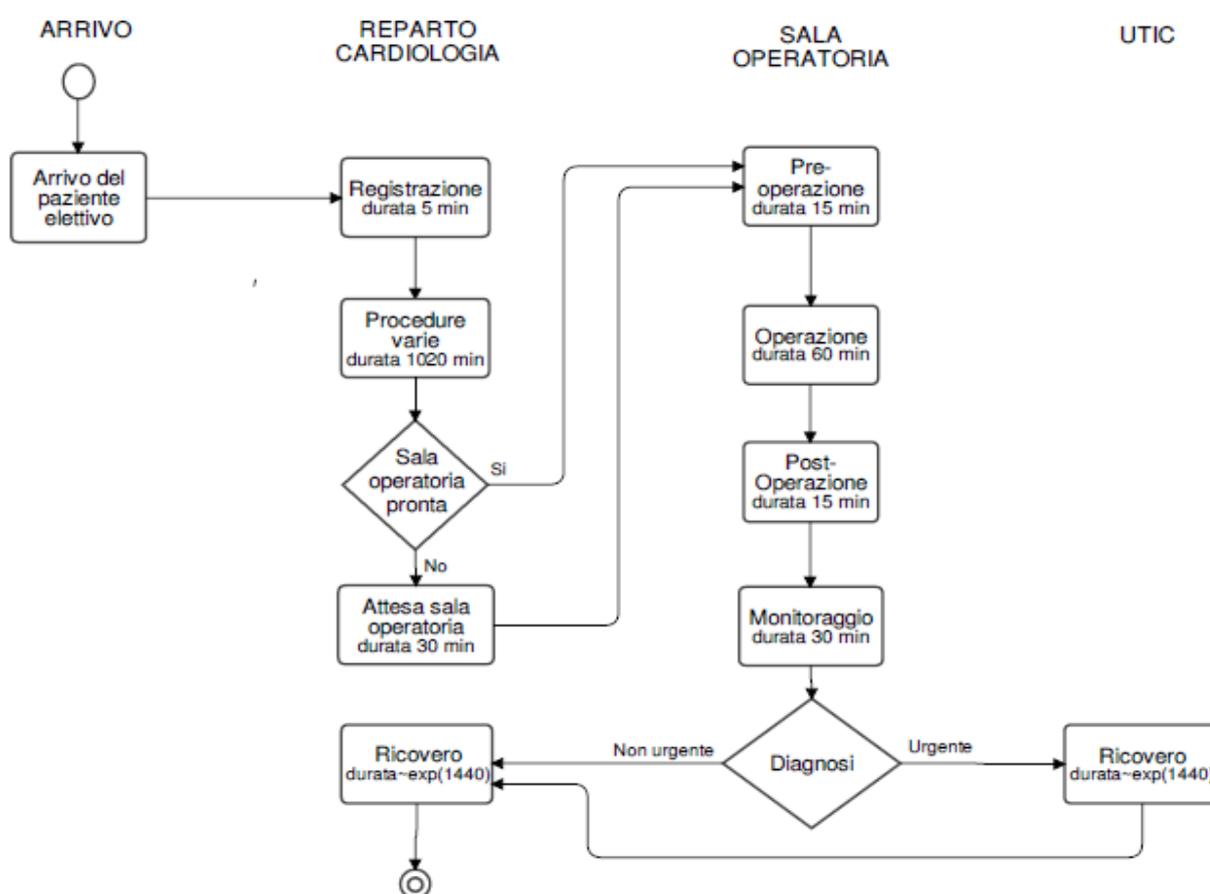


Figura 40 - Diagramma di flusso dei pazienti elettivi

Infine i pazienti provenienti dagli Spoke Hospital hanno lo stesso status clinico dei pazienti urgenti e meno urgenti, differenziandosi da questi ultimi solo per la modalità di arrivo e per le procedure post-operatorie. Arrivano all’Ospedale Maria Vittoria inseguito alla diagnosi preliminare svolta nell’ospedale di provenienza e inseguito alle procedure pre-operatorie, che sono supposte uguali a quelle degli altri pazienti, subiscono l’intervento. Dopo di questo, in base a quanto ipotizzato, essi trascorrono nell’unità UTIC da due a quattro giorni se contrassegnati con la condizione clinica di urgenti e solo due giorni se catalogati come meno urgenti. Inseguito al monitoraggio non passano dal reparto di cardiologia, come le altre tipologie di pazienti per completare la trafila delle operazioni, ma ritornano nella loro struttura di origine per completare il percorso riabilitativo. Questa è una semplificazione in quanto l’analisi di questa categoria di pazienti non è di primaria importanza ma serve per completare il quadro generale.

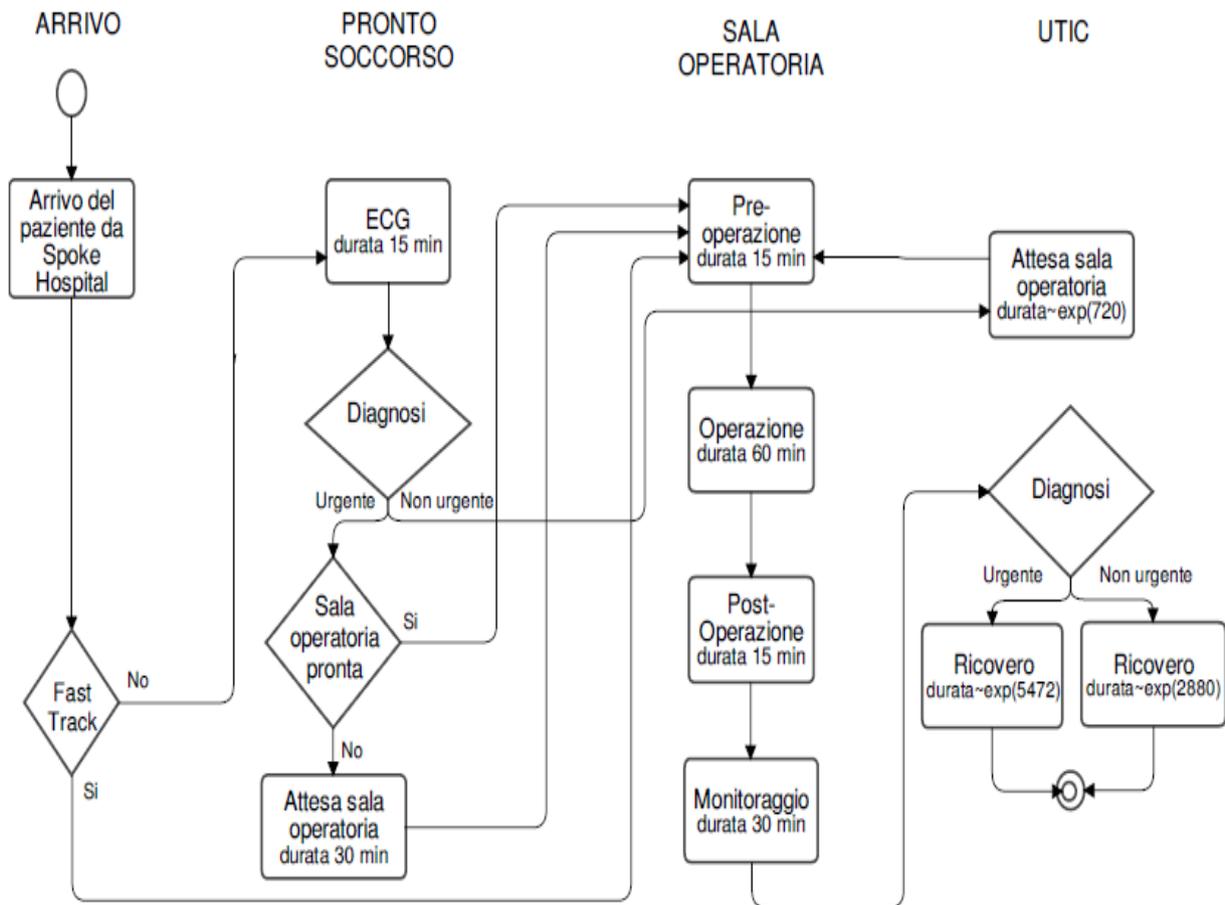


Figura 41 - Diagramma di flusso dei pazienti provenienti da altre strutture

CAPITOLO 5

PREPARAZIONE E ESECUZIONE DELLA SIMULAZIONE CON FLEXSIM HC

5.1 Preparazione del modello simulativo su Flexsim HC

Dopo aver identificato i vari processi di interazione dei pazienti con il Laboratorio di Cateterismo e con le altre parti dell'ospedale, è stato necessario come già accennato, replicare il modello sul software di simulazione Flexsim Healthcare, il quale ci aiuterà a trarre le conclusioni necessarie.

