

# Progetto Lauree Scientifiche - Matematica Matematica e Ecocardiografia 2D

Liceo “F. Corradini” di Thiene

Anno Scolastico 2008/2009

## Sommario

In queste pagine viene descritto il progetto che aveva come scopo principale l’ampliamento delle funzioni del software di supporto alla refertazione MedStation 4 di Exprivia SpA ad immagini ecocardiografiche 2D. Il contributo in termini di innovazione scaturito dal progetto è legato all’implementazione di un algoritmo fondato sul teorema di Pappo che affianca il metodo di Simpson per la stima dei volumi di camere cardiache. Lo studio dell’argomento ha permesso di elaborare qualche contributo per la ricerca in didattica della Matematica.

## 1 Gruppo di lavoro

Il progetto si è concretizzato attraverso la collaborazione dei seguenti soggetti

1. **Exprivia SpA Corporate:** azienda leader nel campo dell’Information Technology per i mercati banche e finanza, industria, telecomunicazioni, utilities, trasporti, pubblica amministrazione e sanità. Conta un team di oltre 1200 persone distribuite fra la sede principale di Molfetta (BA) e le sedi di Milano, Roma, Vicenza, Trento, Piacenza e Bologna.
2. **Ospedale Civile di Thiene** – Reparto di Cardiologia
3. **Università di Padova** – Dipartimento di Matematica Pura e Applicata
4. **Liceo “F. Corradini” di Thiene**

organizzati in un gruppo di lavoro strutturato come segue:

- Coordinatore del gruppo: prof. Andrea Centomo (docente di Matematica e Fisica Liceo “F. Corradini” di Thiene)
- Referenti Exprivia SpA: Beato Pierluigi (project manager Ricerca e Sviluppo), dott.ssa Lucia Gecchelin<sup>1</sup> (analista programmatore e sviluppatore)

---

<sup>1</sup>Laurea in Matematica presso l’Università di Padova, Master MAMI Università di Milano Bicocca.

- Referenti Ospedale di Thiene: dr. Bortolo Martini<sup>2</sup> (primario), dr. Francesco Guglielmi
- Referente universitario: prof.ssa Paola Mannucci<sup>3</sup> (professore associato)
- docenti di Matematica e Fisica del Liceo “F. Corradini” di Thiene: prof. Giovanni Bettanin, prof. Lorenzo Meneghini
- gruppo di studenti selezionati da classi quarte e quinte del Liceo “F. Corradini” di Thiene appartenenti a diversi indirizzi di studio (scientifico, tecnologico e classico).

## 2 Argomento del progetto

La scelta dell’argomento per il progetto si è concretizzata durante la fase di ricerca di un’azienda partner interessata allo sviluppo di tematiche di Matematica Applicata. Tra le aziende contattate rientrava Exprivia SpA, la cui offerta sul mercato del software medicale si focalizza sulla commercializzazione di una piattaforma di integrazione dei processi clinico-diagnostici per le strutture ospedaliere pubbliche e private. Tra i vari componenti della piattaforma Exprivia rientra il software di supporto alla refertazione di immagini diagnostiche denominato MedStation 4.

L’obiettivo suggerito da Exprivia al gruppo di lavoro è stato il seguente:

**Studiare funzioni e algoritmi matematici base per l’estensione delle funzioni di refertazione di MedStation 4 ad immagini ecocardiografiche e implementarli al calcolatore.**

### 2.1 Motivazioni

Nell’orizzonte più generale degli scopi del Progetto Lauree Scientifiche per la Matematica il progetto proposto da Exprivia è sembrato subito molto interessante per diverse ragioni:

1. l’argomento ecocardiografia richiede conoscenze pluridisciplinari afferenti la Biologia, la Matematica e la Fisica in buona parte alla portata di uno studente motivato di Liceo;
2. le funzioni e gli algoritmi necessari per l’estensione delle funzionalità del software MedStation 4 presentano un chiaro interesse matematico nell’ambito dell’Analisi e del Calcolo Numerico, toccando anche aspetti elementari di dinamica dei fluidi e di propagazione di onde meccaniche (effetto Doppler);

---

<sup>2</sup>Cardiologo di fama internazionale, scopritore nel 1988 con A. Nava e G. Thiene della Sindrome di Brugada.

<sup>3</sup>Campo di ricerca: analisi, equazioni differenziali alle derivate parziali.

