



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA BIOMEDICA

**“STRUMENTAZIONE ECOGRAFICA:
ANALISI, VALUTAZIONE E OTTIMIZZAZIONE DELLE RISORSE
IMPIEGATE NELL'AZIENDA ULSS 9 SCALIGERA
TRAMITE IL SERVIZIO DI INGEGNERIA CLINICA”**

Relatore: Prof. Simone Del Favero

Laureanda: Nikolija Trailovic

Correlatore: Ing. Maurizio Casarotto

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023

Data di laurea 16 marzo 2023

A Manuel,
che crede in me,
più di me.

Indice

Sommario	1
Capitolo 1 - Introduzione.....	3
1.1 Ulss 9 Scaligera	3
1.2 Obiettivi del lavoro svolto durante il tirocinio	6
1.3 Modalità del lavoro svolto durante il tirocinio	6
Capitolo 2 – Ingegneria Clinica.....	9
2.1 Il servizio di Ingegneria Clinica	9
2.2 Il ruolo dell'ingegnere clinico	10
2.3 Il gestionale: BiogestNT	11
Capitolo 3 – L' ecografia.....	13
3.1 Definizione di ecografia	13
3.2 Ultrasuoni e piezoelettricità.....	14
3.3 Apparecchiature ecografiche	19
3.4 Modalità di rappresentazione dei segnali	22
3.5 Tecniche ecografiche	23
Capitolo 4 – Progetto “Ecomap Ulss9 Scaligera”	25
4.1 Fasi del progetto	25
4.2 Considerazioni.....	32
4.3 Risultati della raccolta dati	33
4.4 Analisi e valutazione - proposta di miglioramento	36
Conclusioni.....	37
Ringraziamenti	38
Bibliografia.....	39

Sommario

In questa tesi si discuterà l'attività di tirocinio che si è svolta negli uffici dell'Unità Operativa Semplice (U.O.S.) di Ingegneria Clinica dell'ULSS 9 Scaligera di Verona da maggio a luglio 2022.

In questa esperienza ho potuto assistere alle attività svolte dal servizio di ingegneria clinica e capire meglio anche i compiti e le responsabilità delle varie figure professionali coinvolte (Collaboratore tecnico C e D, Direttore Ingegnere clinico) all'interno dell'Azienda Ulss 9 Scaligera, e in particolar modo alla gestione dei dispositivi elettromedicali. Parte integrante di questo processo è l'ottimizzazione delle risorse disponibili.

Il progetto che ho seguito a fianco del responsabile e dei collaboratori si incentra sul funzionamento e sull'utilizzo di un apparecchio biomedicale in particolare, l'ecografo, dispositivo che rappresenta una tecnologia ampiamente diffusa in ambito diagnostico e in parte anche interventistico. Per questo motivo la gestione degli ecografi risulta fondamentale per assicurare un numero elevato di dispositivi dislocati nelle varie unità, che relazionata ad un ottimale utilizzo dei dispositivi stessi, può essere fonte di vantaggio sia a livello qualitativo di servizio offerto sia a livello di costi per l'azienda.

Al termine di questo progetto viene illustrata una valutazione e un principio di analisi dell'impiego della tecnologia ecografica per aiutare a stabilirne appropriatezza allocativa in funzione delle diverse esigenze dei vari reparti, al fine di determinare come possa essere meglio sfruttata ed ottimizzata.

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Ulss 9 Scaligera

“Dal 1° gennaio 2017 è istituita l’Azienda Ulss 9 Scaligera, come determinato dalla legge regionale n. 19 del 25 ottobre 2016 la quale ridisegna funzioni e competenze delle tre Aziende Socio-Sanitarie Locali di Verona e Provincia [2]”, ovvero Ulss 20 Verona, Ulss 21 Legnago e Ulss 22 Bussolengo.

Il territorio è suddiviso in quattro distretti:

- Distretto 1 Verona Città
- Distretto 2 dell’Est Veronese
- Distretto 3 della Pianura Veronese
- Distretto 4 dell’Ovest Veronese

“In questo ambito territoriale l’Azienda Ulss 9 Scaligera eroga assistenza sanitaria, sociosanitaria e sociale ai cittadini residenti, coerentemente con le indicazioni del Piano Sanitario Nazionale e le finalità del Servizio Socio-Sanitario regionale [1]”.

L’erogazione dei servizi viene assicurata dalle strutture tecnico-funzionali complesse:

- Distretto
- Ospedale
- Dipartimento di Prevenzione

Il Distretto

Il Distretto è il sistema di riferimento per l'accesso a tutti i servizi dell'Azienda, esso offre:

- Prestazioni di carattere amministrativo
- Informazioni e consulenza sui servizi sociali e sanitari
- Prestazioni sociali e sanitarie che possono essere erogate sia nella sede del distretto, a domicilio che in altre strutture presenti nel territorio.

L'Ospedale

“L'Ospedale assicura al proprio bacino d'utenza l'assistenza ospedaliera, secondo livelli di intervento stabiliti dalle norme nazionali e regionali. Svolge questo compito in modo integrato con gli altri servizi sanitari e sociosanitari, coerentemente con la pianificazione sanitaria regionale, comprendendo anche attività di formazione e di ricerca. La programmazione regionale prevede che nell'ambito del territorio dell'Ulss 9 Scaligera operino tre Presidi Ospedalieri di Rete (Spoke) e due Ospedali Nodi di Rete Monospecialistici Riabilitativi [1]”.

I Presidi Ospedalieri di Rete sono: Ospedale di Legnago e di San Bonifacio; Presidio Ospedaliero unico su 2 sedi, Bussolengo e Villafranca; Ospedale Nodo di Rete Monospecialistico Riabilitativo di Marzana; Ospedale Nodo di Rete Monospecialistico Riabilitativo di Bovolone; Ospedale Nodo di Rete Monospecialistico Centro di Riferimento Nazionale per lo Studio e la Cura degli Esiti Tardivi della Poliomielite di Malcesine. Dal Punto di vista organizzativo le UOC ospedaliere sono accorpate in Dipartimenti Strutturali e in Dipartimenti Funzionali, coordinati dal Direttore della Funzione Ospedaliera.

Dipartimento di prevenzione

“Il Dipartimento di Prevenzione è la struttura professionale dell’Azienda Sanitaria preposta alla promozione e tutela della salute della popolazione attraverso azioni dirette a migliorare la qualità della vita e dell’ambiente di vita, a conoscere, prevedere e prevenire le cause di malattia, di invalidità e di morte, con riferimento alle patologie maggiormente diffuse e diffusive, sia generali che specifiche del territorio. In tale visione rientrano la sicurezza alimentare della collettività e la salute della popolazione animale [1]”.

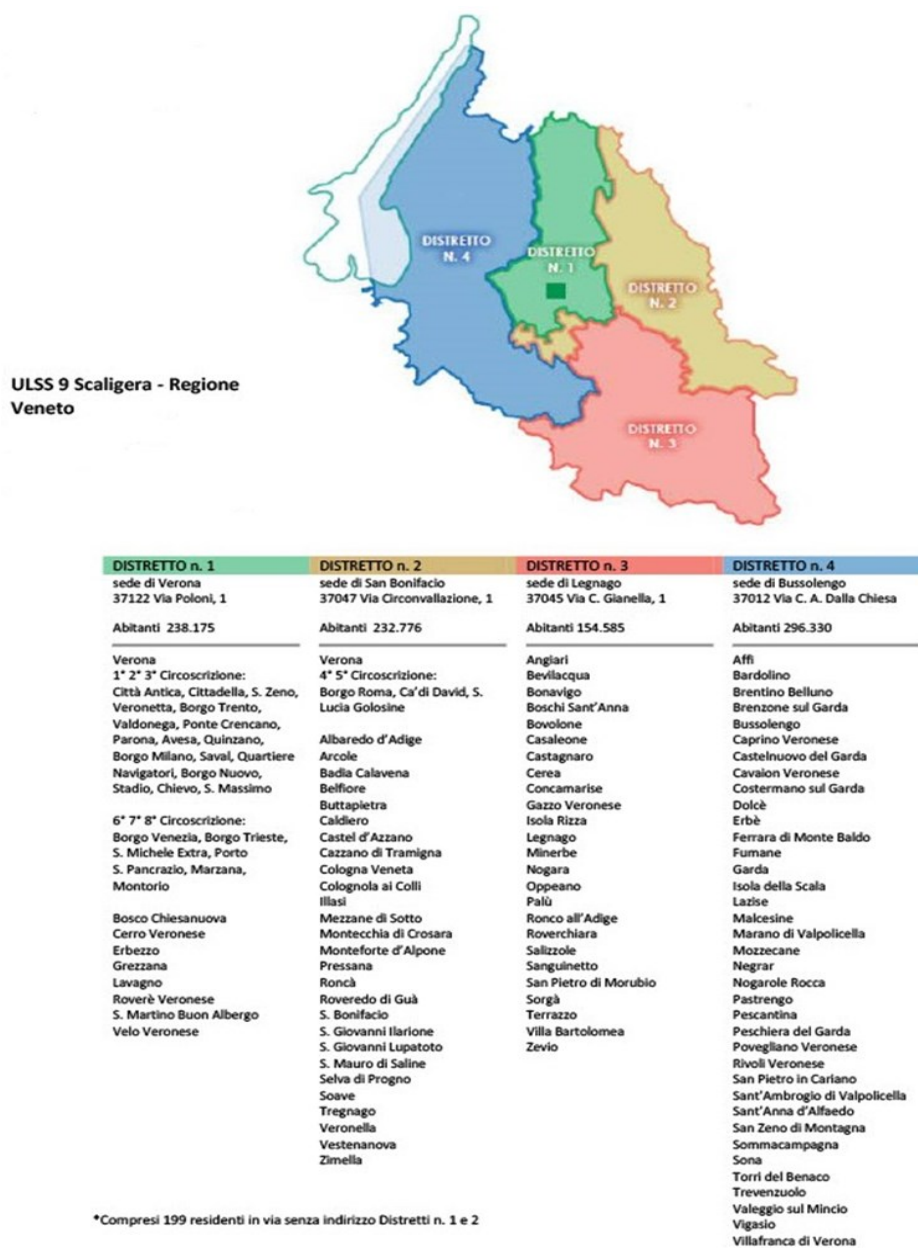


Fig. 1.1 ULSS 9 Scaligera

1.2 Obiettivi del lavoro svolto durante il tirocinio

L'obiettivo della tesi è discutere dell'attività di tirocinio effettuata presso il Servizio di Ingegneria Clinica all'interno dell'Azienda ULSS 9 Scaligera di Verona, approfondendo il lavoro e gli impieghi dell'ingegnere clinico ed in particolare della sua importanza all'interno di strutture sanitarie complesse come le aziende ospedaliere. Altro obiettivo è quello di mappare lo stato del parco tecnologico ecografico, di produrre una proposta di razionalizzazione e miglioramento dell'uso della tecnologia ecografica, che consiste nella rimodulazione degli orari di utilizzo, nella eventuale più opportuna ricollocazione degli ecografi per una maggior condivisione tra discipline, nella individuazione e nella proposta di possibili sinergie dell'expertise presente anche per individuare eventuali momenti di formazione agli utilizzatori.