Flexsim HC è un software per simulazioni 3D che permette di creare, visualizzare, simulare e analizzare tutte le componenti di una struttura ospedaliera, incentrando il tutto sul paziente per valutare l'impatto che esso ha sul sistema sanitario. Le soluzioni trovate sono accurate e facili da ottenere, in quanto evitano il rischio di sperimentazioni nel mondo reale e non richiedono il sacrificio di risorse. Le immagini di Flexsim HC, consentono di vedere esattamente cosa sta succedendo nel modello durante la sua esecuzione, che risulta quindi molto più convincente rispetto ad una semplice tabella.

Per poter eseguire la simulazione con il software Flexsim Healthcare è stata ricreata una versione computerizzata del reparto di cardiologia dell'ospedale sotto analisi, ottenuta con Autocad; essa non è una riproduzione fedele ma presenta solamente le aree che hanno qualche risvolto pratico sul flusso dei pazienti.

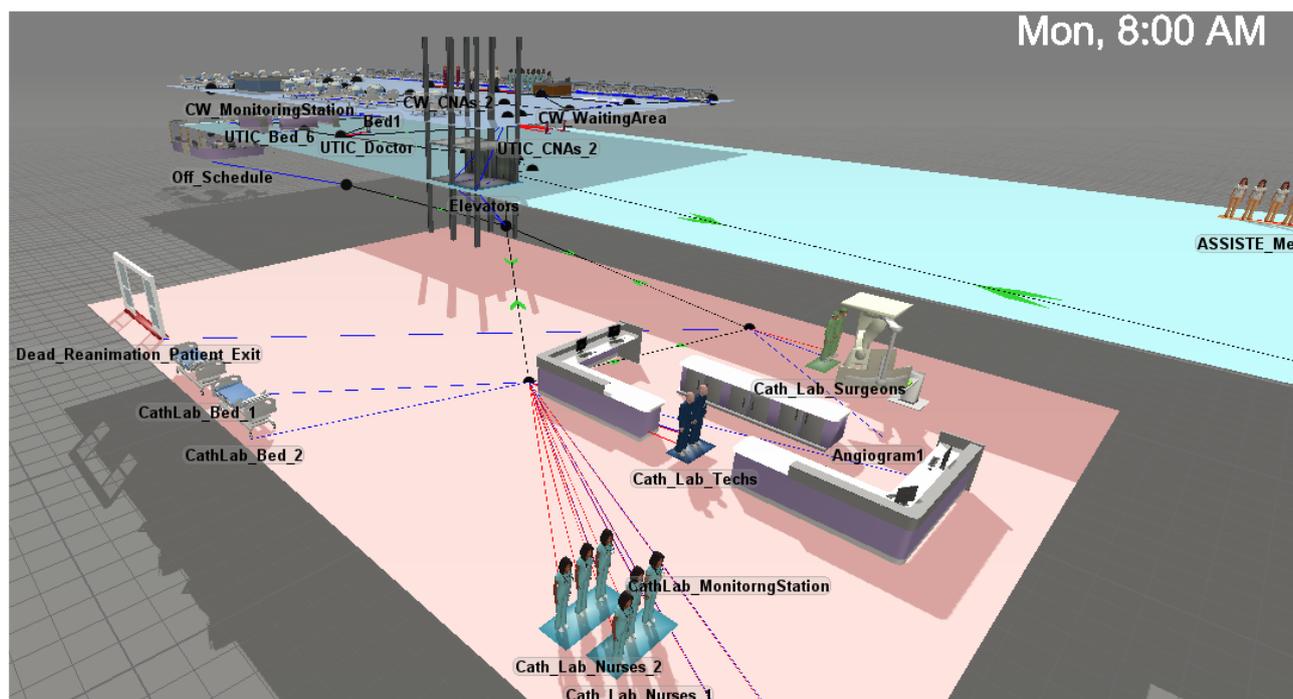


Figura 42 - Immagine del layout del reparto di cardiologia ottenuta su flexsim

Inseguito alla ricreazione del layout, è stato necessario posizionare all'interno dei vari ambienti gli oggetti principali e il personale necessari per svolgere le operazioni; essi devono essere scelti tra una ampia varietà di risorse messe a disposizione dal software che sono in grado di soddisfare tutte le esigenze, anche le più particolari. Sono state introdotte le seguenti figure di personale (nella figura 43 sono ordinati da sinistra verso destra), che seguono i turni sotto indicati ricavati da quanto spiegato prima nella parte generale riguardante l'ospedale:

- Receptionists, si occupano procedura di registrazione e tutti i documenti di licenziamento; seguono l'orario di ufficio dalle 8:00 alle 17:00.
- Infermieri in ciascuna delle aree; sono anch'essi organizzati su 3 turni ad eccezione degli infermieri delle sale operatorie che lavorano organizzati in 2 turni (uno dalle 8:00 alle 16:00 e l'altro dalle 9:00 alle 17:00).
- Chirurghi e medici specializzati della sala operatoria; sono organizzati in un unico turno dalle 8:00 alle 17:00 (orario in cui devono essere presenti in sala operatoria).
- Medici generici per l'UTIC, il reparto di cardiologia e il Pronto Soccorso; sono organizzati su 3 turni in modo da coprire l'intera giornata.
- Tecnici del Laboratorio di Cateterismo; seguono gli orari del personale di sala operatoria vale a dire dalle 8:00 alle 17:00.
- Membri di ASSISTE, società esterna che si occupa del trasporto e degli spostamenti dei pazienti dal Pronto Soccorso e da/per le sale operatorie; sono organizzati in un unico turno dalle 7:30 alle 17:30 e non sono sotto le dipendenze del reparto di cardiologia.



Figura 43 - Tipologie di personale

Una volta aggiunti i diversi membri, sono stati creati i gruppi alternativi che permettono di collegare diversi gruppi di risorse e di modellare la situazione in cui diverse risorse vengono utilizzate per svolgere la stessa

attività. Per permettere ai pazienti e al personale di muoversi nel modello o interagire con gli oggetti, è stato necessario collegare le diverse aree e oggetti in base ai diagrammi di flusso precedentemente esposti.

Le diverse tipologie di pazienti che entrano nel modello sono create utilizzando gli Strumenti di Classificazione dei Pazienti. Sulla base dell'analisi precedentemente effettuata, sono state create cinque diverse tipologie al fine di considerare i due diversi scenari dei pazienti urgenti, il percorso dei pazienti elettivi, i due possibili arrivi da altri ospedali. In particolare, per catalogare le diverse priorità dovute allo stato clinico è stato associato ai pazienti un diverso livello di Acuità che va da 6 (urgente) fino a 1 (poco urgente).

