

## **Laurea Triennale in INGEGNERIA BIOMEDICA**

### **a) Obiettivi del Corso di Laurea**

L'Ingegneria Biomedica è una disciplina che utilizza metodologie e tecnologie dell'ingegneria elettronica, informatica, meccanica e chimica per affrontare problemi relativi alle scienze della vita. L'Ingegneria Biomedica è riconosciuta universalmente come una disciplina emergente volta a generare una migliore comprensione dei fenomeni biologici ed a produrre tecnologie per la salute con beneficio per la società (definizione del Massachusetts Institute of Technology, USA, 1999).

L'Ingegneria Biomedica opera in diversi ambiti, quali quello tecnologico, industriale, scientifico, clinico e ospedaliero. L'obiettivo che essa si pone è duplice: il miglioramento delle conoscenze relative al funzionamento dei sistemi biologici e lo sviluppo di nuove metodologie e dispositivi diagnostici, terapeutici e riabilitativi. Le metodologie di base dell'Ingegneria Biomedica riguardano: modellistica dei sistemi fisiologici; descrizione dei fenomeni elettrici e/o magnetici; elaborazione di dati, segnali e immagini; strumenti per lo studio e la progettazione di dispositivi ed impianti medicali, di materiali naturali e artificiali, di tessuti, apparati ed organismi; metodi di analisi del legame struttura-proprietà caratteristico dei biomateriali e delle strutture biomeccaniche; metodi per la gestione e la trasmissione di informazioni mediche. Le tecnologie includono: la strumentazione biomedica e biotecnologica (dai componenti elementari ai più complessi sistemi ospedalieri); le protesi, i robot per applicazioni biomediche, i sistemi intelligenti artificiali; i sistemi per la gestione e l'organizzazione sanitaria; i sistemi informativi; l'informatica medica; la telemedicina.

I principali ambiti di studio dell'Ingegneria Biomedica sono pertanto i seguenti:

- biomeccanica, biomateriali, fenomeni di trasporto, organi artificiali e protesi
- modellistica, simulazione e controllo dei sistemi fisiologici
- analisi di dati e segnali biologici e di bioimmagini
- biosensori, biomeccatronica, robotica biomedica
- informatica biomedica e bioinformatica
- strumentazione biomedica

In Italia, il settore dell'Ingegneria Biomedica sta vivendo un periodo di forte crescita. Il numero di professori ordinari, associati e ricercatori afferenti ai due

settori scientifico disciplinari di Bioingegneria è salito nel 2007 a 148. Ciò ha permesso di raggiungere una produzione scientifica ai livelli dei paesi più avanzati. Alle capacità di ricerca e innovazione si associa anche quella di saper valorizzare economicamente l'attività di ricerca, ossia di tradurre in prodotti e processi economicamente vantaggiosi le scoperte, le innovazioni e le "opere dell'ingegno", con decine di brevetti nel settore della Bioingegneria depositati da inventori accademici. Anche il numero crescente di immatricolati nei vari corsi di Laurea in Ingegneria Biomedica e di Laurea Magistrale in Bioingegneria presenti sul territorio nazionale testimonia il crescente interesse nel settore, sia per ragioni culturali che di sbocchi professionali. Padova è stata tra le prime sedi in Italia a cogliere l'importanza strategica dell'Ingegneria Biomedica, in particolare istituendo:

- nel 1968 il Corso di Elettronica Biomedica, primo insegnamento nel settore della Bioingegneria nelle Università italiane,
- nel 1968 il Laboratorio di Elettronica Biomedica del Consiglio Nazionale delle Ricerche (oggi Istituto di Sistemistica e Bioingegneria LADSEB-CNR),
- nel 1992 l'Indirizzo Biomedico nella Laurea in Ingegneria Elettronica,
- nel 1994 il Diploma Universitario di Ingegneria Biomedica nella sede di Vicenza (attivo fino al 2000),
- nel 2000 il Dottorato di Ricerca in Bioingegneria (trasferimento del Dottorato Consortile con Politecnico di Milano, Università di Genova, Pavia e Pisa istituito nel 1985).