1.3 Modalità del lavoro svolto durante il tirocinio

La modalità con cui si è svolto il lavoro durante il tirocinio, come già anticipato è stato dapprima comprendere il ruolo dell'ingegneria clinica e dei vari protagonisti all'interno dell'organizzazione dell'Azienda ULSS 9 e in particolar modo il ruolo dell'ingegnere clinico, che si è rilevato essere per lo più dedicato alla gestione delle apparecchiature biomedicali, non tanto per la manutenzione che comunque è attività "core" svolta dal servizio di ing. clinica, ma per l'assessment tecnologico presente e quello che potrebbe essere introdotto per migliorare le attività sanitarie.

In quest'ottica il lavoro svolto è stato condotto su un preciso ambito tecnologico con il seguente programma:

- Rilevazione di tutti gli ecotomografi presenti nelle sedi e nel territorio ULSS9 Scaligera e dello loro stato tecnologico: generazione tecnologia, dotazione sonde, interfacciabilità DICOM o no, presenza di software di refertazione per mezzo del loro gestionale;

- Rilevazione dell'utilizzo di tale tecnologia: chi li usa, in che modalità, con quale frequenza e in che ambito, interfacciandosi con il personale utilizzatore tramite interviste via e-mail, via meet o direttamente in presenza;
- Realizzazione di una mappa completa di quanto al precedente punto, denominata "ECOMAP";
- Creazione di una proposta di razionalizzazione e miglioramento della tecnologia ecografica.

Capitolo 2

Ingegneria Clinica

2.1 Il Servizio di Ingegneria Clinica

Le diverse attività svolte dal servizio di Ingegneria Clinica che ho potuto osservare da più vicino sono state queste:

- “Favorire la completa integrazione delle apparecchiature elettromedicali con il sistema dei software clinico assistenziali [4]”;
- “Provvedere alla gestione complessiva del patrimonio strumentale dell’Azienda, rappresentato dalle apparecchiature biomediche, al fine di assicurarne il supporto all’acquisizione, il collaudo, il corretto utilizzo, la manutenzione, la funzionalità e qualità di prestazioni nel tempo, nonché la dismissione o l’eventuale adeguamento tecnologico in ragione delle specifiche esigenze aziendali e in funzione dell’evoluzione normativa che regola l’ambito specifico;
- Attuare i programmi di sviluppo e investimento definiti dalla Direzione e/o dall’Azienda Zero, finanziati a carico del bilancio dell’Azienda, della Regione o dello Stato;
- Collaborare con le preposte strutture aziendali o regionali alla definizione dei contenuti tecnici di tutti i procedimenti amministrativi connessi con l’espletamento delle procedure previste per l’acquisizione di apparecchiature biomediche [4]”;
- Gestire le procedure di acquisizione di servizi manutentivi per apparecchiature elettromedicali che non siano svolte dal soggetto aggregatore regionale, da Consip-Agid-Spc, dell’UOC Provveditorato-Economato.

Il contributo che questo servizio fornisce quindi all’azienda ha carattere sia economico che qualitativo.

L'ingegneria clinica fa parte dell'Unità Operativa Complessa Servizi Tecnici e Patrimoniali che insieme ad altre unità complesse rappresentano i servizi tecnico amministrativi.

Qui sotto una schematizzazione:

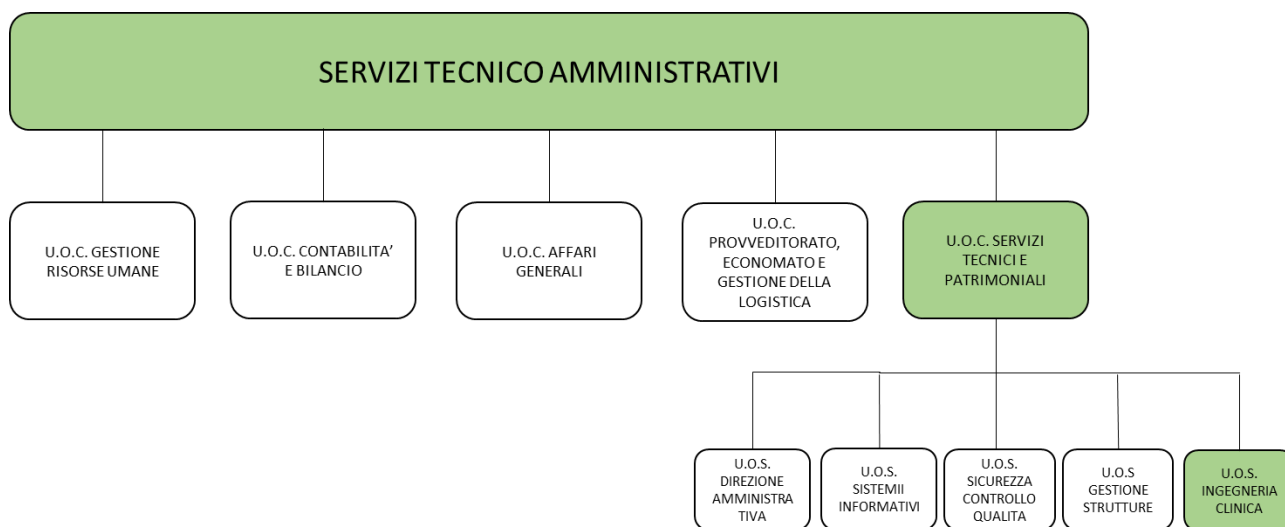


Fig. 2.1 Schematizzazione organizzazione dei servizi tecnico amministrativi

L'ingegneria clinica, inoltre, si avvale della collaborazione di una ditta di Global Service per la gestione manutenzione della maggior parte delle apparecchiature biomedicali, quelle riferite alle alte tecnologie (TAC, RM, angiografi digitali, diagnostiche RX digitali, mammografi digitali, acceleratore lineare, ...) vengono usualmente gestite con appalti specifici con i produttori o loro rappresentanti/fornitori.

2.2 Il ruolo dell'Ingegnere Clinico

“L'Ingegnere Clinico è il professionista che – sia all'interno di una organizzazione sanitaria pubblica o privata (Area Ospedaliera) sia tramite società di servizi o attività professionali (Area Servizi) – partecipa alla cura della salute garantendo un uso sicuro, appropriato ed economico della strumentazione e delle attrezzature biomedicali ed info - telematiche clinico - assistenziali in uso nei servizi sociosanitari [5]”.

La sua figura è entrata nel mondo della medicina e della realtà ospedaliera proprio in risposta a queste necessità in continuo aumento ed allo stesso tempo per garantire un adeguato interfacciamento fra il mondo delle scienze ingegneristiche (e della tecnologia) e della medicina, la quale, non può prescindere da un supporto tecnologico, per migliorare le proprie attività e fornire un servizio di assistenza sempre più efficace.

L'ingegnere clinico, nato come figura tecnica, ha subito un'evoluzione ed un progressivo ampliamento del suo ruolo verso attività di tipo più gestionale.

2.3 Il gestionale: BiogestNT

Ho potuto lavorare su un applicativo WEB dedicato alla gestione delle apparecchiature biomediche "BiogestNT" (della ditta HC Hospital Consulting). Tale software consente l'organizzazione delle informazioni, l'accessibilità ad esse ed un'ottimizzazione delle risorse destinate alle attività manutentive.

"Non è un software generico ma è stato sviluppato per rispondere alle specifiche esigenze del settore dell'Ingegneria Clinica [6]" e di chi svolge l'attività on-site ed è pertanto fortemente orientato alla conduzione dei servizi di Global Service di manutenzione.

Le principali caratteristiche di BiogestNT sono:

- Gestione dei dati relativi al dispositivo negli elenchi simile a quella dei fogli di calcolo di Excel;
- Possibilità di esportazione nei più comuni formati (Es.: EXCELTM, CSV, PDF etc.);
- Gestione dei ricambi, dei muletti, degli strumenti di misura;
- Archiviazione documentale;
- Acquisizione automatica e in tempo reale degli interventi redatti per mezzo di applicazione dedicata residente su dispositivo mobile assegnato al personale tecnico;
- Modulo di Gestione dei Protocolli di Attività Programmata;

- Modulo di Business intelligence;
- Modulo HTA che contiene le funzionalità specifiche della Health Technology Assessment;
- COMPATIBILITÀ CON LA NORMA UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

“L’applicativo BiogestNT si propone come strumento “proattivo” di gestione delle tecnologie biomediche, con lo specifico obiettivo di semplificare il lavoro a tutti coloro che ne devono governare l’intero ciclo vita, dall’acquisto alla manutenzione, dalla gestione della sicurezza alla dismissione [6]”.

L’organizzazione e la facilità di accesso alle informazioni consente agli utenti (Ingegneria Clinica, Direzione sanitaria, Dirigenti di Unità operative, Operatori sanitari) di prendere decisioni strategiche basate su dati oggettivi ed affidabili.