	Track	Visuals	Speed	Acuity	Label1
Data Types	text	text	number	number	text
Urgent	Urg__LessUrg	Urgent	60.00	6.00	Urgent
Less_Urgent	Urg__LessUrg	Less_Urgent	60.00	4.00	Less_Urgent
Elective	Elective	Elective	60.00	3.00	Elective
Other_Urgen	Other	Urgent	60.00	6.00	Other_Urgent
Other_Less_U	Other	Less_Urgent	60.00	4.00	Other_Less_Urgent

Figura 44 - Classificazione dei pazienti

Procedendo nella costruzione del modello, la parte fondamentale è stata la definizione del percorso del paziente, cioè la serie di attività che costituiscono il percorso di ogni categoria di pazienti, dal momento del loro arrivo nella simulazione (quindi dal loro arrivo in ospedale) fino all'uscita, una volta terminato il ricovero. Anche in questo caso, in accordo con i diagrammi di flusso precedentemente illustrati, sono state definite tre principali tracce paziente ognuna delle quali viene approfondita in base alla situazione che prende in considerazione.

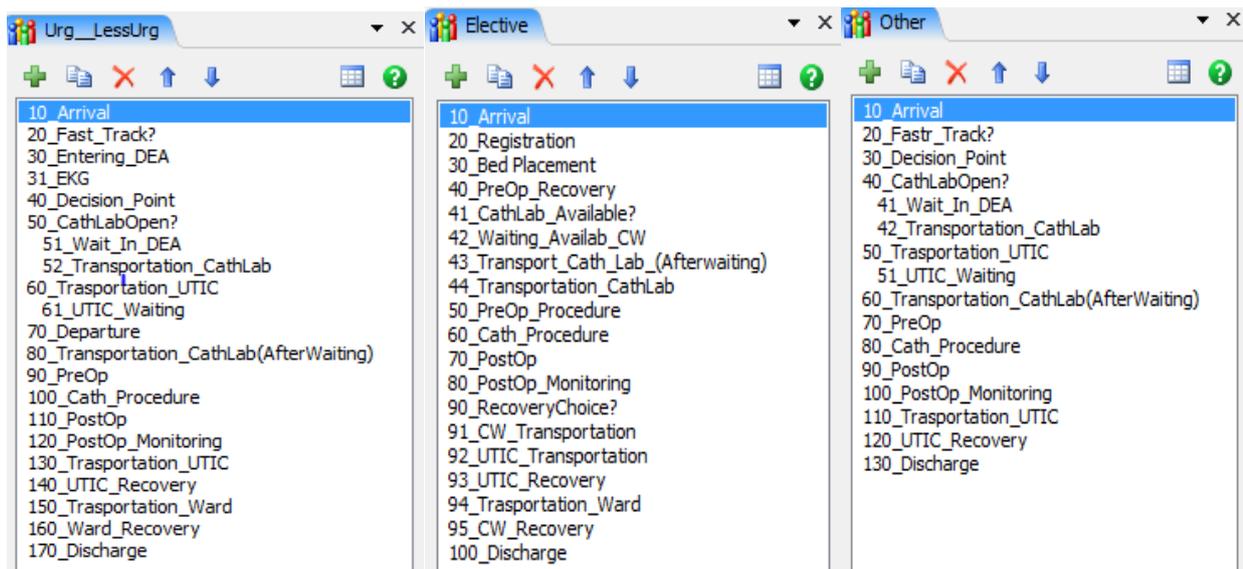


Figura 45 – Definizione tracce dei 3 diversi tipi di pazienti

Una volta determinata la serie di attività seguite dalle diverse categorie di pazienti che entrano in reparto, è stato necessario modificare gli oggetti Patient Arrival che regolano la velocità di arrivo dei pazienti nel modello di simulazione, in base alla previsione e alla successiva classificazione fatta in precedenza tenendo conto delle assunzioni. In primo luogo, sono state create due diverse aree di arrivo, poiché nella struttura reale esiste un ingresso specifico per il Pronto Soccorso e un ingresso diverso per gli altri pazienti che arrivano dall'ingresso frontale dell'ospedale.

- Dal momento che i pazienti elettivi arrivano al reparto su appuntamento, per modellare il loro arrivo è stato selezionato il tipo di arrivo su appuntamento. Essi arrivano nel pomeriggio del giorno prima di quello in cui avviene l'intervento, generalmente intorno alle 16:00, ma per via di possibili casualità che influenzano il modo in cui si presentano in anticipo o in ritardo gli appuntamenti previsti, abbiamo anche utilizzato per completezza il campo Variabilità, calcolato considerando la differenza tra l'arrivo del paziente e il tempo standard scelto. Per determinare tale Variabilità abbiamo appurato se alcune delle distribuzioni di probabilità note si adattano ai dati in analisi; anche se non è stato trovato un adattamento perfetto, la distribuzione Logistica con media di 50 minuti è la distribuzione più vicina. Poi, poiché la programmazione è effettuata automaticamente da uno dei software utilizzati all'interno del dipartimento, non è stato possibile ricavare un criterio generale utilizzato dal personale per determinare la data degli appuntamenti; di conseguenza, in base a quanto accennato prima, abbiamo ritenuto opportuno spalmare l'arrivo di tali pazienti in modo che arrivino regolarmente in base ad cosiddetto un Intervallo di Ripetizione, il giorno prima dell'intervento alle ore 16. Per stimare l'intertempo di arrivo tra un elettivo e l'altro, quindi individuare un valore per il parametro Intervallo di Ripetizione, abbiamo calcolato il numero mensile di pazienti elettivi previsti che varia di mese in mese, e in base a questo, facendo il rapporto tra giorni e numero di ricoveri abbiamo ottenuto i seguenti numeri, che abbiamo poi approssimato all'intero più vicino: -novembre: 2,7 giorni = 3 giorni (4320 min); -dicembre: 10,3 giorni = 10 giorni (14400 min); - gennaio: 3,1 giorni = 3 giorni (4320 min); -febbraio: 4,7 giorni = 5 giorni (7200 min); -marzo: 3,9 = 4 giorni (5760 min); -aprile: 4,3 giorni = 4 giorni (5740 min).

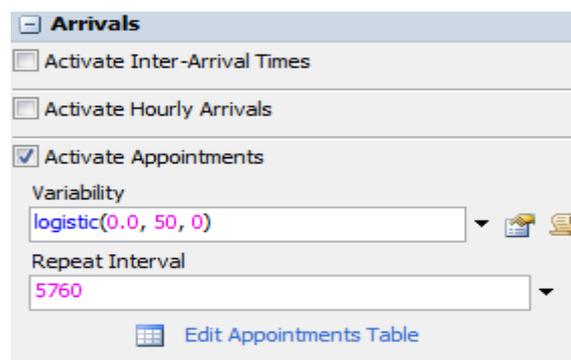


Figura 46 - Schermata di flexsim per la definizione dell'inter-arrivo dei pazienti elettivi (si riferisce al mese di aprile)

- Arrivo pazienti urgenti, poco urgenti e altri. L'arrivo di tutti gli altri pazienti, che avviene in base alle percentuali calcolate in precedenza, è stato invece modellato secondo una distribuzione esponenziale, che è quella che meglio si adatta alla situazione in esame, in quanto, indipendentemente dalle condizioni cliniche, il loro arrivo è casuale; per questo motivo, è stato selezionato il tipo di arrivo Inter-Arrival. Il passo successivo è stato quello di derivare il tempo di inter-arrivo, che è essenzialmente il tempo espresso in minuti da un arrivo all'altro, che in questo caso rappresenta però il cosiddetto lambda della distribuzione esponenziale.