## **b) Profilo professionale previsto**

L'ingegnere biomedico si occupa di sistemi biologici, che sono molto più complessi dei più sofisticati sistemi tecnologici. In particolare, tra i compiti dell'ingegnere biomedico ci sono quelli di:

### sviluppare

- metodi quantitativi per lo studio dei sistemi biologici e fisiologici
- metodi di analisi di dati biologici
- metodi di elaborazione ed analisi di segnali e immagini biologiche e mediche

### progettare e realizzare

- biomateriali; biosensori; dispositivi, apparecchiature e sistemi per la diagnosi e la terapia
- organi artificiali e protesi; sistemi di supporto funzionale e ausili per i disabili

- sistemi di supporto alla decisione clinica; sistemi informativi sanitari; reti di telemedicina

collaborare

- alla gestione dell'assistenza sanitaria, soprattutto per l'appropriata acquisizione e gestione di apparecchiature e di sistemi informativi.

L'ingegnere biomedico deve quindi avere, oltre ad una formazione ingegneristica di base di tipo tradizionale (matematica, fisica, chimica, elettrica, elettronica, informatica, sistemistica, meccanica e gestionale), conoscenze nell'ambito della biologia e della fisiologia. Tale formazione culturale non è di tipo specialistico ma ad ampio spettro, per consentire di adeguarsi con facilità alla continua evoluzione delle tecnologie ed al mutare delle esigenze del settore produttivo e della sanità. La formazione dell'ingegnere biomedico gli consente quindi di operare, a diversi livelli, nella vasta gamma di attività industriali e di servizio in cui è necessario affrontare le problematiche dell'impatto delle tecnologie sull'uomo e, più in generale, sul mondo biologico.

### **c) Sbocchi professionali**

Uno dei nodi da sciogliere per aumentare la competitività del Paese è senza dubbio la ricerca, l'innovazione e il capitale umano. Soprattutto l'innovazione in campo tecnologico, che assorbe manodopera istruita e qualificata, alza la redditività del capitale investito, induce strategie di espansione e alleanze a livello trans-nazionale, genera valore aggiunto ed efficienza anche a vantaggio delle imprese di dimensioni più piccole e dei settori posti lungo l'intera filiera produttiva. La Bioingegneria costituisce un settore in cui è utile investire in innovazione per garantire la crescita del prodotto nazionale lordo grazie alla capacità dei ricercatori del settore di produrre innovazione tecnologica. Infatti, la Bioingegneria affronta problematiche di grande interesse scientifico e sociale, offrendo nello stesso tempo importanti prospettive di sviluppo sia per la ricerca scientifica e tecnologica di base sia per le applicazioni cliniche ed industriali.

Gli studi di mercato nel settore biomedicale, indicano, in tutti i paesi avanzati, una crescita di tutto il comparto. Tale crescita risulta mediamente moderata ma costante nel tempo, con picchi in alcuni settori a tecnologia più elevata. Lo stato attuale del mercato mondiale di prodotti medicali vede l'Europa come secondo mercato (26%) in termini di fatturato dopo gli Stati Uniti (41%) con il Giappone al terzo posto (18%). In Europa, la Germania è il paese leader, con una quota di mercato del 34%, seguita dalla Francia con il 17%, dall'Italia con il 12%, dal Regno Unito con il 9%, e

dalla Spagna con il 7% (tutti gli altri paesi europei insieme rappresentano il 21%). Accanto agli ambiti tradizionali, negli anni recenti sono emerse nuove problematiche e nuove opportunità di sviluppo che rappresentano le frontiere della Bioingegneria sia dal punto di vista della ricerca di base che da quello delle tecnologie, con la finalità di stimolare la nascita e il consolidamento di nuovi mercati e crescita industriale. Negli Stati Uniti e in Europa, il settore delle tecnologie per la salute rappresenta uno dei campi di maggior sviluppo per le imprese spin-off e start-up.