Capitolo 3

L'ecografia

3.1 Definizione di ecografia

L'ecografia o ecotomografia è una tecnica di diagnostica per immagini basata sugli echi prodotti da un fascio di ultrasuoni che attraversa un organo o un tessuto. “Il connubio ultrasuoni ed ecografia è operato per ottenere bioimmagini con un'ottima risoluzione temporale e innocuità per il paziente [7]”, consentendo anche un prolungato monitoraggio

E' una procedura operatore-dipendente, poiché vengono richieste particolari doti di manualità e di osservazione, oltre a cultura dell'immagine ed esperienza clinica, inoltre è caratterizzata da un costo relativamente moderato rispetto ad altre modalità di imaging diagnostico.

E' una tecnica di imaging considerata ormai di primo livello che in molti casi fornisce risposte esaustive al quesito diagnostico, in altri può indirizzare a un più mirato utilizzo di tecniche più complesse come la tomografia computerizzata (TC), la risonanza magnetica (RM) e l'angiografia.



Fig. 3.1 Ecotomografo



Fig. 3.2 Immagine ecografia fetale

3.2 Ultrasuoni e piezoelettricità

Gli ultrasuoni (US) sono onde sonore caratterizzate da frequenze al di sopra del range di frequenze udibili dall'orecchio umano: udibile $20\text{Hz} < f < 20\text{kHz}$; Ultrasuoni $f > 20\text{ KHz}$.

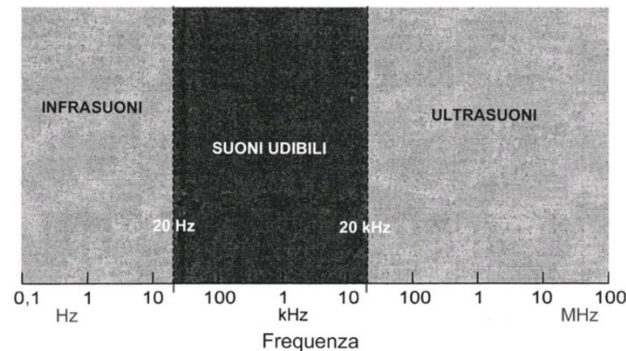


Fig. 3.3“Campi di frequenza entro cui vengono convenzionalmente identificati infrasuoni, suoni udibili e ultrasuoni [8]”

Le onde sonore sono onde meccaniche a cui è associata un'energia acustica che viene trasmessa da un punto all'altro attraverso un mezzo: quando un mezzo elastico è sottoposto ad una perturbazione questa viene propagata attraverso il mezzo come onda sonora meccanica tramite la vibrazione delle particelle. L'energia associata all'onda viene propagata con l'onda meccanica.

La perturbazione del mezzo può avvenire in due modi, in funzione di come viene applicata la forza ad un'estremità del mezzo e conseguentemente l'energia verrà trasmessa differentemente:

- se la forza è applicata parallelamente alla superficie del materiale l'energia si propaga trasversalmente;
- se la forza è applicata perpendicolarmente alla superficie del materiale si genera un'onda longitudinale dovuta all'alternarsi di zone di compressione e dilatazione delle particelle del materiale.

In ecografia vengono utilizzati ultrasuoni con propagazione longitudinale.

La velocità di propagazione dell'onda ultrasonica nel mezzo (c) è determinata dalle proprietà fisiche del mezzo stesso, in particolare dal coefficiente di comprimibilità (K) e dalla densità (ρ) secondo la relazione

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

Un'onda sonora è tempo dipendente e viene descritta da tre variabili spaziali:

- lo spostamento delle particelle del mezzo, associato alla compressione e dilatazione dell'onda acustica;
- la velocità delle particelle (v);
- la pressione acustica (p) che è nulla se non c'è l'onda.

Per onde a trasmissione longitudinale la pressione acustica si correla linearmente con la velocità delle particelle:

$$p = v \cdot Z$$

Dove Z è l'impedenza acustica caratteristica e misura la capacità di un materiale di opporsi a una pressione acustica (quanto le particelle vibrano):

$$Z = \rho \cdot c = \sqrt{\rho \cdot k}$$

L'unità di misura dell'impedenza acustica è il *rayl* [$\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$].

Tessuto/Mez zo	c (m/s)	ρ (Kg/m³)	Z (rayl) ·10⁶
Aria	333	0.0012	0.0004
Acqua	1480	1000	1.48
CSF	1515	1006	1.52
Cranio	4080	1912	7.80
Cervello	1505 - 1612	1030	1.55 - 1.66
Tessuto adiposo	1446	920	1.33
Arteria	1532	1103	1.69
Sangue	1566	1060	1.66
Muscolo	1542 - 1626	1070	1.65 - 1.74

Tab 3.1. Valori tipici di velocità di propagazione dell'onda, densità e impedenza acustica per tessuti e mezzi biologici

Nel momento in cui un'onda sonora si propaga in un mezzo ci sarà una diminuzione di ampiezza dell'onda che si riflette in un'attenuazione dell'energia.

La modellizzazione dell'attenuazione ha carattere empirico e segue la legge di Beer. Considerata una data direzione x, l'ampiezza è uguale all'ampiezza iniziale A_0 moltiplicata per un fattore esponenziale decrescente:

$$A(x) = A_0 \cdot e^{-\mu_A x}$$

dove μ_A è il coefficiente di attenuazione dell'ampiezza [1/cm].

Il coefficiente di attenuazione di un materiale è legato alla frequenza (f) da una costante (a) ed è ben modellizzato dalla relazione $\alpha = a \cdot f^b$ in cui spesso si approssima $b = 1$.

L'attenuazione del fascio ultrasonico avviene secondo la relazione 1dB/cm/MHz, il che vuol dire che aumenta non solo all'aumentare della frequenza ma anche con l'aumentare della profondità percorsa dall'onda. Più è alta la frequenza più sarà superficiale il campo di vista, più è bassa la frequenza più sarà profondo il campo di vista.

Definita la diminuzione di ampiezza in decibel (dB) come $20 \log_{10}(A(x)/A_0)$ è utile definire il coefficiente di attenuazione come $\alpha = 20 \log_{10}(e) \cdot \mu_A \cong 8.7 \mu_A$ [dB/cm].

Tessuto	α (dB/cm)
Sangue	0.18
Tessuto adiposo	0.6
Muscolo (attraverso la fibra)	3.3
Muscolo (lungo la fibra)	1.2
Cranio	20
Polmone	40
Fegato	0.9
Cervello	0.85
Reni	1
Acqua	0.0022

Tab. 3.2 Valori tipici del coefficiente di attenuazione per ultrasuoni con una frequenza di 1MHz

I fenomeni che causano l'attenuazione possono essere:

- Assorbimento: parte dell'energia trasportata dall'ultrasuono viene convertita in altre forme;
- Scattering: quando le dimensioni dell'ostacolo sono comparabili o più piccole della lunghezza d'onda dell'ultrasuono, l'ostacolo causa una dispersione dell'energia in varie direzioni;
- Riflessione e rifrazione: quando le dimensioni dell'ostacolo sono maggiori rispetto alla lunghezza d'onda dell'ultrasuono allora si avrà che parte del fascio viene riflessa e la restante parte trasmessa attraverso l'ostacolo con un'energia inferiore secondo il fenomeno della rifrazione.

- Si ha rifrazione quando un fascio ultrasonico attraversa l'interfaccia tra due mezzi e la sua direzione di propagazione cambia. Gli angoli di incidenza e di trasmissione dell'onda dipendono dalla velocità dell'ultrasuono in quel mezzo, la loro relazione è descritta dalla

Legge di Snell:
$$\frac{\sin \vartheta_i}{\sin \vartheta_t} = \frac{c_i}{c_t}$$

in cui ϑ_i e ϑ_t sono gli angoli di incidenza e di trasmissione dell'onda e c_i e c_t le velocità dell'ultrasuono nel primo e nel secondo mezzo.

L'angolo d'incidenza che determina la totale riflessione dell'onda viene chiamato angolo critico.

Nella maggior parte delle applicazioni diagnostiche degli ultrasuoni, si sfrutta la frazione di energia associata a ultrasuoni riflessi dalle interfacce tra diversi tessuti del paziente caratterizzati da impedenze acustiche differenti.

Si definiscono quindi i coefficienti di riflessione e di trasmissione che sono rispettivamente uguali alla frazione di pressione riflessa e alla frazione di pressione trasmessa:

$$R = \frac{p_r}{p_i} = \frac{Z_2 \cos \theta_i - Z_1 \cos \theta_t}{Z_2 \cos \theta_i + Z_1 \cos \theta_t}$$

$$T = \frac{p_t}{p_i} = \frac{2 Z_2 \cos \theta_i}{Z_2 \cos \theta_i + Z_1 \cos \theta_t}$$

in cui Z_1 e Z_2 sono le impedenze acustiche rispettivamente del primo e del secondo mezzo in cui passa l'onda sonora.

Ne derivano i coefficienti di intensità di riflessione e di trasmissione:

$$\frac{I_r}{I_i} = \left(\frac{Z_2 \cos \theta_i - Z_1 \cos \theta_t}{Z_2 \cos \theta_i + Z_1 \cos \theta_t} \right)^2$$

$$\frac{I_t}{I_i} = \frac{4 Z_1 Z_2 \cos^2 \theta_i}{(Z_2 \cos \theta_i + Z_1 \cos \theta_t)^2}$$

In ecografia gli ultrasuoni vengono generati e rilevati grazie all'effetto piezoelettrico (diretto e inverso) di alcuni materiali.

Nel tardo 1800 i fratelli Curie scoprirono che un campione di quarzo, posto tra due piatti conduttivi, se sottoposto a deformazione meccanica genera un potenziale elettrico tra i due piatti.

Questo fenomeno è chiamato effetto piezoelettrico diretto e viene utilizzato per generare un segnale elettrico in risposta ad un'onda incidente permettendo quindi la rivelazione degli ultrasuoni.

Per la generazione degli ultrasuoni invece si sfrutta l'effetto piezoelettrico inverso, ovvero si applica una differenza di potenziale agli estremi del cristallo che ne causerà la deformazione.