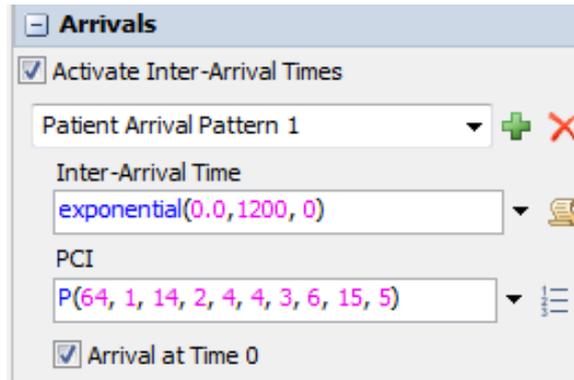


Figura 47 - Schermata di flexsim per la definizione dell'inter-arrivo dei pazienti non elettivi (si riferisce al mese di aprile)

5.2 Esecuzione e analisi della simulazione

Abbiamo effettuato le simulazioni nel modo spiegato in precedenza, considerando l'intero anno riguardo al quale abbiamo ottenuto nella parte precedente la previsione; per questo essa coprirà il periodo che va da novembre 2019 a ottobre 2020. Qui di seguito sono presenti 2 analisi, una che riguarda la situazione che in media ci aspettiamo si verifichi e l'altra che riguarda il "worst case", vale a dire un possibile scenario estremo

5.2.1 L'"expected case"

Un'analisi accurata può essere condotta, utilizzando più simulazioni per ogni mese e facendo la media, sempre per ogni mese, dei risultati ottenuti. Con questa metodologia, e in particolare nel nostro caso usando cinque simulazioni per ogni mese, riusciamo a superare le limitazioni dovute all'utilizzo di un unico tentativo, il quale può portare a risultati nella media ma anche estremi, con pazienti che si presentano tutti ravvicinati (creando un waiting time molto alto), oppure distanziati perfettamente l'uno dall'altro (riducendo al minimo il waiting time).

Questo è possibile utilizzando la funzione Experimenter di Flexsim che fornisce come output il report dei singoli tentativi e, in particolare, il report "summa" di tutte le interazioni, miglior indicatore della situazione che si potrebbe presentare nella realtà.

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Numero pazienti elettivi medio ottenuto con simulazione	10,3	3,1	9,5	5,5	7,2	7
Numero pazienti elettivi preventivato	11	3	10	6	8	7
Numero pazienti non elettivi medio ottenuto con simulaz.	52,4	15	49	28,6	36,6	35,4
Numero pazienti non elettivi preventivato	51	13	47	31	37	36

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Numero pazienti elettivi medio ottenuto con simulazione	9,1	7,2	8,9	7,1	9	10,8
Numero pazienti elettivi preventivato	9	7	9	7	9	11
Numero pazienti non elettivi medio ottenuto con simulaz.	42,3	33,1	42,6	33,9	44,2	51,8
Numero pazienti non elettivi preventivato	42	32	42	34	43	51

Figura 48 - Tabella indicante il numero di pazienti per le diverse categorie in ogni mese

A partire dal numero medio di pazienti non elettivi ricoverati all'interno del reparto, possiamo vedere che esso, per tutti i mesi, si avvicina molto alla previsione ottenuta con il software R. Questo è il segnale che tale analisi ci fornisce una panoramica attendibile del processo, in quanto utilizzando la media essa risente meno dell'aleatorietà apportata dalla distribuzione esponenziale, quella utilizzata per definire gli inter-arrivi dei pazienti. Il numero medio di pazienti elettivi invece non si discosta molto da quanto preventivato e questo ce lo aspettavamo in base alle assunzioni fatte nella fase preliminare dell'analisi, secondo le quali essi arrivano il giorno prefissato in base ad un appuntamento.

Il tempo medio di permanenza all'interno dell'ospedale per le diverse categorie di pazienti, suddiviso tra tempo prima e dopo l'intervento (tempo in minuti):

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Pazienti urgenti	0,82gg – 6,21gg	0,51gg– 5,56gg	0,7gg – 6,14gg	0,53gg– 5,94gg	0,54gg– 6,11gg	0,53gg – 5,87gg
Pazienti poco urgenti	1,57gg – 4,41gg	1,09gg– 4,48gg	1,48gg– 3,88gg	1,26gg– 5,04gg	1,39gg– 5,49gg	1,32gg – 5,15gg
Pazienti elettivi	1,07gg – 1,15gg	0,79gg– 1,01gg	0,93gg– 0,86gg	0,84gg– 0,86gg	0,88gg– 0,85gg	0,9gg – 1,08gg

Media pazienti	0,87gg – 4,67gg	0,69gg – 4gg	0,86gg– 4,42gg	0,74gg– 4,21gg	0,77gg– 4,38gg	0,75gg – 4,32gg
----------------	-----------------	--------------	----------------	----------------	----------------	-----------------

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Pazienti urgenti	0,62gg – 6,13gg	0,52gg– 5,70gg	0,63gg – 6,1gg	0,53gg– 5,76gg	0,64gg– 6,15gg	0,81gg – 6,19gg
Pazienti poco urgenti	1,15gg – 4,45gg	1,34gg– 5,08gg	1,17gg– 4,50gg	1,36gg– 5,12gg	1,19gg– 5,49gg	1,56gg – 5,12gg
Pazienti elettivi	0,90gg – 0,91gg	0,88gg– 1,01gg	0,91gg– 0,92gg	0,93gg– 0,99gg	0,93gg– 0,92gg	1,05gg – 1,17gg

Media pazienti	0,81gg – 4,37gg	0,71gg – 4,3gg	0,83gg– 4,41gg	0,72gg– 4,33gg	0,84gg– 4,44gg	0,86gg – 4,62gg
----------------	-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------

Figura 49 - Tabella indicante il tempo di permanenza di un paziente per le diverse categorie in ogni mese (il primo è quello da inizio ricovero all'operazione mentre il secondo riguarda il lasso di tempo che va dall'operazione alla dimissione)

I tempi di permanenza nell'ospedale risultano essere in linea con i numeri di ricoveri, aumentando nei mesi con più pazienti e diminuendo nel caso contrario. Da sottolineare il tempo totale del mese di dicembre, nel quale il numero di pazienti è molto basso: esso può essere considerato come una sorta di asintoto inferiore, sotto il quale risulta difficile andare e fare di meglio in quanto ricalca abbastanza il tempo necessario per svolgere le varie operazioni dell'iter. Inoltre possiamo notare che le tempistiche ottenute sono consistenti con il tempo medio di permanenza nel reparto, calcolato grazie ai dati forniti dall'ospedale, che risulta essere 5,11 giorni con deviazione standard di 1,14; questo ci permette di osservare che la bontà del modello di simulazione è abbastanza buona e indicativa della situazione in esame.

Andando ad approfondire le situazioni relativamente ad ogni categoria di pazienti sotto analisi, possiamo notare che i tempi che intercorrono tra l'arrivo all'ospedale e la fine dell'operazione sono più bassi nel caso dei pazienti urgenti, mentre il tempo restante, relativo al ricovero e monitoraggio è minore quando i

pazienti sono meno urgenti e ancora più basso nel caso degli elettivi. Questo risultato è dovuto alla natura dei pazienti e quindi al fatto che quelli urgenti devono essere operati nel più breve tempo possibile perché affetti da patologie critiche e in quanto tali, necessitano di un ricovero prolungato necessario per monitorare le condizioni post-operatorie. Mentre quelli meno urgenti hanno una priorità più bassa e per questo possono attendere anche più tempo prima di subire l'intervento e in quanto tali richiedono un monitoraggio minore. Inoltre le tempistiche di questi ultimi risultano meno proporzionali all'affollamento del reparto rispetto a quelle dei pazienti urgenti; la spiegazione a questo interrogativo potrebbe essere il fatto che il loro numero è esiguo e quindi essi non costituiscono un campione molto significativo, che per natura risulta più soggetto alla variabilità.