- una parte del progetto doveva essere dedicata alla programmazione e ciò rientrava nell'interesse del gruppo di studenti afferenti all'indirizzo tecnologico del nostro liceo che costituivano la maggioranza dei partecipanti.

### 3 Realizzazione del progetto

In questo paragrafo vengono descritte le varie fasi di realizzazione del progetto che sono riassunte nel diagramma di Gantt sottostante.

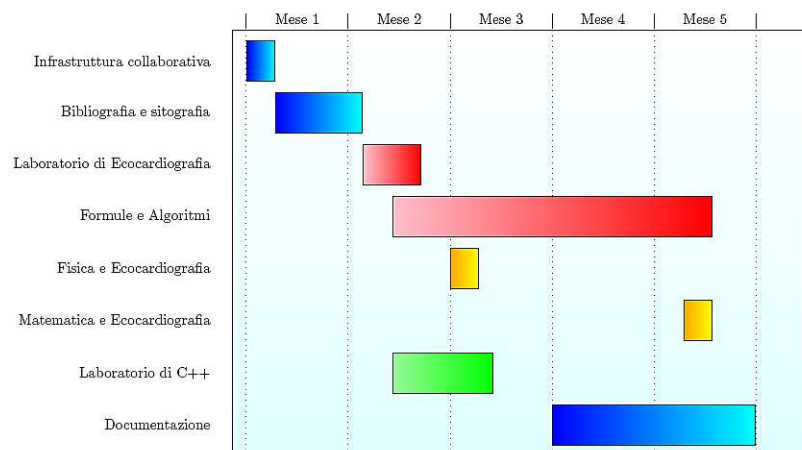


Figura 1: diagramma di Gantt del progetto

#### 3.1 Infrastruttura collaborativa

L'esperienza maturata nell'ambito del Progetto Lauree Scientifiche insegna che nella fase di realizzazione è utile disporre di una infrastruttura informatica collaborativa che assolva essenzialmente alle seguenti funzioni

- raccolta e strutturazione di materiali utili al progetto (articoli, link, ...) o che vengono elaborati durante il progetto (programmi, dispense, relazioni);
- comunicazione sincrona e asincrona tra tutti i partecipanti al progetto.

L'esistenza di un deposito strutturato di articoli e link consultabili in rete e la possibilità di disporre di ampi canali di comunicazione che superano l'esiguo numero di ore in presenza sono aspetti importanti per la buona riuscita del progetto. A questo scopo si è deciso di ricorrere

all'utilizzo della piattaforma di e-learning CorradiniMoodle, basata su Moodle<sup>4</sup>, che il Liceo Corradini mantiene dal 2006.

**Risorsa 1** *Il lettore interessato a visualizzare lo spazio Moodle utilizzato per il progetto può accedere come ospite a "Progetto Lauree Scientifiche 2008–2009" all'indirizzo <http://www.corradinimoodle.it/moodle/>.*

## 3.2 Bibliografia e sitografia

La selezione accurata di articoli e link e la loro raccolta in un ambiente strutturato hanno costituito una fase delicata del progetto.

Una prima parte della documentazione sull'ecocardiografia e sulla programmazione in C++ è stata raccolta dal coordinatore del progetto. Successivamente la sezione dedicata all'ecocardiografia è stata significativamente arricchita da articoli e link suggeriti dal dottor B. Martini. Exprivia ha contribuito con tutta la documentazione relativa alla programmazione C++.

## 3.3 Seminario introduttivo

Il progetto è stato presentato agli studenti in un seminario introduttivo tenuto dal coordinatore del progetto. Nel corso del seminario sono stati trattati i seguenti aspetti:

- principi generali di ecocardiografia e formule matematiche per la valutazione della funzionalità del ventricolo sinistro;
- refertazione ed estensione delle funzionalità di MedStation 4 a immagini ecocardiografiche;
- descrizione dell'infrastruttura collaborativa per i partecipanti al progetto.

**Risorsa 2** *I contenuti relativi all'ecocardiografia e allo studio del ventricolo sinistro sono compendati nella prima parte dell'articolo divulgativo A. Centomo, Matematica e Ecocardiografia, Polymath, Febbraio 2009. Copia del lavoro è disponibile online nel sito dell'autore: [www.webalice.it/andrea.centomo/pubblicazioni.html](http://www.webalice.it/andrea.centomo/pubblicazioni.html).*

## 3.4 Laboratorio di Ecocardiografia

A breve distanza dal seminario introduttivo, i partecipanti al progetto hanno partecipato a un Laboratorio di Ecocardiografia presso l'Ospedale di Thiene.