La temperatura sopra la quale un cristallo non mostra più capacità piezoelettriche si chiama Punto di Curie del cristallo. Nella scelta del materiale del trasduttore ultrasonografico è importante tenere in considerazione questo valore, molti cristalli infatti presentano proprietà piezoelettriche a temperature molto più basse della temperatura ambiente e perciò non sono adatti. I materiali più utilizzati per i trasduttori ultrasonici sono le ceramiche polimerizzate ferroelettriche come il Titanato di Bario (BaTiO_3) o il Titanato Zirconato di Piombo (PZT).

3.3 Apparecchiature ecografiche

Le apparecchiature ecografiche sono articolate in tre parti:

- “Una sonda che ha il compito di ricevere e trasmettere il segnale;
- Un sistema elettronico che riceve l’eco di ritorno, tratta il segnale ricevuto, genera l’impulso di trasmissione e pilota il trasduttore;
- Un sistema di visualizzazione [7]”;

Mi soffermo principalmente sulle sonde ecografiche, di maggior rilevanza in questo progetto.

Un trasduttore ultrasonico (sonda ecografica) è costituito da più elementi che vengono racchiusi in un *case* ed è collegato agli altri componenti elettronici tramite contatti elettrici.

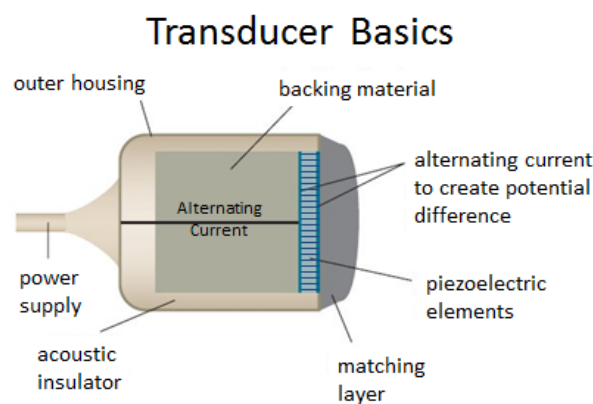


Fig. 3.4 Componenti di un trasduttore ultrasonico

I componenti base di una moderna sonda monocristallina sono:

- Il *matching layer* che serve per adattare l'impedenza acustica della sorgente ($\approx 30 \text{ Mrayl}$) con quella del materiale in esame (corpo umano $\approx 1.5 \text{ Mrayl}$). Ridurre al minimo la differenza di impedenza acustica consente di limitare i fenomeni di riflessione e rifrazione.
- Il *cristallo piezoelettrico*, vero e proprio trasduttore che genera e rileva gli ultrasuoni.
- Il *backing material*, posto dietro allo strato trasduttore ha il duplice scopo di limitare la durata dell'impulso e di attenuare le onde di ritorno in modo che non vengano riflesse o rifratte ulteriormente verso il trasduttore sporcando di rumore il segnale utile. Il backing material funge inoltre da supporto meccanico grazie al suo maggior spessore rispetto allo strato trasduttore.

Nel fascio ultrasonoro generato da un trasduttore si possono individuare due zone: quella prossimale, caratterizzata da un diametro pressoché costante, e quella distale, in cui il fascio diverge.

La relazione tra il diametro del trasduttore, la forma dell'onda e la lunghezza d'onda è data da

$$L = \frac{d^2}{4\lambda}$$

dove L è la distanza focale (estensione della zona prossimale).

Le sonde ecografiche monofrequenza lavorano a frequenza fissa, mentre con le sonde multifrequenza è possibile selezionare frequenze diverse in base alle necessità: frequenze maggiori danno risoluzione maggiore (avendo lunghezza d'onda minore) ma penetrano meno in profondità nell'organismo (avendo coefficiente di assorbimento maggiore).

A seconda della stimolazione dei cristalli piezoelettrici si possono avere due tipi di sonda:

- Sonda non phased-array (lineari): i cristalli piezoelettrici sono allineati e disposti secondo un opportuno segmento, vengono attivati in rapida successione temporale. Il fascio ultrasonico generato è lineare e viene fatto scorrere elettronicamente nella direzione della lunghezza del

dispositivo (scansione lineare). Vengono rilevati oggetti che si trovano nel piano del fascio, l'immagine prodotta è rettangolare.

- Sonda phased-array: gli elementi piezoelettrici allineati sono in numero molto elevato, vengono eccitati con un piccolo ritardo temporale tra l'uno e il successivo. È possibile variare l'angolo di incidenza del fascio senza dover modificare la posizione della sonda. Il fascio ultrasonico, così come l'immagine prodotta, è ristretto all'origine e diverge a ventaglio durante la propagazione.

In commercio esistono diversi tipi di trasduttori ecografici, la loro forma si differenzia in base ai campi di applicazione e alle relative esigenze diagnostiche:

- Sonde settoriali, caratterizzate da un ampio campo di vista in profondità, ma hanno accesso attraverso una piccola finestra acustica (cardiologia);
- Sonde lineari presentano un campo di vista uniforme sia in superficie che in profondità;
- Sonde curvilinee (Convex o Microconvex) hanno un campo di vista che si allarga radialmente, sono messi in evidenza in dettagli in superficie e determina una visione ampia in profondità(ostetricia).



Fig. 3.5 Sonda settoriale



Fig. 3.6 Sonda lineare



Fig. 3.7 Sonda convex

Il sistema elettronico centrale comprende due parti distinte, la sezione di trasmissione e la sezione di ricezione e trattamento del segnale, collegate ad un computer. Un orologio elettronico consente la sincronizzazione delle due parti.

Il sistema di visualizzazione (monitor) rappresenta le immagini ecografiche o color-Doppler rispettivamente in scala di grigi o a colori.

3.4 Modalità di rappresentazione dei segnali

Le immagini ecotomografiche prodotte dalla scansione delle sonde sono immagini di riflessione: l'onda ultrasonora che penetra nei tessuti, appartenenti alla sezione corporea prescelta dall'operatore, ritorna al trasduttore che l'ha generata sotto forma di varie eco, ogni eco corrisponde a un'interfaccia tra tessuti di diversa impedenza. L'eco viene convertita dal trasduttore in un segnale elettrico che produce un'immagine in scala di grigi a seconda dell'intensità dell'eco di ritorno.

Le principali modalità di rappresentazione dei segnali ecografici sono:

- A-MODE (Amplitude): rappresentazione monodimensionale in cui viene visualizzata l'ampiezza dell'eco in funzione della profondità, la quale è proporzionale al ritardo tra l'impulso trasmesso e la sua eco. Questa modalità fornisce informazioni sulla sola profondità delle interfacce incontrate dall'onda e attualmente il suo uso è limitato all'ecoencefalografia, per determinare la posizione della linea mediana del cervello, ed all'oftalmologia, per determinare le dimensioni delle strutture dell'occhio.
- B-MODE (Brightness): la visualizzazione delle eco è sempre monodimensionale, ma queste vengono rappresentate lungo la linea di propagazione come punti più o meno luminosi: il bianco corrisponde alla massima intensità (tessuto iperecogeno), mentre il nero corrisponde all'assenza di eco (tessuto anecogeno). I livelli di grigio rappresentano le sfumature intermedie di intensità tipiche di tessuti ecogeni o ipoecogeni. Anche in B-mode la posizione del punto dipende dal ritardo dell'eco rispetto all'emissione dell'impulso, cioè alla distanza

dell'interfaccia che ha generato l'eco stessa. Il risultato è la visualizzazione in scala di grigi di una sezione dell'organo in esame lungo la direzione di propagazione dell'onda. Questa tecnica di visualizzazione è la modalità più utilizzata in ecografia.

- **M-MODE (Motion):** visualizza i movimenti dell'oggetto osservato in funzione del tempo. Si può pensare costruita a partire da più scansioni B-mode in tempi successivi, riprodotte spostando ogni volta la retta B-mode in direzione perpendicolare alla retta stessa. La direzione del B-mode corrisponde all'asse x (profondità), la direzione perpendicolare definisce l'asse dei tempi. Si ottiene un'immagine bidimensionale nel piano (x,t). Viene utilizzata nello studio di strutture in movimento, come quelle cardiache.

3.5 Tecniche ecografiche

La tecnica ecografica può essere utilizzata per misurare con metodiche non invasive la velocità e quindi la portata del sangue, sfruttando l'effetto Doppler.

L'effetto Doppler consiste nel cambiamento apparente della frequenza o della lunghezza d'onda percepito da un osservatore che si trova in movimento rispetto alla sorgente o viceversa. Grazie a questo effetto si può ottenere una misura non cruenta della velocità del sangue all'interno dei vasi. La condizione necessaria affinché tale effetto possa essere sfruttato è che nel liquido ci siano delle particelle (riflettori) in grado di riflettere parte dell'energia ultrasonica incidente: tale compito viene svolto dai globuli rossi.

L'effetto Doppler viene utilizzato in ecografia secondo due modalità che si differenziano in base al sistema di emissione della sonda:

- **Doppler pulsato:** il trasduttore è costituito da un unico cristallo piezoelettrico che funziona sia da emettitore che da ricevitore dell'onda ultrasonora. Vengono inviati impulsi nello spettro degli ultrasuoni e, nell'intervallo tra un impulso e il successivo, la sonda funziona da

ricevitore. Questa tecnica fornisce un profilo delle velocità degli elementi di fluido in una sezione del vaso studiato.

- Doppler continuo: la sonda è composta da due cristalli piezoelettrici, uno che emette un'onda continua e l'altro che riceve le eco di ritorno. La tecnica consente di rilevare alte velocità. Lo svantaggio di questa modalità sta nell'incapacità di localizzare nello spazio la sorgente dell'eco, dato che l'onda è continua. Quindi, si misura la velocità su tutto il volume sonificato.

L'ecografia con modalità Doppler permette di individuare la presenza di restringimenti o di occlusioni a carico dei vasi arteriosi periferici: utilizzando la modalità *Eco-color Doppler*, si associano le informazioni morfologiche date da un'ecografia ad alta risoluzione alle informazioni emodinamiche del flusso sanguigno ottenute con il principio del Doppler. Quando il flusso ematico è diretto verso la sonda (anterogrado) la frequenza dell'eco è maggiore di quella dell'onda emessa e il flusso viene rappresentato come onda positiva (convenzionalmente rappresentata in colore rosso). Quando invece la frequenza dell'eco è inferiore a quella dell'onda emessa, il flusso risulta essere retrogrado e l'onda viene rappresentata come onda negativa (convenzionalmente in colore blu). La visualizzazione a colori del flusso sanguigno permette una più facile identificazione dei vasi e delle eventuali patologie.