Infine occorre ancora esaminare le tempistiche dei pazienti elettivi, coloro che subiscono l'operazione inseguito ad un appuntamento. Il tempo che impiegano per essere operati è maggiore rispetto a quello dei pazienti urgenti per questioni burocratiche in quanto si devono presentare in ospedale mezza giornata prima rispetto all'intervento (si presentano alle 16:00 del giorno che precede l'intervento), mentre il tempo di recupero è molto basso e questo è dovuto al fatto che la tipologia di operazione a cui sono sottoposti non è molto pericolosa e dunque possono essere dimessi nel giro di poche ore.

Per quanto riguarda le operazioni cosiddette "colli di bottiglia", generatrici del tempo di attesa, le più importanti sono le seguenti:

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Intervento chirurgico	274'	207'	264'	230'	245'	241'
Ricovero post-operatorio	231'	8'	228'	98'	150'	144'
ASSISTE	291'	310'	299'	299'	307'	308'

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Intervento chirurgico	252'	238'	254'	241'	256'	265'
Ricovero post-operatorio	183'	121'	180'	127'	193'	229'
ASSISTE	302'	304'	299'	301'	303'	309'

Figura 50 – Tabella indicante il tempo totale trascorso dai pazienti in attesa delle operazioni indicate per ogni mese (il tempo è quello totale, dato dalla somma delle attese di tutti i pazienti)

Queste tre attese, quella per la sala operatoria, quella per la terapia intensiva e quella dovuta al personale addetto al trasporto, aumentano in modo diverso man mano che il numero dei pazienti sale.

La prima e anche la più importante causa che genera il cosiddetto waiting time è la movimentazione dei pazienti tramite il personale ASSISTE. Questa attesa aumenta in modo più o meno proporzionale con l'aumentare dei ricoveri mensili; infatti calcolando l'attesa media in ogni mese possiamo notare che questa si mantiene approssimativamente costante. La principale motivazione potrebbe essere che essi presentano i turni sfasati rispetto al resto del personale, dalle 7:30 alle 15:30, dal momento che non sono direttamente

sotto le dipendenze dell'ospedale ma ad appannaggio di una ditta esterna e inoltre svolgono i trasporti per tutto l'ospedale, non solo per il reparto di cardiologia. Una possibile strategia per migliorare l'efficienza in questo caso, potrebbe essere quindi quella di ampliare il loro orario lavorativo adeguandolo a quello della sala operatoria, dalle 7:00 alle 18:00, oppure adibire dei membri ASSISTE dedicati solamente al reparto di cardiologia; quest'ultimo accorgimento però potrebbe essere meno efficace poiché il loro utilizzo solo nel reparto di cardiologia (dal momento che essi operano in tutto l'ospedale), come si può notare dalle percentuali nella tabella seguente, non è alto tanto da richiedere dei membri appositamente dedicati e inoltre aumenterebbero a dismisura i costi.

Le altre, ma non meno importanti cause di ritardo nella permanenza dei pazienti all'interno dell'ospedale, sono riconducibili alla sala operatoria e al reparto UTIC, cioè di terapia intensiva. In entrambi i casi le attese non risultano però proporzionali con il numero di ricoveri e in particolare per la sala operatoria nei mesi con pochi pazienti (dicembre, febbraio) il tempo di attesa è molto basso mentre in quelli con molti pazienti (novembre, gennaio) esso si dilata a dismisura; in poche parole, in questo caso, la differenza di attese tra le situazioni limite è molto ampia.

Per questo è necessario indagare riguardo all'utilizzo del personale:

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Intervento chirurgico	73,42%	32,68%	70,48%	45,27%	60,40%	59,14%
Ricovero post-operatorio	50,24%	30,65%	48,98%	38,30%	41,84%	41,42%
ASSISTE	7,80%	2,50%	6,53%	4,22%	5,24%	5,12%

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Intervento chirurgico	64,62%	51,17%	66,33%	53,82%	70,17%	73,06%
Ricovero post-operatorio	45,63%	39,75%	46,74	40,36%	47,89%	49,83%
ASSISTE	5,46%	4,62%	5,61%	5,29%	5,88%	7,80%

Figura 51 – Tabella indicante la percentuale di utilizzo del personale per ogni mese (la percentuale è calcolata sul tempo totale di simulazione)

L'utilizzo dei dottori di terapia intensiva non è molto elevato e tende a dilatarsi, in modo tutto sommato accettabile, nei mesi con più ricoveri; la causa che genera il waiting time, deve quindi essere imputata ad altre risorse. Spostiamo dunque l'attenzione sull'utilizzo dei posti letto della terapia intensiva, il quale è molto elevato soprattutto nei mesi con maggiore afflusso di pazienti, come si può notare dalla tabella seguente (utilizzo in percentuale), e vale la pena approfondirlo:

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Utilizzo letti UTIC	91%	33%	86%	58%	73%	71%

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Utilizzo letti UTIC	80%	65%	82%	67%	85%	89%

Figura 52 – Tabella indicante la percentuale di utilizzo della risorsa in questione per ogni mese

Da questo possiamo desumere che potremmo essere di fronte ad un numero di postazioni UTIC basso, soprattutto per i mesi più critici e che proprio questa sia la causa della discrepanza che si viene a creare tra i tempi di attesa delle situazioni limite. Per ovviare a questa problematica e quindi aumentare l'efficienza del reparto, un'idea non sbagliata potrebbe essere quindi quella di aggiungere posti letto in UTIC, ma questa opzione richiede una valutazione accurata per appurare se con il personale attuale sia possibile monitorare il numero maggiore di postazioni che si verrebbero a creare.

L'attesa per la sala operatoria potrebbe essere invece da ricondurre alle peculiarità che la contraddistinguono e all'utilizzo del personale. Essa, infatti, è aperta tutti i giorni della settimana dalle 8:00 alle 17:00 e in questo lasso di tempo sono presenti i chirurghi e i tecnici che hanno reperibilità immediata; mentre, nel tempo restante, il personale non è presente in loco ma è a disposizione su chiamata, che deve avvenire solamente nel caso in cui il paziente sia catalogato come urgente, con un tempo di reperibilità che è quindi variabile in base agli attori coinvolti. Bisogna inoltre aggiungere che i pazienti elettivi hanno un tempo di attesa prima dell'entrata in sala operatoria di minimo 16 ore (si presentano in reparto alle 16:00 del giorno prima dell'intervento e gli interventi iniziano alle 8:00 del mattino), mentre i pazienti non elettivi e non urgenti devono dare la precedenza, eventualmente ai pazienti urgenti, i quali hanno un tempo massimo di attesa in base alla normativa di 90 minuti. Quindi tale waiting time aumenta all'aumentare del rapporto tra numero di pazienti elettivi e non urgenti e numero di pazienti urgenti.

Inoltre, l'utilizzo dei chirurghi e tecnici di sala operatoria è molto elevato, considerando anche il fatto che essi non sono solo coinvolti nel Laboratorio di Cateterismo, nel quale vengono svolte circa l'80% degli interventi (come rappresentato nel modello), ma si devono anche occupare delle operazioni svolte nel Laboratorio di Elettrofisiologia, che non sono oggetto della nostra analisi. Quindi possiamo concludere che questa rischia di essere una risorsa critica e che potrebbe andare in collasso nel caso in cui si presentassero più interventi del previsto, in quanto la percentuale di utilizzo incrementale è abbastanza elevata.

5.2.2 Il “worst case”

Prendiamo adesso, per ogni mese, lo scenario peggiore tra i 5 ottenuti in precedenza; in questo modo andiamo ad analizzare un ipotetico caso limite, per ogni mese, a cui l’ospedale potrebbe dover far fronte.