La preparazione degli studenti del Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica è finalizzata a favorire un pronto inserimento nel mondo industriale e sanitario, a cavallo tra tecnologie avanzate e problematiche medico-biologiche. Possibili ambiti occupazionali, in particolare, sono: i servizi di ingegneria biomedica (o ingegneria clinica/tecnologie biomediche) nelle strutture sanitarie pubbliche e private, nel mondo dello sport, dell'esercizio fisico e dell'intrattenimento; le società di servizi per la gestione di apparecchiature ed impianti biomedici; le industrie di produzione e commercializzazione di apparecchiature per la prevenzione/ diagnosi/ cura/ riabilitazione/ monitoraggio, di biomateriali, di biosensori, di dispositivi impiantabili e portabili, di protesi/ortesi, di sistemi robotizzati per applicazioni biomediche, di organi artificiali e di sistemi di supporto funzionale e ausili per i disabili; la telemedicina e le applicazioni telematiche alla salute; l'informatica medica relativamente ai sistemi informativi sanitari ed al software di elaborazione di dati biomedici e bioimmagini; le biotecnologie e l'ingegneria cellulare; l'industria farmaceutica e quella alimentare per quanto riguarda la quantificazione dell'interazione tra farmaci/sostanze e parametri biologici; l'industria manifatturiera in generale per quanto riguarda l'ergonomia dei prodotti/processi e l'impatto delle tecnologie sulla salute dell'uomo.

#### **d) Generalità sul Curriculum**

L'Ingegneria Biomedica ha alla sua base una naturale vocazione interdisciplinare, che negli anni le ha consentito di contribuire in modo determinante allo sviluppo di numerose tecniche e metodologie ormai comunemente utilizzate in ambito biomedico. Il Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica si pone quindi l'obiettivo di fornire agli studenti, oltre ad una solida formazione di base, le fondamentali conoscenze ingegneristiche sia dell'ingegneria dell'informazione, in particolare di elettronica e informatica, sia dell'ingegneria industriale, in particolare di meccanica e chimica. Il profilo culturale è integrato e completato dalle conoscenze sui fondamenti di biologia, anatomia e fisiopatologia. Su questo zoccolo, che assicura una padronanza di contenuti scientifici e metodi generali adeguata ad acquisire

specifiche conoscenze negli ambiti multidisciplinari della professione, si innestano quindi i corsi caratterizzanti, che sono fortemente orientati in senso interdisciplinare collegandosi sia al settore della bioingegneria elettronica e informatica che a quello della bioingegneria industriale. A tal fine il curriculum prevede in particolare i corsi di *Biomateriali, Meccanica dei Tessuti, Tecnologie e Strumentazione Biomedica, Elaborazione Dati, Segnali e Immagini Biomediche*. Sono inoltre previsti, per completare il curriculum altri insegnamenti dall'area dell'ingegneria dell'informazione. La preparazione fornita dalla Laurea Triennale in Ingegneria Biomedica è pertanto orientata alla professione, al fine di favorire un pronto inserimento nel mondo industriale e sanitario. Il laureato sarà quindi in grado di inserirsi nel variegato mondo del lavoro, a cavallo tra tecnologie avanzate e problematiche medico-biologiche, dove si occuperà principalmente dell'aggiornamento dei prodotti, dell'organizzazione del processo produttivo, dell'assistenza e della manutenzione. Di seguito si riporta il curriculum completo.

<b>anno</b>	<b>semestre</b>	<b>attività formativa</b>	<b>CFU</b>	<b>ore</b>
<b>I</b>	<b>1</b>	<b>Analisi matematica 1</b>	<b>12</b>	<b>104</b>
<b>I</b>	<b>1</b>	<b>Fondamenti di informatica 1</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>I</b>	<b>1</b>	<b>Inglese</b>	<b>3</b>	
<b>I</b>	<b>2</b>	<b>Geometria</b>	<b>12</b>	<b>104</b>
<b>I</b>	<b>2</b>	<b>Fisica generale 1</b>	<b>12</b>	<b>104</b>
<b>I</b>	<b>2</b>	<b>Calcolatori elettronici</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>II</b>	<b>1</b>	<b>Dati e algoritmi</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>II</b>	<b>1</b>	<b>Elementi di analisi 2</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>II</b>	<b>1</b>	<b>Fisica 2</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>II</b>	<b>1</b>	<b>Teoria dei circuiti</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>II</b>	<b>2</b>	<b>Segnali e sistemi</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>II</b>	<b>2</b>	<b>Fondamenti di elettronica</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>II</b>	<b>2</b>	<b>Fondamenti di meccanica</b>	<b>9</b>	<b>78</b>