Capitolo 4

Progetto “ECOMAP Ulss9 Scaligera”

4.1 Fasi del progetto

Il progetto “ECOMAP Ulss9 Scaligera” ha come obiettivo tracciare lo stato del parco tecnologico ecografico in ULSS9, al fine di produrre una proposta di razionalizzazione e miglioramento dell’uso della tecnologia ecografica.

La prima fase del progetto consisteva nel rilevare gli ecotomografi presenti nel territorio ULSS9 Scaligera. Questo è stato possibile partendo con l’uso del software gestionale BiogestNT, tramite il quale ho potuto estrarre l’inventario di tutti gli ecografi presenti e portarlo su un foglio Excel, popolato con tutti i dati necessari, che potevano essere modificati/elaborati in funzione di ciò che occorreva controllare: codici degli inventari sia biomedicali (quelli specifici del Global Service) sia dell’ULSS (quelli iscritti nel libro cespiti), marca, modello, numero di serie, Unità Operativa - reparto in cui si trovavano, anno ed importo d’acquisto.

A	B	C	D	G	H	I	J	K	L	
Codice	Codice padre	HCCode	Inventario ent	Costruttore	Modello	Struttura	Reparto	Anno acquist	Importo acqui	
F013862	F013862	2008013862		ESAOTE SPA	MYLAB 30 CV XVISION	CANILE	CANILE	2014	8500	
B004193	B004193	02310004193	244036	SIEMENS AG	SONOLINE ANTARES	CENTRI SANITARI POLIFUNZIONALI	POLIAMBULATORI PT	2007	65000	
B004185	B004185	02310004185		SIEMENS AG	ACUSON ANTARES PE	CENTRI SANITARI POLIFUNZIONALI	OSTETRICIA E GINECOLOGIA PT	2007	65000	
B001288	B001288	02310001288	210872	ESAOTE SPA	TECHNOS MP	CENTRI SANITARI POLIFUNZIONALI	POLIAMBULATORI			
B001920	B001920	02310001920	210310	SIEMENS AG	SONOLINE VERSA PRO	CENTRI SANITARI POLIFUNZIONALI	UROLOGIA			
L109750	L109750	01080109750	96635	ESAOTE SPA	MYLAB EIGHT EXP	CENTRI SANITARI POLIFUNZIONALI	RADIOLOGIA DIAGNOSTICA	2018	29017	
F013106	F013106	2008013106	189292	ALOKA CO LTD	SSD 4000 PROSOUND PUREHD	CENTRI SANITARI POLIFUNZIONALI	AMBULATORIO ECOGRAFIA			
F000700	F000700	2008000700	241700	GE HEALTHCARE	LOGIQ 7	CENTRI SANITARI POLIFUNZIONALI	RADIOLOGIA	2005		
F014329	F014328	2008014329	310367	ESAOTE SPA	MYLAB EIGHT EXP	CENTRI SANITARI POLIFUNZIONALI	RADIOLOGIA	2018	29449	
L109407	L109407	01050109407	85196	HITACHI MEDICAL CORP	EUB 7500	CENTRI SANITARI POLIFUNZIONALI	RADIOLOGIA DIAGNOSTICA	2013	18033	
F013695	F013695	2008013695	287283	BARD ELECTRO MEDICAL	SITE RITE 5	COLOGNA VENETA, VIA RINASCIM	HOSPICE COLOGNA	2012	8245	
F000694	F000694	2008000694	241694	GE HEALTHCARE	LOGIQ 9	COLOGNA VENETA, VIA RINASCIM	RADIOLOGIA	2005		
F011657	F011657	2008011657	177093	ALOKA CO LTD	SSD 5500 PROSOUND	COLOGNA VENETA, VIA RINASCIM	RADIOLOGIA			
B002432	B002432	02310002432	241927	ESAOTE SPA	TECHNOS MP	OSPEDALE DI MALCESINE Via Gard	PRONTO SOCCORSO	2006		
0003345		3345	2008011071	197116	PHILIPS MEDICAL SYSTEM	M 2540 A ENVISOR C	OSPEDALE DI MARZANA Piazza Lar	DIP. RIABILITAZIONE	2004	
0003322		3322	2008014766	002608	SAMSUNG ELECTRONICS	MYSONO U6	OSPEDALE DI MARZANA Piazza Lar	DIP. RIABILITAZIONE	2020	
0005701	0005701	2008013691	287281	BARD ELECTRO MEDICAL	SITE RITE 5	OSPEDALE DI MARZANA Piazza Lar	HOSPICE 'SAN GIUSEPPE'		8245	
F013662		2008013662	258173	SONOSITE INC	TITAN	OSPEDALE DI MARZANA Piazza Lar	HOSPICE 'SAN GIUSEPPE'	2009	13200	
F010317	F010317	2008010317	206296	ACUSON CORP	SEQUOIA 512	OSPEDALE DI MARZANA Piazza Lar	LUNGODEGENZA	2005		
0005661		5661	2008014047	303297	HITACHI MEDICAL CORP	ARIETTA V 70	OSPEDALE DI MARZANA Piazza Lar	RADIOLOGIA	2016	57666,67
0005674		5674	2008015471	19313	GE HEALTHCARE	LOGIQ S8	OSPEDALE DI MARZANA Piazza Lar	SENOLOGIA	2021	45188
F011094	F011094	2008011094	190993	HITACHI MEDICAL CORP	EUB 6500	OSPEDALE FRACASTORO SAN BON	ATTESA 16 AMB UROLOGIA BONF	2000		
0003420	0003420	2008014351	310371	GE HEALTHCARE	LOGIQ S8 XDCLEAR 2.0	OSPEDALE FRACASTORO SAN BON	BLOCCO OPERATORIO	2018	83146	
0003135	0003135	2008014348	NP	PHILIPS MEDICAL SYSTEM	EPIQ 7 C	OSPEDALE FRACASTORO SAN BON	CARDIOLOGIA	2018	64375	
0003099	0003099	2008013825	292098	PHILIPS MEDICAL SYSTEM	IE 33 X MATRIX	OSPEDALE FRACASTORO SAN BON	CARDIOLOGIA	2013	78350	
0000454	0000454	2008010639	184273	HITACHI MEDICAL CORP	EUB 525	OSPEDALE FRACASTORO SAN BON	ENDOSCOPIA	1998		
F013404	F013404	2008013404		SONOSITE INC	M TURBO	OSPEDALE FRACASTORO SAN BON	GRUPPO OPERATORIO	2011		
0000397	0000397	2008013385	265878	SIEMENS AG	ACUSON X 300	OSPEDALE FRACASTORO SAN BON	MEDICINA			

Fig. 4.1 Foglio Excel estratto dall’inventario ecografi

Ad ogni ecografo sono stati associati le sonde e altri dispositivi, in quanto tutti gli accessori di un'apparecchiatura ecografica presentano gli stessi codici padre. Dopo aver cercato l'inventario di questi ultimi con BiogestNT, filtrando gli Excel per inventario, gli estratti sono stati uniti in un unico foglio, evidenziando quali fossero gli ecografi presenti e i loro rispettivi strumenti.

Si notino nell'immagine qui sotto, gli ecografi in giallo, le sonde in bianco e i riproduttori di video in grigio.

Nei riquadri neri, indicati dalle frecce, sono messi in evidenza i codici padre, in coerenza con quanto spiegato sopra.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Codice	Codice padre	HCCode	Inventario ente	Classe	Descrizione	Costruttore	Modello
1	0008170	0008170	01050093477	39992	ECOTOMOGRFO PORTATILE	ECOTOMOGRFO PORTATILE	PHILIPS MEDICAL SYSTEMS	OPTIGO
2	0008171	0008170		NR	SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	AGILENT TECHNOLOGIES	21420 A
3	0002157	0002157	2008014792	2569	ECOTOMOGRFO	ECOTOMOGRFO	SIEMENS AG	ACUSON JUNIPER
4	0002160	0002157	2008014794	NR	SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	SIEMENS AG	ACUSON 5P1 PHASED ARRAY
5	0002159	0002157	2008014793	NR	SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	SIEMENS AG	5C1 ACUSON CONVEX
6	0002161	0002157	2008014795	NR	SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	SIEMENS AG	ACUSON 12L3
7	0002158	0002157	2008014796	NR	RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	SONY CORP	UP-D898DC
8	0007758	0007758	01050111396	026299	ECOTOMOGRFO PORTATILE	ECOTOMOGRFO PORTATILE	ESAOTE SPA	MYLAB XPRO 30
9	0007761	7758	01050111398	NR	SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	ESAOTE SPA	L4-15
10	0007762	0007758	01050111399	NR	SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	ESAOTE SPA	AC 2541
11	0007760	0007758	01050111397	NR	RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	SONY CORP	UP X 898 MD
12	F012677	F012677	2008012677	258391	ECOTOMOGRFO PORTATILE	ECOTOMOGRFO PORTATILE	SONOSITE INC	M TURBO
13	F012678	F012677	2008012678		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	FUJII FILM CORP	/
14	F012679	F012677	2008012679		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	FUJII FILM CORP	/
15	B008965	B008965	02310008965	003161	ECOTOMOGRFO	ECOTOMOGRFO	ALPINION MEDICAL SYSTEMS	E CUBE 8
16	B008967	B008965	02310008967		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	ALPINION MEDICAL SYSTEMS	P1-5 CT
17	B008968	B008965	02310008968		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	ALPINION MEDICAL SYSTEMS	L3-12 T
18	B008966	B008965	02310008966		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	ALPINION MEDICAL SYSTEMS	C1-6 CT
19	B008969	B008965	02310008969		RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	SONY CORP	/
20	F011433	F011433	2008011433	227590	ECOTOMOGRFO	ECOTOMOGRFO	GE HEALTHCARE	VIVID 7 PRO
21	F011436	F011433	2008011436		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	GE HEALTHCARE	4C
22	F011437	F011433	2008011437		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	GE HEALTHCARE	9L
23	F011434	F011433	2008011434	229304	RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	SONY CORP	UP D23 MD
24	B008485	B008485	02310008485	002826	ECOTOMOGRFO	ECOTOMOGRFO	GE HEALTHCARE	VOLUSON S 10
25	B008486	B008485	02310008486		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	GE HEALTHCARE	C1-5 RS
26	B008487	B008485	02310008487		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	GE HEALTHCARE	IC9 RS
27	B008488	B008485	02310008488		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	/	/
28	B008680	B008485	02310008680		SONDA ECOGRAFICA	SONDA ECOGRAFICA	/	/
29	B008623	B008485	02310008623		RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	RIPRODUTTORE VIDEO O DIGITALE	SONY CORP	UP D898 MD

Fig. 4.2 Estratto completo di un'apparecchiatura ecografica

Questa raccolta dati rappresentava il punto di partenza del progetto.