Il numero di ricoveri è risultato il seguente:

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Numero pazienti elettivi	11	3	10	6	8	7
Numero pazienti non elettivi	56	16	50	34	40	39

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Numero pazienti elettivi	10	8	10	8	10	11
Numero pazienti non elettivi	45	35	46	37	48	55

Figura 53 - Tabella indicante il numero di pazienti per le diverse categorie in ogni mese

Il tempo di permanenza dall’interno dell’ospedale per le diverse categorie di pazienti:

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Pazienti urgenti	0,83gg – 6,54gg	0,52gg– 5,59gg	0,76gg– 6,37gg	0,59gg– 6,06gg	0,68gg– 6,13gg	0,65gg – 6,1gg
Pazienti poco urgenti	1,65gg – 5,50gg	1,15gg– 5,09gg	1,56gg– 5,47gg	1,34gg- 5,15gg	1,51gg– 5,44gg	1,42gg – 5,20gg
Pazienti elettivi	1,10gg – 1,43gg	0,84gg– 1,05gg	0,98gg– 1,2gg	0,9gg– 0,92gg	0,95gg– 1,12gg	0,93gg – 1,08gg

media pazienti	0,92gg– 4,76gg	0,71gg– 4,08gg	0,87gg– 4,57gg	0,76gg– 4,30gg	0,8gg– 4,41gg	0,78gg – 4,38gg
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	---------------	-----------------

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Pazienti urgenti	0,72gg – 6,23gg	0,63gg– 6,09gg	0,73gg– 6,25gg	0,65gg– 6,12gg	0,75gg– 6,29gg	0,81gg – 6,49gg
Pazienti poco urgenti	1,54gg – 5,52gg	1,43gg– 5,3gg	1,57gg– 5,49gg	1,44gg- 5,32gg	1,58gg– 5,5gg	1,57gg – 5,48gg
Pazienti elettivi	0,95gg – 1,13gg	0,92gg– 1,06gg	0,95gg– 1,15gg	0,93gg– 1,08gg	0,97gg– 1,15gg	1,05gg – 1,38gg

Media pazienti	0,83gg– 4,49gg	0,78gg– 4,33gg	0,85gg– 4,52gg	0,8gg– 4,35gg	0,85gg– 4,53gg	0,9gg – 4,69gg
----------------	----------------	----------------	----------------	---------------	----------------	----------------

Figura 54 - Tabella indicante il tempo di permanenza di un paziente per le diverse categorie in ogni mese (il primo è quello da inizio ricovero all’operazione mentre il secondo riguarda il lasso di tempo che va dall’operazione alla dimissione)

Possiamo notare che aumentando il numero di ricoveri, i tempi di permanenza aumentano. In particolare si verifica un significativo aumento del tempo di pre-intervento riguardo ai pazienti poco urgenti mentre per quanto concerne i pazienti urgenti ed elettivi esso non varia di molto. Aumenta inoltre anche il tempo di ricovero post-operatorio, soprattutto nei mesi con un numero elevato di interventi. Le principali cause di questo sono ancora una volta le attese che si vengono a creare soprattutto a monte delle operazioni già precedentemente citate:

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Intervento chirurgico	303'	231'	292'	252'	273'	270'
Ricovero post-operatorio	271'	28'	260'	123'	180'	176'
ASSISTE	300'	315'	299'	302'	309'	315'

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Intervento chirurgico	278'	258'	279'	264'	284'	295'
Ricovero post-operatorio	220'	141'	225'	148'	233'	269'
ASSISTE	302'	304'	299'	301'	303'	309'

Figura 55 - *Tabella indicante il tempo totale trascorso dai pazienti in attesa delle operazioni indicate per ogni mese (il tempo è quello totale, dato dalla somma delle attese di tutti i pazienti)*

Questo è in linea con quanto già detto in precedenza. Le attese per la terapia intensiva aumentano di poco nei mesi di dicembre e febbraio, mentre nei mesi di novembre e ottobre salgono vertiginosamente; questo potrebbe essere dovuto al fatto che le postazioni, nei mesi più frequentati, non riescono a tenere il passo dei ricoveri e formano un collo di bottiglia. Lo stesso avviene nella sala operatoria dove però la causa come già anticipato in precedenza potrebbe essere il personale. Per quanto riguarda il waiting time generato dai membri ASSISTE, invece rimane più o meno costante e il suo andamento non sembra seguire una logica ben definita essendo esso condizionato molto dai momenti in cui i pazienti si presentano in reparto.

Quanto detto in precedenza è anche confermato dall'utilizzo del personale e delle postazioni in UTIC:

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Sala operatoria	82,12%	40,26%	79,84%	53,56%	69,00%	68,64%
Terapia intensiva	50,24%	30,65%	48,98%	38,30%	41,84%	41,42%
Trasporto con ASSISTE	7,80%	2,50%	6,53%	4,22%	5,24%	5,12%

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Sala operatoria	72,45%	59,54%	74,67%	60,82%	78,12,17%	81,09%
Terapia intensiva	45,63%	39,75%	46,74	40,36%	47,89%	49,83%
Trasporto con ASSISTE	5,46%	4,62%	5,61%	5,29%	5,88%	7,80%

Figura 56 - *Tabella indicante la percentuale di utilizzo del personale per ogni mese (la percentuale è calcolata sul tempo totale di simulazione)*

	NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
Utilizzo letti UTIC	93%	43%	92%	67%	84%	82%

	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE
Utilizzo letti UTIC	91%	73%	91%	75%	92%	93%

Figura 61 – *Tabella indicante la percentuale di utilizzo della risorsa in questione per ogni mese*

Abbiamo un aumento proporzionale e modesto dell'utilizzo degli operatori in sala operatoria ma lo stesso non si verifica nel caso del personale di terapia intensiva. I dottori dell'UTIC nelle mensilità più frequentate non aumentano il loro utilizzo, se non di poco, a differenza dei casi in cui i ricoveri sono pochi; questo

perché, come già accennato, in alcuni momenti i posti letto potrebbero essere tutti esauriti e un incremento di pazienti si tramuta quindi solamente in un aumento del tempo di attesa e non di utilizzo del personale. I membri ASSISTE anche aumentano il loro utilizzo, ma non di molto; per vedere un loro incremento significativo è necessario che i pazienti si presentano il più possibile scaglionati l'uno dall'altro di modo che essi non vengano sostituiti nella loro mansione (perché già occupati in altre operazioni) dagli infermieri.

5.3 Conclusione

In base a queste due analisi simulative, abbiamo ricavato diversi spunti che potrebbero portare ad un miglioramento delle performance dell'ospedale.

Un primo aspetto riguarda la gestione delle risorse e del personale: siccome abbiamo fornito una panoramica dei ricoveri nei diversi mesi, si potrebbero utilizzare tali informazioni per allocare nel tempo in maniera adeguata e più efficiente possibile le diverse parti coinvolte nel processo, ponendo maggiore attenzione nelle mensilità più critiche che sembrano essere gennaio, ottobre e novembre.

Un altro spunto importante da tenere in considerazione è quello relativo alla gestione degli appuntamenti dei pazienti elettivi. Avendo fornito una previsione futura dei ricoveri e siccome tale categoria di pazienti può subire l'intervento e il successivo ricovero non immediatamente nel momento in cui avvertono la necessità ma inseguito ad un appuntamento, un accorgimento da valutare per diminuire le attese totali, potrebbe essere quello di schedulare i loro appuntamenti in periodi in cui abbiamo previsto un minor afflusso di pazienti. Questo permetterebbe, come già preannunciato, di diminuire il waiting time ma anche di livellare l'utilizzo delle risorse e del personale.