---

<sup>4</sup>Moodle è un software multiplatforma open source, ossia che viene rilasciato in Internet con il suo codice sorgente, con un copyright che ne sancisce la proprietà intellettuale e con licenza GPL, in modo da rendere il software liberamente copiabile, utilizzabile e modificabile da parte di tutti, impedendo allo stesso tempo che su di esso vengano aggiunte restrizioni che ne limitino l'uso libero.

Il dottor Francesco Guglielmi, dopo una breve introduzione sull'ecocardiografia Doppler, ha mostrato in dettaglio, utilizzando come "cavie" due studenti, come si esegue un esame ecocardiografico completo e quali siano i dati maggiormente significativi per la diagnostica. L'esposizione è stata accompagnata dall'illustrazione del funzionamento dell'ecocardiografo.

Questa fase del progetto è risultata particolarmente utile a chiarire quali fossero le funzioni che il software MedStation 4 avrebbe dovuto necessariamente incorporare per permettere di supportare una refertazione su immagini ecocardiografiche.

### 3.5 Laboratorio di C++ (I parte)

Dallo studio dei materiali bibliografici e da quanto appreso durante il Laboratorio di Ecocardiografia si è giunti alla conclusione che le funzioni e gli algoritmi da implementare in MedStation 4 erano riconducibili a:

1. calcolo di formule elementari che coinvolgono operazioni aritmetiche e radici;
2. calcolo di formule fisiche relative alla dinamica dei fluidi;
3. algoritmi per la valutazione numerica di aree e volumi.

Nel primo Laboratorio di C++ sono state poste le basi per poter implementare, seguendo le regole di programmazione utilizzate da Exprivia, le formule ecocardiografiche elementari: frazioni, indici cardiologici, Body Surface Area, formule empiriche per la valutazione di massa.

**Risorsa 3** *Esempi di codice C++ e di formule elementari sono esposti nella seconda parte dell'articolo divulgativo A. Centomo, Matematica e Ecocardiografia, Polymath, Febbraio 2009. Copia del lavoro è disponibile online nel sito dell'autore: [www.webalice.it/andrea.centomo/pubblicazioni.html](http://www.webalice.it/andrea.centomo/pubblicazioni.html).*

### 3.6 Laboratorio di C++ (II parte)

Nel secondo Laboratorio di C++ è continuata l'implementazione delle formule ecocardiografiche.

### 3.7 Seminario di Fisica dell'Ecocardiografia

Una parte delle formule di interesse in ecocardiografia sono legate a nozioni di propagazione di onde meccaniche (formula di Doppler) e di dinamica dei fluidi (equazione di continuità e equazione di Bernoulli per l'ecocardiografia).

Dal momento che la preparazione degli studenti partecipanti risultava carente in questo ambito, è stato organizzato un seminario di approfondimento durante il quale

1. si è dedotta rigorosamente la formula di Doppler chiarendone il suo uso ecocardiografico come strumento per dedurre la velocità del flusso ematico;
2. si è introdotta l'equazione di continuità mostrandone le applicazioni al calcolo delle aree valvolari e degli orifizi rigurgitanti (metodo PISA);
3. si è introdotta l'equazione di Bernoulli semplificata evidenziando come essa permetta il calcolo delle formule relative ai gradienti pressori.

**Risorsa 4** *Parte dei contenuti relativi alla Fisica dell'Ecocardiografia sono esposti nelle dispense Dinamica dei Fluidi e Ecocardiografia Doppler disponibili nello spazio Moodle utilizzato per il progetto cui si può accedere come ospite a "Progetto Lauree Scientifiche 2008 – 2009" dall'indirizzo <http://www.corradinimoodle.it/moodle/>.*

### 3.8 Seminario di Matematica dell'Ecocardiografia

Durante l'indagine ecocardiografica viene ricorrenemente utilizzata la funzionalità di calcolo dell'area di una regione che il medico contorna con il mouse sull'immagine. Da un punto di vista del software ciò equivale a richiedere l'implementazione di funzioni che date in ingresso le coordinate dei vertici di un poligono restituiscano la sua area.

Nella prima parte del seminario è stata descritta la formula di Surveyor che permette questo calcolo.

Un secondo problema, più complesso, riguarda la stima di volumi di camere cardiache a partire da sezioni piane. In questa fase del progetto si è resa necessaria la collaborazione del referente universitario prof.ssa Paola Mannucci.