Il secondo step del progetto è stato quello di acquisire direttamente dagli utilizzatori ulteriori informazioni sull'effettivo stato di conservazione, di percezione della qualità espressa e sull'effettiva intensità/frequenza d'uso. Questa si è rivelata la parte più impegnativa di tutto il progetto come meglio illustrerò più avanti.

Per coinvolgere tutti gli utilizzatori, è stata mandata alle varie Direzioni Mediche una lettera informativa dell'attività che sarebbe stata svolta, in cui veniva chiesto il loro contributo per acquisire le informazioni necessarie a completare il quadro dello stato di tutte le apparecchiature ecotomografiche.

Con la suddetta si informava che il personale utilizzatore sarebbe stato coinvolto nella ricognizione degli ecografi e si spiegavano le modalità che avremmo usato per raccogliere i dati, ovvero per mezzo di interviste tramite e-mail, via meet o in presenza con gli utilizzatori.

La raccolta dati prevedeva la compilazione della "Scheda rilevazione uso ecografo" che veniva allegata alla lettera.



U.O.C. Servizi Tecnici e Patrimoniali

Direttore f.f. : ing. Luca Avesani

Via Poloni n. 17 – 37122 Verona

Tel. 0458075812 – Fax 0458075820

U.O.S. Direzione Amministrativa
 Resp.: dott. Claudio Cavaliere

U.O.S. Sistemi Informativi
 Resp.: dott. Giorgio Roncolato

U.O.S. Ingegneria Clinica
 Resp.: ing. Maurizio Casarotto

U.O.S. Sicurezza Qualità Patrimonio

U.O.S. Gestione Strutture
 Resp.: ing. Luca Avesani

Prot. n. _____

Verona _____

Spett.li

Direzioni Mediche Ospedaliere
 Direttore Funzione Territoriale

e p.c. UOC Controllo Gestione

Vari indirizzi

OGGETTO: tracciamento stato dell'arte del parco tecnologico ecografico

Si comunica che questo Servizio ha avviato un progetto per la rilevazione dello stato tecnologico e d'uso del parco ecografico presente nelle varie sedi dell'ULSS9 Scaligera attraverso il coinvolgimento del personale utilizzatore.

A tal fine chiediamo la vs. collaborazione e disponibilità per promuovere questa importante iniziativa presso tutti i reparti preavvisandoli. Si chiede inoltre di comunicarci eventuale vs. personale che riteniate opportuno coinvolgere in affiancamento al nostro.

Si procederà per tale rilevazione con interviste via email, via meet o in presenza con gli utilizzatori, utilizzando la "Scheda rilevazione uso ecografo" allegata.

Rimanendo a disposizione per ulteriori chiarimenti, si porgono distinti saluti.

*Il Responsabile U.O.S. Ing Clinica
 (ing. Maurizio Casarotto)*

Allegato :

"Scheda rilevazione uso ecografo"

Responsabile del procedimento: ing. Maurizio Casarotto UOS Ingegneria Clinica Tel 045 8075922; e-mail: ingegneria.clinica@aulss9.veneto.it
 Referente istruttoria: Diego Colato Tel: 045-8075989 E-mail: diego.colato@aulss9.veneto.it

Fig. 4.3 Lettera di comunicazione del progetto alle Direzioni Mediche

Scheda rilevazione uso ecografo

UTILIZZATORE	
NOME COGNOME	
DISCIPLINA	
EVENTUALI CORSI ESEGUITI SULL'USO DEGLI ECOGRAFI	
POSSESSO DI CERTIFICAZIONE (Professionale)	

CONFIGURAZIONE ECOTOMOGRFO	
INVENTARIO	
MARCA	
MODELLO	
UBICAZIONE	
SONDE UTILIZZATE	
SOFTWARE E FUNZIONI	
APPLICAZIONI DEL DISPOSITIVO	

MODALITA' D'UTILIZZO							
	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì	sabato	domenica
n. prestazioni							
tipologia							
dalle							
alle							
n. prestazioni							
tipologia							
dalle							
alle							
n. prestazioni							
tipologia							
dalle							
alle							

Tipologia:

- U = urgenza (ecografo che deve essere sempre disponibile)
- P = programmata (ecografo usato per esami programmati)
- D = degenza (ecografo utilizzato solo per pazienti ricoverati)
- L = libera (ecografo usato per attività libero-professionale)

STATO DISPOSITIVO	
PRO E CONTRO	
STATO DI CONSERVAZIONE (*)	
MOTIVAZIONE	
STATO DI FUNZIONAMENTO (**)	
MOTIVAZIONE	

(*) STATO DI CONSERVAZIONE (inserire la lettera corrispondente):

- O - ottima: l'apparecchio è in un ottimo stato di conservazione
- D - discreta: l'apparecchio è in un discreto stato di conservazione
- S - sufficiente: l'apparecchio si presenta in condizioni sufficienti
- I - insufficiente: l'apparecchio non si presenta in condizioni idonee, in questo caso motivare

(**) STATO DI FUNZIONAMENTO (inserire il numero corrispondente):

- 1 - pienamente rispondente: l'apparecchio da risultati soddisfacenti e permette una buona diagnostica
- 2 - discreto: l'apparecchio ~~da~~ nella maggior parte dei casi risultati soddisfacenti e permette una buona diagnostica
- 3 - sufficiente: l'apparecchio permette la diagnostica ma con un certo lavoro da parte dell'operatore clinico
- 4 - non del tutto sufficiente: l'apparecchio non permette sempre una sufficiente diagnostica, in questo caso motivare l'uso
- 5 - insufficiente: i risultati ottenuti danno un'idea ma non possono essere usati per una sicura diagnostica, in questo caso motivare l'uso
- 6 - inutilizzato, in questo caso motivare il non uso

Fig. 4.4 Scheda rilevazione uso ecografo

La scheda è composta da più sezioni: la prima, “Utilizzatore”, prevede i campi di compilazione riferiti appunto al compilatore-utilizzatore. Molto spesso l’utente non era un solo clinico, ma venivano considerati tutti quelli dell’equipe medica riferiti al reparto in questione.

Si chiedeva di specificare:

1. La disciplina, in modo da capire se il dispositivo (ecografo. software a bordo, sonde) rispecchiasse i fabbisogni necessari del reparto, ad es. sonda phased-array in cardiologia piuttosto che la endovaginale in ostetricia-ginecologia.
2. I corsi sull’uso degli ecografi e il possesso di certificazioni, che consentivano di individuare, laddove fosse necessario, il bisogno di una formazione più accurata sul dispositivo in uso.

Nella seconda sezione, “Configurazione ecotomografo”, i dati inseriti permettevano di verificare se quanto riportato negli estratti dal DB BiogestNT coincidesse con l’effettivo installato, se fossero quindi corretti gli inventari attribuiti ad ogni dispositivo, se fossero ubicati nel reparto indicato e se le sonde fossero effettivamente presenti e se venissero impiegate negli esami medici.

Questa sezione è risultata molto importante per avere il controllo sulla qualità dei dati in possesso all’ingegneria clinica.

La terza sezione è quella riguardante i dati sulla “Modalità d’utilizzo”. È importante, al fine di discriminare l’intensità d’uso e quindi quanto l’investimento connesso ad uno specifico strumento sia stato adeguato, conoscere la frequenza dell’utilizzo, il numero delle prestazioni, la fascia oraria e la tipologia d’uso: in degenza, programmata, d’urgenza o per la libera professione.

Quest’ultimo parametro occorre per capire i casi in cui, a fronte di un uso sporadico, è accettabile la collocazione di un ecotomografo in regime di urgenza in quanto tale strumento deve essere sempre disponibile a prescindere dall’effettivo uso. Diversamente è il caso di prestazioni programmate per cui l’apparecchiatura viene usata solo per esami programmati/prenotati, o di degenza in cui si fa riferimento solo ad attività su pazienti ricoverati. Per finire l’ultimo caso è quello di prestazioni

eseguite in regime di libera professione. Questi elementi erano fondamentali per capire come implementare nei migliori dei modi l'utilizzo di tali tecnologie.

Nell'ultima sezione, "Stato dispositivo", si chiede lo stato di conservazione e lo stato di funzionamento. Per lo stato di conservazione sono già state previste le possibili risposte: ottimo, discreto, sufficiente e insufficiente, nel caso di quest'ultima era richiesto di integrare con le motivazioni. Nell'analisi delle risposte pervenute ci si è accorti, che spesso la risposta era più motivata da considerazioni dello stato "visivo" dell'apparecchio da parte dell'utilizzatore (vecchio, giovane), piuttosto che dalla qualità stessa delle prestazioni. Per tale motivo tale parametro ha contribuito solo parzialmente a rilevare l'effettivo stato dell'ecografo e a mostrare invece quanto la percezione degli utilizzatori sia dipesa dalla soggettività degli stessi.

Per lo stato di funzionamento si voleva raccogliere una valutazione più tecnica, all'utilizzatore era richiesto di scegliere tra le seguenti risposte: pienamente rispondente, discreto, sufficiente, non del tutto sufficiente, insufficiente, inutilizzato. Negli ultimi tre casi era necessario spiegare il motivo della risposta.