Inoltre, dal momento che i modelli di previsione e simulazione sono stati generati usando i dati relativi agli ultimi quattro anni, potrebbero essere sicuramente migliorati se si utilizzasse un orizzonte temporale più ampio per inizializzarli. Quindi potrebbe essere utile aggiornarli periodicamente in base ai nuovi dati in modo da affinarli e renderli il più attendibili possibile.

Infine da non trascurare, la necessità di ridurre al minimo gli sprechi di tempo per operazioni che potrebbero essere evitate ma che generano, allo stesso modo di quelle necessarie, tempi di attesa. In quest'ottica è orientato ad esempio lo spostamento del Laboratorio di Elettrofisiologia al piano -1, che permetterà di evitare movimenti eccessivi e perdite di tempo per due delle risorse critiche individuate vale a dire i trasportatori ASSISTE, che avranno meno strada da fare per portare i pazienti da/in sala operatoria, e il personale di sala operatoria.

RINGRAZIAMENTI

Eccomi giunto alla fine di questa tesi e di questi 5 splendidi ma anche sudati anni di Università, che mi hanno permesso di maturare e soprattutto preparato alla tanto agoniata “metamorfosi” da studente a lavoratore che fino a ieri sembrava distante anni luce ma adesso incombe.

Vorrei dedicare questa ultima pagina per ringraziare tutte le persone che mi sono sempre state accanto e che mi hanno sempre sostenuto sia nei momenti di difficoltà sia in quelli felici e spensierati. Questi ringraziamenti sono un punto di arrivo da una parte, ma anche uno di inizio, perché credo che non si finisca mai di crescere e spero di raggiungere nuovi importanti e ambiziosi traguardi nella mia vita con tutti voi ancora al mio fianco.

In primis, un ringraziamento speciale va ai miei relatori e in particolare alla Professoressa Bruno, per i suoi suggerimenti e per la sua immensa disponibilità e pazienza, indispensabili per portare a termine il lavoro in questo insolito periodo. Un sentito grazie anche ad Alberto sempre pronto a darmi, in modo tempestivo, le giuste indicazioni per la realizzazione dell’elaborato.

Ringrazio infinitamente i miei genitori che mi hanno sempre sostenuto, appoggiando e sostenendo “al buio” ogni mia decisione; senza il vostro supporto non sarei potuto arrivare fin qui. Grazie anche a te Gio, che tra una litigata e l’altra mi hai sempre spronato e incentivato a dare il centodieci per cento, dal momento che non è nel nostro stile vivacchiare.

Tutti voi, amici, chi sin da bambini chi da meno tempo a questa parte, avete avuto un peso determinante nel conseguimento di questo risultato: i bagnolesi per essere stati una valvola di sfogo alle intense giornate passate in quel del Poli, “Gestionali Eccezionali” per aver avermi aiutato e reso meno pesante questo percorso universitario, i compagni di viaggio con i quali ho condiviso momenti al limite dell’immaginario e ultimi, non per importanza, i miei compagni di squadra che sia dentro che fuori dal campo hanno sempre lottato al mio fianco e non si sono mai tirati indietro.

Infine un doveroso grazie va a tutti i parenti e conoscenti, che anche solo con un complimento o un suggerimento mi hanno sempre confortato e aiutato a superare i numerosi ostacoli che si sono presentati in questo percorso.

Grazie a tutti!

BIBLIOGRAFIA

- An, X. and Jiang, D. and Zhao, M. and Liu, C. (2012). Short-term prediction of wind power using EMD and chaotic theory. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 1036-1042.
- Antonelli, D. and Bruno, G. and Taurino, T. (2018). Analysis of patient flows in elective surgery: modelling and optimisation of the hospitalisation process. *International Journal of Services and Operational Management*.
- Banks, J. Carson, J. S. and Nelson, L. and Nicol, D. M. (2007). *Discrete-Event System Simulation*. Pearson.
- Barnas, K. (2012). ThedaCare's Business Performance System: Sustaining Continuous Daily Improvement Through Hospital Management in a Lean Environment. *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 387-399.
- Bianciardi, C. and Bracci, L. and Guercini, J. and Burrioni, L. (2014). Lean thinking in sanità: da scelta strategica a modello operativo. *Esculapio Medicina*.
- Black, J. R. and Miller, D. (2008). *The Toyota way to healthcare excellence: increase efficiency and improve quality with lean*. Health Administration Pr.
- Chiocca, D. (2015). Sviluppo di un modello simulativo di un supply network sanitario. Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Dal Vecchio, V. (2012). I vantaggi della pianificazione nei processi ospedalieri: il caso Day Surgery. Università Ca' Foscari Venezia.
- Fernandes, C. M. and Christensen, J. (1995). Use of continuous quality improvement to facilitate patient flow through the triage and fast track areas of an emergency department. *The Journal of Emergency Medicine*, 847-855.
- Fillingham, D. and Fuchs, B.D. (2011). *Trasformare la sanità a partire dall'esperienza*. FrancoAngeli.
- Fillingham, D. (2008). *Lean Healthcare. Improving the patient's experience*. Kingsham Press Ltd.
- Fischer, T. and Lundbye-Christensen, S. and Johnsen, S. P. and Schönheyder, H. C. and Sørensen, H. T. (2004). Secular trends and seasonality in first-time hospitalization for acute myocardial infarction—a Danish population-based study. *International Journal of Cardiology*, 425-431.
- Fujimoto, T. and Womack, J. and Shimokawa, K. and Miller, W. (2012). *The Birth of Lean*. Lean Enterprise Institute Inc.
- George, M. and Vincent, P. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean Speed*. McGraw-Hill Education.
- Graziadei, G. (2006). *Lean Manufacturing. Come analizzare il flusso di valore per individuare ed eliminare gli sprechi*. Hoelpi Editore.

- Grimm, V. (1999). A standard protocol for describing individual-based and agent-based model. *Ecological Modelling*, 216-225.
- Hyndman, R. J. and Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting Principles and Practice*. Monash University.
- Imai, M. (1986). *Kayzen: the key to Japan's competitive success*. Random House.
- Jones, D. and Mitchell, A. (2006). *Lean thinking for the NHS*. Lean Enterprise Academy.
- Jones, S. and Thomas, A. and Evans, R. S. and Welch, S. J. and Peter, M. D. and Haug, J. and Snow, G. L. (2008). *Forecasting Daily Patient Volumes in the Emergency Department*. Society for Academic Emergency Medicine.
- Khaldi, R. and El Afia, A. and Elsevier, R. C. (2019). Forecasting of weekly patient visits to emergency department: real case study. *Procedia Computer Science*, 532-541.
- *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma with Lean Speed*. George, M. and Vincent, P. (2012). McGraw-Hill Professional.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way, 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill Education.
- Liker, J. and Convis, G. L. (2011). *The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence Through Leadership Development*. McGraw-Hill Education.
- Muhammad, A. (2018). *Crude oil price forecasting based on the reconstruction of imfs of decomposition ensemble model with arima and ffnn models*. University teknologi Malaysia.
- Nakaji, S. and Parodi, S. and Fontana, V. and Umeda, T. and Suzuki, K. and Sakamoto, J. and Fukuda, S. and Wada, S. and Sugawara, K. (2004). Seasonal changes in mortality rates from main causes of death in Japan. *European Journal of Epidemiology*, 905-913.
- Nicosia, F and Nicosia, P. G. (2008). *Tecniche Lean in Sanità- più valore, meno spreco, meno errori col sistema Toyota*. Franco Angeli.
- Nicosia, F. (2017). *Sanità lean*. FrancoAngeli.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Ohno, T. (2007). *Workplace Management*. Gemba Press.
- Patrono, L. (2005). *Tecniche e strumenti per l'analisi delle prestazioni dei protocolli di rete*.
- Payaro, A. (2017). *Lean management, Cose mai dette*. Società Editrice Esculapio.
- Pitt, M. (2018). A structured literature review of simulation modelling applied to Emergency Departments: Current patterns and emerging trends. *Operations Research for Health Care*, 1-13.
- Priyamvada and Wadhvani, R. (2017). *Review on Various Models for Time Series Forecasting*. IEEE.
- Radnor, Z. (2011). *Implementing Lean in the Health Care: making the link between approach, readiness and sustainability*. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 1-12.