<b>III</b>	<b>1</b>	<b>Fondamenti di automatica</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>III</b>	<b>1</b>	<b>Misure elettroniche</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>III</b>	<b>1</b>	<b>Biomateriali</b>	<b>9</b>	<b>78</b>
<b>III</b>	<b>1</b>	<b>Corso a scelta</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>III</b>	<b>2</b>	<b>Elaborazione dati segnali immagini biomedici</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>III</b>	<b>2</b>	<b>Meccanica dei tessuti</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>III</b>	<b>2</b>	<b>Tecnologie e strumentazione biomedica</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>III</b>	<b>2</b>	<b>Corso a scelta</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
		<b>Prova finale</b>	<b>3</b>	
<i>Corsi a scelta</i>				
		<b>Elaborato/Tirocinio</b>	<b>6</b>	<b>52</b>

## **Laurea Magistrale in BIOINGEGNERIA**

### **a) Obiettivi del Corso di Laurea**

Molte tra le più significative aree di sviluppo scientifico e tecnologico del nuovo secolo riguardano le bioscienze. L'attenzione ai problemi della salute, dell'alimentazione, dell'ambiente e i rapidi avanzamenti nei settori delle terapie geniche e nelle biotecnologie, esigono qualità e innovazione nella didattica, nella ricerca e nel supporto allo sviluppo delle imprese. Il contributo della Bioingegneria al progresso scientifico e tecnologico nell'ambito delle bioscienze è sempre più rilevante; lo studio dei sistemi viventi, dell'interazione con l'ambiente, dei farmaci, dell'ingegneria dei tessuti, delle protesi e degli organi artificiali, delle apparecchiature e delle strumentazioni biomediche, dei segnali e delle immagini biomediche, delle applicazioni informatiche costituiscono un contributo essenziale per questo progresso e alimentano importanti opportunità di investimenti e di occupazione.

La Laurea Magistrale in Bioingegneria intende fornire una preparazione culturale più solida e completa rispetto a quella, più specificatamente professionalizzante, acquisibile tramite il corso di laurea triennale in Ingegneria Biomedica. Infatti, la preparazione del laureato magistrale include, assieme agli aspetti professionali, la capacità di affrontare temi di particolare interesse per ricerca e innovazione tecnologica.

Il profilo culturale del laureato magistrale in Bioingegneria si basa su una conoscenza approfondita degli aspetti teorici e applicativi delle scienze di base e la sua preparazione è fortemente caratterizzata in senso interdisciplinare, richiamando tematiche sia del settore della bioingegneria elettronica e informatica che della bioingegneria industriale.

### **b) Profilo professionale previsto**

L'obiettivo del Corso di Laurea Magistrale in Bioingegneria è quello di creare nello studente una solida formazione nelle metodologie e tecnologie dell'ingegneria applicate alle problematiche mediche e biologiche, con particolare riferimento alla

capacità di descrivere analiticamente, simulare e analizzare sistemi e segnali di interesse medico-biologico, alle basi per lo studio dei biomateriali, dei dispositivi e della strumentazione per la diagnosi, la terapia, la sostituzione di organi e la riabilitazione e alla conoscenza dell'organizzazione delle strutture di gestione e di assistenza dei pazienti, dei sistemi informativi in esse utilizzati e dei relativi criteri etici. Il laureato magistrale in Bioingegneria, avrà, in particolare, le seguenti competenze:

- conoscenza approfondita degli aspetti teorico-scientifici di base delle scienze matematiche, fisiche, chimiche e biologiche;
- conoscenza degli aspetti teorico-scientifici delle discipline di ingegneria rilevanti per le applicazioni biomediche;
- capacità di identificare, formulare e risolvere i problemi rilevanti per l'ingegneria biomedica mediante metodi, tecniche e strumenti innovativi;
- capacità di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi;
- capacità di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- capacità di comprendere l'impatto della tecnologia e delle soluzioni tecniche nel contesto sociale e ambientale;
- conoscenza e comprensione dei contesti aziendali e della cultura d'impresa nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi.