Per procedere con il progetto, ho dovuto ricercare i contatti per ogni singolo reparto di ogni singola struttura, in questo mi è stato d'aiuto il sito istituzionale dell'ULSS 9. Mi sono relazionata inizialmente con il personale infermieristico, che quando non aveva le informazioni richieste scalava al medico competente o lasciava che io stessa mi mettessi in contatto con il medico.

Si è proceduto con interviste per telefono, dove si chiedeva dapprima se avessero ricevuto l'informativa del progetto e poi se avessero compilato l'annessa scheda. Spesso per una migliore comprensione delle risposte proponevo la mia collaborazione alla compilazione. Più volte non era sufficiente la sola intervista telefonica per cui prendevo appuntamento per essere direttamente sul campo, in tali frangenti ero accompagnata da un collaboratore tecnico del servizio di ingegneria clinica.

4.2 Considerazioni

La raccolta di questi dati non sempre è stata facile. Si sono potuti riscontrare diversi tipi di atteggiamenti nei confronti di questo progetto.

Chi ha subito colto l'occasione per migliorare il quadro del loro reparto, consegnando descrizioni ricche di dettagli sui dispositivi. Mettendo in evidenza punti deboli ma anche quelli forti. Talvolta proponendo loro stessi un modo per poter ottimizzarne l'uso o richiedendo corsi di formazione.

C'era chi invece non aveva percepito l'importanza di questo lavoro e lo vedeva fine a stesso o peggio ancora, una perdita di tempo.

In certi casi non era proprio possibile determinare alcuni dati, vi erano delle limitazioni in determinati reparti. Un esempio che rispecchia questa difficoltà è il pronto soccorso, in cui non essendoci prestazioni programmate non era semplice sapere la quantità di servizi erogati.

4.3 Risultati della raccolta dati

L'ULSS9 conta un totale di 160 ecotomografi in servizio per un costo complessivo all'azienda di circa 8.000.000,00 €, escluse le sonde.

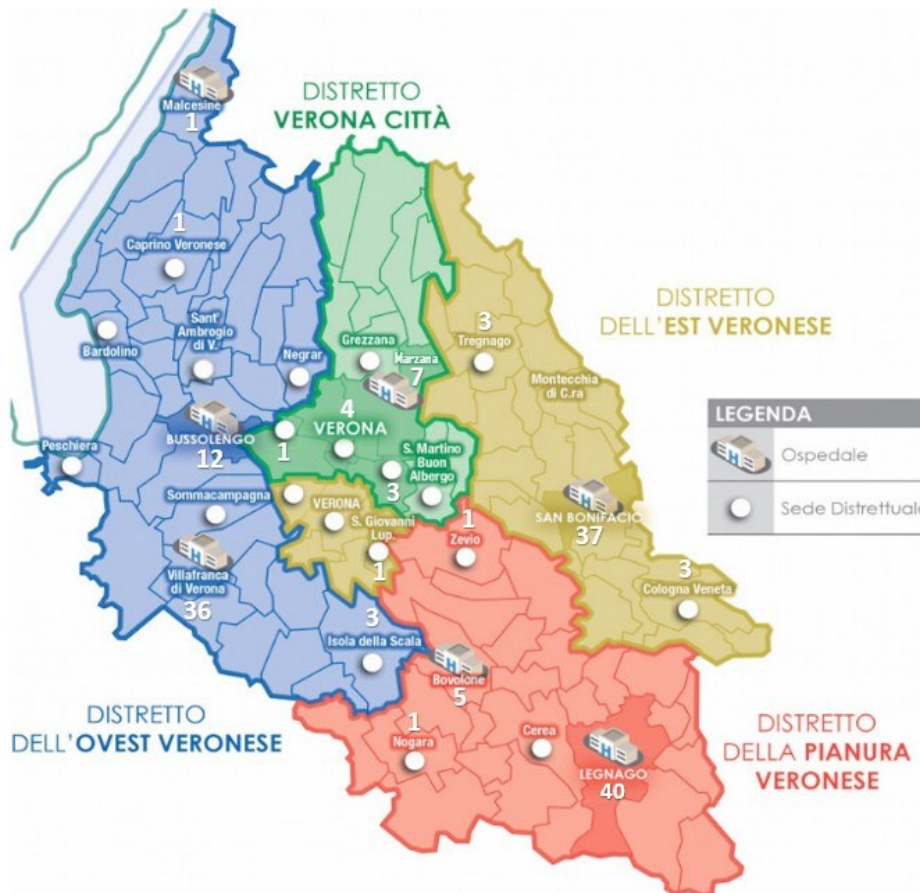
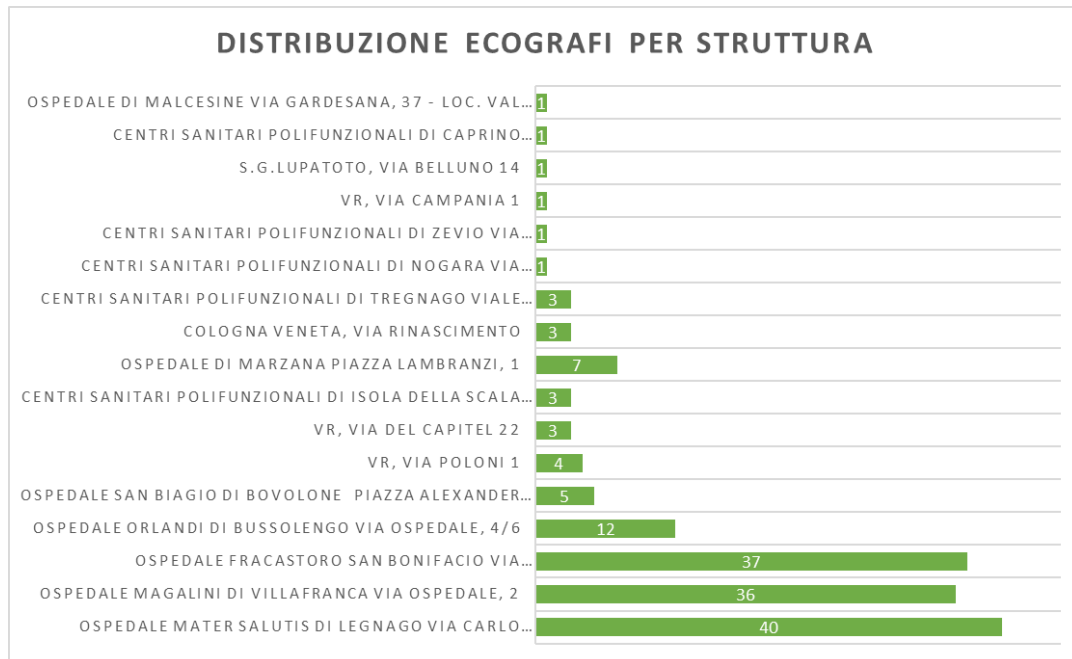


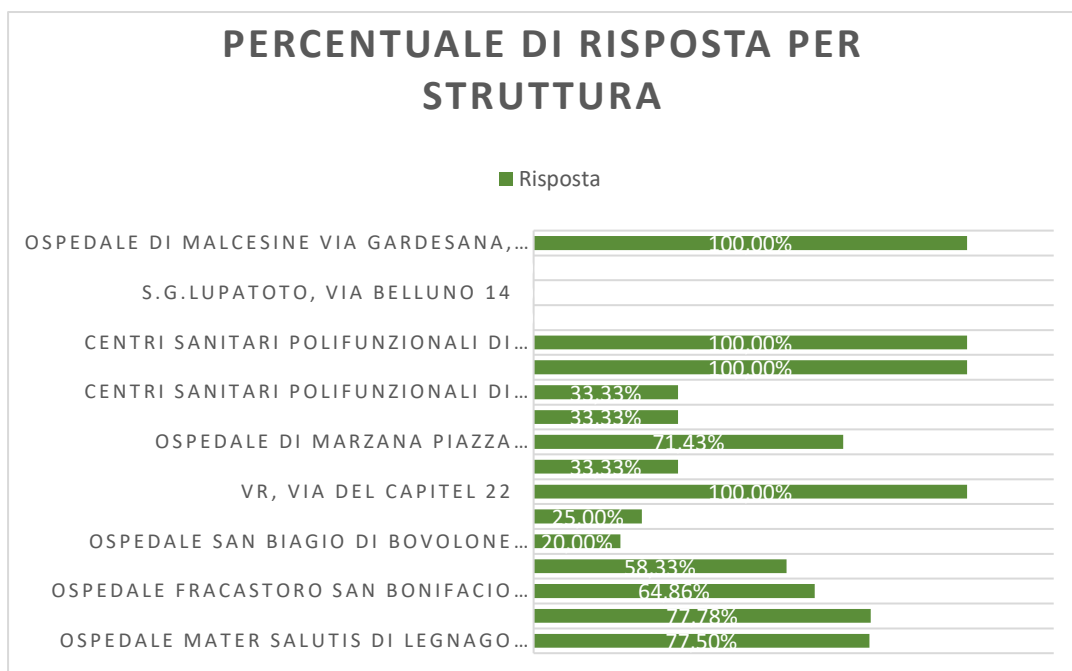
Fig. 4.5 Distribuzione degli ecografi su mappa

Oltre al prezzo, questi dispositivi sono importanti per il loro impiego nella maggior parte dei reparti: radiologia, ostetricia e ginecologia, cardiologia, urologia, endoscopia, pneumologia, pediatria, neurologia, nefrologia, geriatria, terapia intensiva, chirurgia e pronto soccorso.

Le schede compilate in risposta a questo progetto sono 106 e costituiscono il 66,67% degli ecografi.



Tab. 4.1 Distribuzione ecografi per struttura



Tab. 4.2 Percentuale di risposta per struttura

I dati raccolti dalle schede poi sono stati raccolti in un foglio Excel, in cui venivano indicati per ciascun ecografo la struttura, la collocazione, l'inventario, la marca/il modello, il tipo di sonde, lo stato uso clinico, lo stato tecnico, la tipologia e il numero di prestazioni giorno per giorno.