- Radnor, Z. and Walley, P. (2008). Learning to walk before you try to run: adapting lean for the public sector. *Journal Public Money & Management*, 13-20.
- Robinson, S. and Radnor, Z. and Burgess, N. (2012). SimLean: utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. *European Journal of Operational Research*, 188-197.
- Rosa, A. (2017). Lean Organization in sanità. Esperienze e modelli di applicazione da nord a sud. GoWare Guerini Next srl.
- Shannon, R. E. (1975). *System Simulation the art and the science*, Prentice-Hall.
- Slack, N. and Chambers, S. and Johnston, R. and Betts, A. (2007). *Operations and projects management*. Prentice Hall.
- Spear, S. (2005). Fixing health care from the inside, today. *Harvard Business Review* , 78-91.
- Spear, S. and Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business. Review*, 97-106
- Tolliday, S. and Zeitlin, J. (1987). *The automobile industry and its workers: between Fordism and flexibility*. St. Martin's Press.
- Tucker and Anita, L. and Singer, J. (2014). The Effectiveness of Management-By-Walking-Around: A Randomized Field Study. *Production and Operations Management*.
- Varetto, F. (2019). *Simulazione Monte Carlo*. Politecnico di Torino.
- Vignati, E. and Bruno, P. (2003). *Organizzazione per processi in sanità*. FrancoAngeli.
- Wang, S. Y. and Yu, L. A. and Lai, K. K. (2005). Crude oil price forecasting with TEI methodology. *Journal of Systems Science and Complexity*, 145-166.
- Womack, J. P. and Jones D. T. (2008). *Lean thinking. Banish waste and create wealth in your organization*. Copyrighttext Material.

SITOGRAFIA

- www.leanthinking.it > kayzen
- www.conoscereilrischioclinico.it > il-metodo-fmeca
- www.lean.org
- www.humanitas.it
- www.galliera.it
- www.ao-siena.toscana.it
- www.ao-siena.toscana.it > ufficio-lean
- www.clinicasanfrancesco.it
- www.kanban.it
- www.blog.5stoday.com
- www.leanevolution.com > 5s
- www.makeitlean.it > a3-report
- www.makeitlean.it > lean-production-sprechi
- www.regione.piemonte.it
- www.medium.com
- www.leanmanufacturing.it > six-sigma
- www.lorenzogovoni.it > lean-six-sigma
- www.salute.gov.it
- www.censis.it > welfare-e-salute
- www.annualreports.com > cgi-group-inc
- www.cardiochirurgia.com > attenti-al-freddo-nemico-del-cuore
- www.leanproducts.eu > luci-andon
- www.chiarini.it > lean
- www.simlean.se

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 <i>Toyota Production System House</i>	8
Figura 2 - <i>Matrice dei rischi</i>	13
Figura 3 - <i>5S Lean Framework</i>	15
Figura 4 - <i>Sistema kanban di base</i>	16
Figura 5 - <i>Luci Andon</i>	17
Figura 6 - <i>Struttura organizzativa Lean Six Sigma</i>	19
Figura 7 - <i>Ciclo di Deming</i>	26
Figura 8 - <i>Virginia Mason Production System</i>	33
Figura 9 - <i>Tabella riassuntiva situazione Policlinico St. Paul</i>	36
Figura 10 - <i>Tabella riassuntiva situazione Ospedale Galliera</i>	37
Figura 11 - <i>Istogramma ricoveri mensili reparto cardiologia</i>	48
Figura 12 - <i>Grafico della decomposizione della serie temporale</i>	49
Figura 13 - <i>Diagramma dei residui standardizzati</i>	50
Figura 14 - <i>Grafico della densità di distribuzione dei residui</i>	50
Figura 15 - <i>Correlogramma dei residui</i>	51
Figura 16 - <i>Grafico contenente i valori previsti con Holt-Winter e i valori reali</i>	52
Figura 17 - <i>Grafico dei ricoveri mensili in Giappone</i>	53
Figura 18 - <i>Istogramma dei ricoveri mensili nel reparto di cardiologia</i>	58
Figura 19 - <i>Diagramma dei residui standardizzati</i>	58
Figura 20 - <i>Correlogramma dei residui</i>	59
Figura 21 - <i>Grafico valori residuals vs fitted</i>	61
Figura 22 - <i>Grafico normal Q-Q</i>	62
Figura 23 - <i>Grafico valori residuals vs fitted</i>	63
Figura 24 - <i>Grafico normal Q-Q</i>	63
Figura 25 - <i>Grafico previsione ottenuta con smorzamento esponenziale semplice</i>	66
Figura 26 - <i>Grafico previsione con modello di Holt</i>	66
Figura 27 - <i>Grafico previsione ottenuta con modello di Holt-Winter</i>	67
Figura 28 - <i>Correlogramma dei residui generati dal modello ARIMA</i>	67
Figura 29 - <i>Grafici sui residui generati dal modello ARIMA</i>	68
Figura 30 - <i>Grafico previsione ottenuta con modello ARIMA</i>	68
Figura 31 - <i>Grafico dei residui generati dal modello EMD-ARIMA</i>	69
Figura 32 - <i>Grafici degli IMF generati dal modello EMD-ARIMA</i>	70
Figura 33 - <i>Grafico previsione ottenuto con il modello EMD-ARIMA</i>	70

Figura 34 - 3 fasi della simulazione	75
Figura 35 - Ruolo della DES per arginare i diversi tipi di Muda	77
Figura 36 - Ruoli della DES nell'implementazione della Lean Healthcare	78
Figura 37- Suddivisione dei pazienti nelle diverse categorie	84
Figura 38 - Suddivisione mensile dei pazienti nelle diverse categorie in base alla modalità di arrivo in ospedale	86
Figura 39 - Diagramma di flusso dei pazienti non elettivi e non provenienti da altre strutture	88
Figura 40 - Diagramma di flusso dei pazienti elettivi	89
Figura 41 - Diagramma di flusso dei pazienti provenienti da altre strutture	90
Figura 42 - Immagine del layout del reparto di cardiologia ottenuta su flexsim	91
Figura 43 - Tipologie di personale	92
Figura 44 - Classificazione dei pazienti	93
Figura 45 – Definizione tracce dei 3 diversi tipi di pazienti	93
Figura 46 - Schermata di flexsim per la definizione dell'inter-arrivo dei pazienti elettivi	94
Figura 47 - Schermata di flexsim per la definizione dell'inter-arrivo dei pazienti non elettivi	95
Figura 52 - Tabella indicante il numero di pazienti per le diverse categorie in ogni mese	96
Figura 53 - Tabella indicante il tempo permanenza di un paziente per le diverse categorie in ogni mese	97
Figura 54 – Tabella indicante il tempo totale trascorso dai pazienti in attesa delle operazioni indicate per ogni mese	98
Figura 55 – Tabella indicante la percentuale di utilizzo del personale per ogni mese	99
Figura 56 – Tabella indicante la percentuale di utilizzo della risorsa in questione per ogni mese	100
Figura 57 - Tabella indicante il numero di pazienti per le diverse categorie in ogni mese	101
Figura 58 - Tabella indicante il tempo permanenza di un paziente per le diverse categorie in ogni mese	101
Figura 59 - Tabella indicante il tempo totale trascorso dai pazienti in attesa delle operazioni indicate per ogni mese	102
Figura 60 - Tabella indicante la percentuale di utilizzo del personale per ogni mese	102