Nella letteratura ecocardiografica la determinazione dei volumi viene affrontata in modi diversi:

- a) attraverso formule empiriche (non raccomandata);
- c) attraverso formule approssimate che utilizzano misure piane;
- b) con metodi che si riconducono al metodo di Simpson (nelle sue varianti monopiano e biplano).

Nel corso di alcune discussioni con il referente universitario ci si è resi conto di un fatto piuttosto singolare; nella letteratura ecocardiografica per il calcolo dei volumi, da una parte si ricorre molto spesso all'ipotesi di simmetria rotazionale delle camere cardiache, dall'altra appaiono solo sporadici riferimenti al teorema di Pappo sul volume del solido di rotazione. Approfondendo la ricerca si scopre che in realtà esiste una formula facilmente implementabile che permette di calcolare in modo esatto il volume di un solido ottenuto per rotazione attorno a un asse di un poligono di cui siano note le coordinate dei vertici.

La formula di Pappo è stata successivamente incorporata nel software di refertazione di Exprivia andando ad affiancare i metodi tradizionali.

## 3.9 Documentazione

Il progetto è stato documentato in tutti i suoi passaggi e arricchito da documentazione di carattere didattico.

### 3.9.1 Disseminazione

Le ricerche elaborate nel corso di un progetto che nasce sul terreno extra-curricolare dell'orientamento universitario hanno curiosamente permesso di individuare una serie di elementi di interesse generale per la didattica della Matematica curricolare:

1. nel lavoro citato sopra A. Centomo, *Matematica e Ecocardiografia*, Polymath, Febbraio 2009 si è evidenziato come l'ecocardiografia permetta di sviluppare tematiche di matematica di base importanti in parallelo con lo studio delle strutture elementari del linguaggio di programmazione C++ (cicli, funzioni, strutture condizionali). Riuscendo a porre lo studente di fronte all'informatica non come utilizzatore ma, nel suo piccolo, come progettista di software di simulazione.
2. nella conferenza "Pigreco nel Cuore", che il prof. A. Centomo ha tenuto al Politecnico di Torino in occasione del Piday 2009<sup>5</sup> e che ha visto la partecipazione di circa quattrocento tra docenti e studenti dei Licei di Torino, si è evidenziato come la diagnostica di routine delle patologie cardiovascolari, che fa leva sull'ecocardiografia 2D, si basi in modo sostanzialmente esclusivo su conoscenze disponibili già ad Archimede nel III secolo prima di Cristo.

## 4 Autovalutazione del progetto

L'analisi in termini di punti di forza e punti di debolezza ci sembra un momento ineludibile per poter poi trarre delle conclusioni sull'andamento del progetto. Iniziamo dai molti punti di forza

- contributi allo sviluppo: è davvero singolare che da un progetto scolastico nasca un contributo originale a un progetto aziendale! L'idea nostra di affiancare nel software di refertazione l'algoritmo standard implementato dagli ecocardiografi per la valutazione dei volumi con un algoritmo che implementa il Teorema di Pappo è stata accolta con interesse dall'azienda in quanto elemento di innovazione;
- valenza culturale e orientante per lo studente
  1. diversificazione dei partecipanti: il progetto ha permesso agli studenti di toccare la realtà aziendale dello sviluppo di software, di interagire con una struttura ospedaliera importante e, in modo meno diretto, di relazionarsi al mondo della ricerca universitaria su problemi applicativi;

---

<sup>5</sup><http://www.webalice.it/andrea.centomo/conferenze.html>

2. alto profilo scientifico dei partecipanti: gli studenti hanno potuto godere del contatto di personalità scientifiche e aziendali di alto livello;
  3. orientamento: il livello di difficoltà dei problemi posti era adeguato al livello culturale degli studenti e conseguentemente è stato possibile simulare l'ambiente di ricerca e sviluppo nella maniera più prossima possibile alla realtà del mondo del lavoro e della ricerca. Ciò ha permesso agli studenti di rendersi conto di come effettivamente opera un matematico applicato che si dedica allo sviluppo di software medicale;
  4. conoscenze e competenze: gli studenti hanno consolidato conoscenze curricolari, hanno appreso nuovi concetti e messo il piede nel mondo della programmazione informatica che per molti era qualche cosa di sconosciuto;
- autoaggiornamento: i docenti partecipanti al progetto in definitiva si sono sottoposti a un percorso di autoaggiornamento, potendo godere dell'influsso benefico dovuto all'interazione con il mondo della realtà aziendale e dell'università;
  - ricerca didattica: come evidenziato sopra, discutendo della disseminazione, sul terreno extra-curricolare di un progetto di orientamento universitario sono curiosamente spuntati piccoli contributi di interesse generale per la didattica della Matematica curricolare.