Il quantitativo di prestazioni è indicato da colori con rispettiva legenda. La tipologia è rappresentata dalle lettere D = degenza, L = libera, U = urgenza, P = programmata.

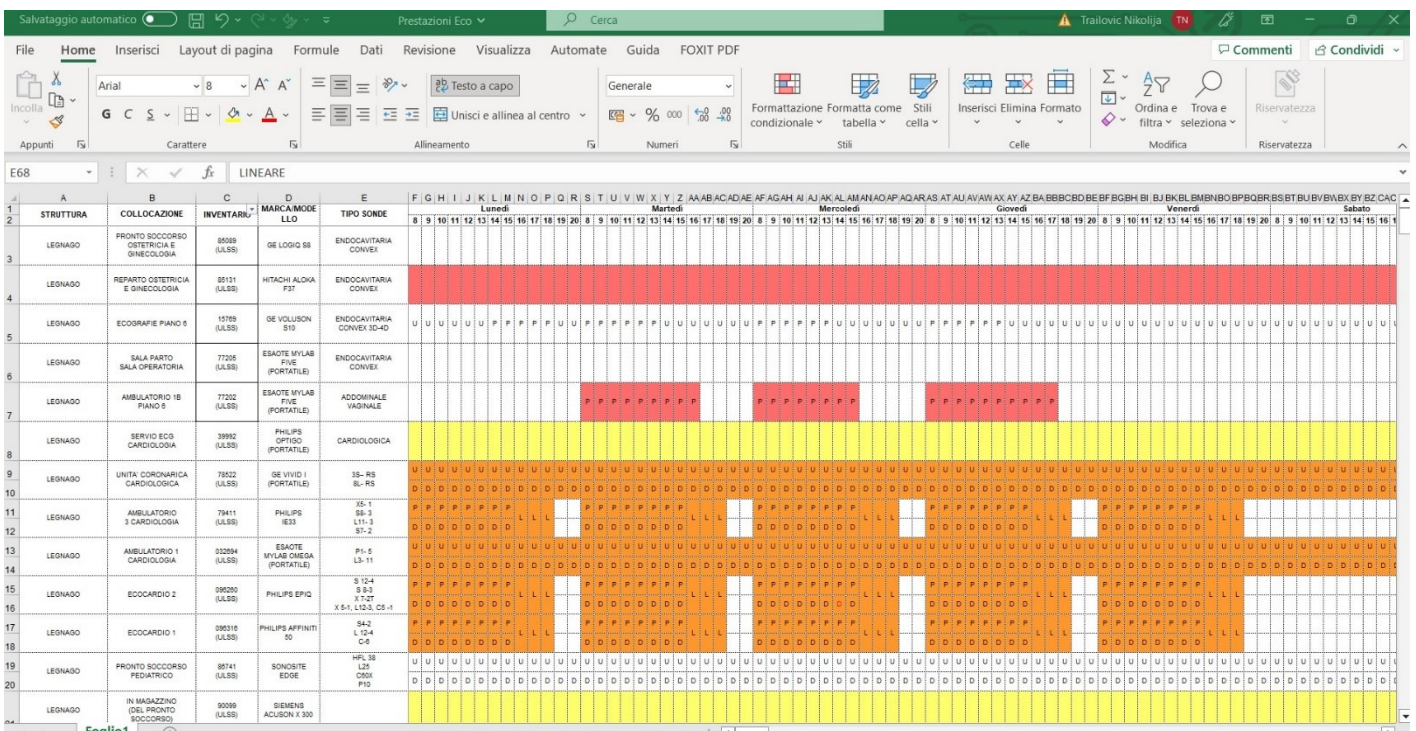


Fig. 4.6 Raccolta dati delle schede di rilevazione

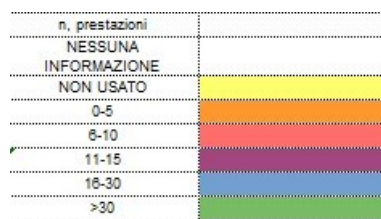


Fig. 4.7 Legenda numero di prestazioni

4.4 Analisi e valutazione - proposta di miglioramento

1^ ANALISI

La complessità rilevata dalla difficoltà di far capire un tale lavoro ai clinici.

2^ ANALISI

Con i dati raccolti è stato possibile all'ingegneria clinica fare delle valutazioni "macro" sulla distribuzione delle apparecchiature ed un confronto con il Controllo di gestione sulle prestazioni eseguite associate ai flussi che vengono aziendaliamente tracciati, ciò al fine di determinare situazioni di sovra o sottodimensionamento delle tecnologie.

3^ ANALISI

Con i dati raccolti è stato possibile all'ingegneria clinica fare delle valutazioni "micro" ovvero valutare le singole richieste di sostituzione/implementazione ricevute dai vari reparti e considerarne l'appropriatezza: ad es. richiesta di sostituzione di una macchina che era già stata oggetto di sostituzione (mantenuta solo come muletto), con ECOMAP è stato possibile tracciare che in effetti nello stesso reparto fossero presenti un'apparecchiatura recente usata frequentemente ed un'altra, quella oggetto della richiesta, con un uso sporadico, la conclusione presa dall'ingegneria clinica è stata di non procedere alla sostituzione e di comunicare al reparto che tale apparecchio andava comunque dismesso per obsolescenza funzionale.

PROPOSTA DI MIGLIORAMENTO

L'UOS Ing. clinica con i dati raccolti ha potuto redigere un più appropriato piano di sostituzione degli ecografi per obsolescenza tecnica e/o clinica, intercettando e riconducendo "falsi" bisogni da un lato e siti potenzialmente pronti ad aumentare la propria attività in termini di numeri e di qualità se dotati di migliore tecnologia.

Conclusioni

L'ecografia, come si è dimostrato durante il lavoro del tirocinio, è una delle tecnologie più diffuse nelle strutture ospedaliere, questo richiede una particolare attenzione alla gestione dell'apparecchiatura, al fine di garantire un servizio sanitario ottimale e di ottimizzarne i costi relativi. Questo compito è svolto dal Servizio di Ingegneria Clinica, che ha permesso la realizzazione del progetto, in cui, lo scopo principale è stato mappare lo stato del parco tecnologico ecografico, per determinare successivamente una proposta di miglioramento.

La raccolta dati, in determinati casi si è rivelata difficoltosa, in quanto non sempre è stato possibile ottenere le informazioni richieste, sia perché alcune discipline, per la loro attività, non riuscivano a fornire risposte accurate, sia perché molto spesso il progetto era equivocado. Il lavoro svolto ha comunque permesso di confrontare la collocazione e la configurazione (sonde e accessori) degli ecografi tracciati con la compilazione della "Scheda rilevazione uso ecografo", e le informazioni in possesso dall'azienda. Ha consentito, inoltre, una valutazione delle richieste di implementazione o sostituzione dei reparti, verificandone l'appropriatezza.

In questo modo il progetto si è rivelato utile all' U.O.S. di Ingegneria Clinica, in quanto ha permesso di elaborare un piano di sostituzione e acquisizione, laddove necessario, in modo efficace e rapido.

Ringraziamenti

Vorrei riservare questo spazio finale della mia tesi di laurea ai ringraziamenti verso tutti coloro che mi hanno supportato e sopportato durante il mio percorso universitario, tutti loro mi hanno aiutato al raggiungimento di questo traguardo.

Ringrazio innanzitutto il mio relatore, il professore Simone Del Favero, che si è reso disponibile a seguirmi nell'elaborazione della tesi e ad essere il tutor universitario per il tirocinio.

Ringrazio l'Ingegnere Maurizio Casarotto, non che il mio correlatore, che mi ha permesso di conoscere il ruolo dell'Ingegnere Clinico all'interno dell'Ulss 9 di Verona, e che mi è stato d'aiuto nella stesura della tesi.

Ringrazio tutto lo staff dell'Ingegneria Clinica, l'Ingegnere Giacomo Pintani, Diego Colato e dott.ssa Giada Sinopoli, che mi hanno accompagnato in questa esperienza.

Ringrazio infinitamente i miei genitori e mia sorella, sempre al mio fianco, nonostante tutto, e tutti gli amici che ho, e che hanno alleggerito questo percorso formativo.

Bibliografia

[1] Carta dei Servizi, ULSS9 Scaligera,

<https://www.aulss9.veneto.it/index.cfm?action=mys.apridoc&iddoc=7681>

[2] E' nata l'Ulss 9, https://www.aulss9.veneto.it/index.cfm?action=mys.news&news_id=2

[3] Atto aziendale di organizzazione e di funzionamento (aggiornamento delibera 860 del 30/08/2022)

https://trasparenza.aulss9.veneto.it/media/AULSS9/Trasparenza/Personale/Organigramma/ATT_Oaz_NOMI_modifica_1_ottobre_2022.pdf

[4] U.O.S Ingegneria Clinica,

https://www.aulss9.veneto.it/index.cfm?action=mys.page&content_id=630

[5] Il ruolo degli ingegneri clinici sulla sicurezza dei dispositivi medici,

https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pagineAree_3697_listaFile_itemName_15_file.pdf

[6] Gestione informatizzata delle tecnologie biomediche, applicativo full web biogestNt,

<https://www.convegnonazionaleiic.it/2018/gestione-informatizzata-delle-tecnologie-biomediche-applicativo-full-web-biogestnt/index.html>

[7] Valentina Maria Barberio, “Ultrasuoni ed ecografia: cos'è, differenze con l'Eco-Color-

Doppler”, 10 febbraio 2023, <https://biomedicalcue.it/ultrasuoni-ecografia-cose-differenze-eco-color-doppler/47370/>

[8] C. Guiot, R. Spagnolo, Ultrasuoni in medicina. Principi fisici ed applicazioni, UTET, 2010.G.

[9] J. Price, J. links, Medical Imaging Signals and Systems, Pearson Prentice Hall, 2014

[10] Haim Azhari, Basics of Biomedical Ultrasound for Engineers, John Wiley & Sons, 2010

[11] Carla Serra - Cristina Felicani, *Ecografia in Medicina Interna, Testo – Atlante*, Piccin, Padova, 2021