### **c) Sbocchi professionali**

Il laureato magistrale troverà sbocchi occupazionali nelle industrie del settore biomedico, farmaceutico, produttrici e fornitrici di sistemi, apparecchiature e materiali per diagnosi, cura e riabilitazione che investono in ricerca di base e applicata, nell'innovazione e sviluppo di prodotti biomedicali, nella progettazione avanzata, nella pianificazione e nella gestione di sistemi complessi. Inoltre, la figura professionale che scaturisce da uno studio molto approfondito della strumentazione (sistemi per la rilevazione di potenziali bioelettrici, di bioimmagini morfologiche e funzionali, sistemi terapeutici ecc.) si inserisce facilmente in aziende ospedaliere pubbliche e private, società di servizi per la gestione di apparecchiature ed impianti medicali e di telemedicina, laboratori specializzati e nella libera professione. La laurea magistrale costituisce infine il titolo di studio necessario per l'accesso al dottorato di ricerca, sia in ambito nazionale che internazionale.

#### d) Generalità sul Curriculum

La Bioingegneria ha una naturale vocazione interdisciplinare, che negli anni le ha consentito di contribuire in modo determinante allo sviluppo di numerose tecniche e metodologie ormai comunemente utilizzate in svariati ambiti della pratica clinica e della ricerca biomedica. Il Corso di Laurea Magistrale in Bioingegneria si pone quindi l'obiettivo di fornire agli studenti, già in possesso di una solida formazione di base nell'area dell'ingegneria dell'informazione, specifiche conoscenze negli ambiti multidisciplinari della professione del bioingegnere. I corsi offerti nella Laurea Magistrale in Bioingegneria sono tutti fortemente interdisciplinari e si innestano spesso su fondamenta di Biologia e Fisiologia che gli studenti riceveranno nel primo anno di corso. In particolare, gli insegnamenti obbligatori previsti nel curriculum sono: *Meccanica per la bioingegneria*, *Strumentazione biomedica*, *Informatica medica*, *Biomateriali e tessuti biologici*, *Modelli e controllo sistemi biologici*, *Elaborazione segnali biologici*, *Meccanica dei tessuti biologici*. Sono inoltre previsti, per completare il curriculum, altri insegnamenti a scelta dello studente. Un momento formativo importante del curriculum del laureato magistrale in Bioingegneria riguarderà infine l'attività di tesi, che potrà essere svolta presso laboratori di ricerca universitari, di enti pubblici e industriali. Di seguito si riporta il curriculum completo.

anno	semestre	attività formativa	CFU	ore
I	1	<b>Biologia e fisiologia</b>	6	52
I	1	<b>Meccanica per la bioingegneria</b>	9	78
I	1	<b>Strumentazione biomedica</b>	9	78
I	1	<b>Informatica medica</b>	9	78
I	2	<b>Biomateriali e tessuti biologici</b>	9	78
I	2	<b>Modelli e controllo sistemi biologici</b>	9	78
I	2	<b>Elaborazione segnali biologici</b>	9	78
II	1	<b>Meccanica dei tessuti biologici</b>	9	78
II	1	<b>Bioingegneria del movimento e riabilitazione</b>	9	78
II	1	<b>Bioingegneria cellulare</b>	9	78
II	1	<b>Corso a scelta</b>	6	52

<b>II</b>	<b>2</b>	<b>Corso a scelta</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>II</b>	<b>2</b>	<b>Prova finale</b>	<b>21</b>	
<b>Corsi a scelta per la Laurea magistrale</b>				
<b>II</b>	<b>1</b>	<b>Neuroingegneria</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>II</b>	<b>1</b>	<b>Analisi di dati biologici</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>II</b>	<b>1</b>	<b>Bioimmagini</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>II</b>	<b>2</b>	<b>Bioelettromagnetismo</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>II</b>	<b>2</b>	<b>Bioingegneria per la genomica</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>II</b>	<b>2</b>	<b>Biomeccanica computazionale</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
		<b>Bioinformatica e biologia computazionale (mut.)</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>II</b>	<b>2</b>	<b>Fluidodinamica per la bioingegneria</b>	<b>6</b>	<b>52</b>