Veniamo ora agli, invero pochi, punti di debolezza:

- dagli studenti, che hanno partecipato con assiduità alle attività proposte, sono venuti pochi contributi attivi in termini di stesura di codice e di soluzione dei problemi che si frapponivano al raggiungimento dell'obiettivo aziendale.

A questo proposito, anche se non costituisce discolta, si vuole evidenziare che gli studenti motivati che hanno partecipato al PLS durante la partecipazione sono stati letteralmente bombardati da offerte formative extra-curricolari: olimpiadi e giochi della Matematica, della Fisica, progetto Tandem, progetti di approfondimento della lingua inglese, progetti di approfondimento delle Scienze e chi più ne ha più ne metta.

Dal confronto di punti di forza e di debolezza non possiamo che concludere che si è trattato di un'esperienza straordinariamente positiva.

## 5 Appendice A – Utilizzo risorse umane

In questo paragrafo viene descritto l'utilizzo delle risorse umane per la parte inerente le attività laboratoriali e seminariali.

### 1. Seminario introduttivo

- Dove: Liceo Corradini di Thiene
- Quando: dalle ore 13.30 alle ore 14.30 del 10 novembre 2008
- Relatore: prof. Andrea Centomo
- Presenti: prof. G. Bettanin e prof. L. Meneghini

### 2. Laboratorio di Ecocardiografia

- Dove: Ospedale di Thiene
- Quando: dalle ore 14 alle ore 17 del 25 novembre 2008
- Relatore: dr. F. Guglielmi
- Presenti: prof. A. Centomo

### 3. Laboratorio di C++ (I parte)

- Dove: Laboratorio di Informatica sede Centrale
- Quando: dalle ore 15 alle ore 18 del 28 novembre 2008
- Relatore: prof. Andrea Centomo
- Presenti: prof. G. Bettanin e prof. L. Meneghini

### 4. Laboratorio di C++ (II parte)

- Dove: Laboratorio di Informatica sede Scientifico
- Quando: dalle ore 15 alle ore 18 del 18 dicembre 2008
- Relatore: dott.ssa L. Gecchelin e prof. A. Centomo

### 5. Seminario Fisica dell'Ecocardiografia

- Dove: Liceo Corradini di Thiene
- Quando: dalle ore 15 alle ore 18 del 19 dicembre 2008
- Relatore: prof. L. Meneghini
- Presenti: prof. G. Bettanin e prof. A. Centomo

### 6. Seminario Matematica dell'Ecocardiografia

- Dove: Liceo Corradini di Thiene
- Quando: dalle ore 15 alle ore 18 del 7 gennaio 2009
- Relatore: prof. G. Bettanin
- Presenti: prof. L. Meneghini e prof. A. Centomo

## 6 Spese

Le seguenti spese sono state sottoposte per la rendicontazione PLS:

1. Prof. Andrea Centomo: 16 ore in presenza e 14 ore di preparazione materiali. Totale 30 ore.
2. Prof. G. Bettanin: 10 ore.
3. Prof. L. Meneghini: 10 ore.
4. Prof.ssa Paola Mannucci: 5 ore di consulenze per le problematiche di matematica.

# Indice

<b>1</b>	<b>Gruppo di lavoro</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Argomento del progetto</b>	<b>2</b>
2.1	Motivazioni . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Realizzazione del progetto</b>	<b>3</b>
3.1	Infrastruttura collaborativa . . . . .	3
3.2	Bibliografia e sitografia . . . . .	4
3.3	Seminario introduttivo . . . . .	4
3.4	Laboratorio di Ecocardiografia . . . . .	4
3.5	Laboratorio di C++ (I parte) . . . . .	5
3.6	Laboratorio di C++ (II parte) . . . . .	5
3.7	Seminario di Fisica dell'Ecocardiografia . . . . .	5
3.8	Seminario di Matematica dell'Ecocardiografia . . . . .	6
3.9	Documentazione . . . . .	7
3.9.1	Disseminazione . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Autovalutazione del progetto</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Appendice A – Utilizzo risorse umane</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Spese</b>	<b>9</b>