

La qualità della didattica nei Corsi di studio in Ingegneria Biomedica in Italia e il loro accreditamento anche a livello europeo

Guido Avanzolini* , Giuseppe Baselli**, Roberto Burattini***

****Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica, Università degli Studi di Bologna***

***** Dipartimento di Bioingegneria, Politecnico di Milano***

******Dipartimento di Elettromagnetismo e Bioingegneria, Università Politecnica delle Marche, Ancona***

1. Premessa

La ricorrenza dei primi dieci anni dall'attivazione dei Corsi di Studio in Ingegneria Biomedica (nel 1994 fu attivato il Diploma Universitario in Ingegneria Biomedica presso il Politecnico di Milano e, nel 1996, la "vecchia" laurea quinquennale nella stessa sede e presso l'Università di Genova) è sembrata l'occasione giusta per sottoporre all'attenzione di tutti i colleghi alcuni problemi che a nostro avviso meritano di essere oggetto di discussione se si vuole favorire uno sviluppo equilibrato e, soprattutto, qualificato dell'offerta formativa in questo settore.

Le declaratorie dei due settori scientifico disciplinari (SSD) della Bioingegneria (ING-IND/34 e ING-INF/06), definiscono l'Ingegneria Biomedica come un'area scientifica che nasce dall'integrazione organica delle metodologie e delle tecnologie proprie dell'ingegneria, principalmente dell'informazione ed industriale, con le problematiche mediche e biologiche relative alle scienze della vita. La finalità di tale integrazione è prevalentemente rivolta all'ambito tecnologico, industriale, scientifico, clinico, ospedaliero. I contenuti scientifico-disciplinari riguardano l'applicazione bioingegneristica di aspetti metodologici, tecnologici, teorici e sperimentali, tipici dell'ingegneria, e quindi lo studio, la progettazione, le tecnologie e la valutazione di strumentazione, dispositivi ed impianti medicali, di materiali naturali e artificiali, di tessuti, apparati ed organismi. Le metodologie di base riguardano: la modellistica dei sistemi fisiologici (dai componenti cellulari, agli apparati ed agli organi); la descrizione dei fenomeni biologici e le apparecchiature per misurarli e modificarli; l'elaborazione di dati, segnali ed immagini; la rappresentazione della conoscenza medico-biologica. Le tecnologie includono: strumentazione biomedica e biotecnologica (diagnostica, terapeutica, riabilitativa: dai componenti elementari ai sistemi ospedalieri integrati); protesi, robot biomedici, sistemi intelligenti artificiali; sistemi per la gestione e l'organizzazione sanitaria; sistemi informativi a livello di paziente, reparto, ospedale, regione, paese; telemedicina. Le aree di ricerca avanzata nella biologia e nelle neuroscienze comprendono l'ingegneria delle cellule e dei tessuti, le tecniche informatiche per la biologia e la neurologia (neuroinformatica e la bioinformatica), la bioelettronica.

Senza alcun dubbio l'Ingegneria Biomedica così definita rappresenta oggi un sapere autonomo rispetto alle aree tradizionali dell'Ingegneria (chimica, elettronica, informatica, meccanica, ecc.) e che la formazione di ingegneri biomedici ed il loro inserimento professionale non può non essere considerato un fattore strategico nello sviluppo di una società avanzata, dal momento che l'intreccio tra attività produttive e salute dell'uomo è oggi sempre più centrale nell'organizzazione sociale e, quindi, nel mondo industriale e dei servizi. Non stupisce, quindi, che a) si rivolgono ai laureati in Ingegneria Biomedica interlocutori di varia natura (nella sanità, nell'industria e nei servizi) che devono quantificare, controllare ed ottimizzare l'impatto delle tecnologie sui fenomeni biologici e sull'uomo, e b) si registri un crescente aumento del numero delle immatricolazioni nelle Lauree di primo e secondo livello in quest'area.

La diffusione dei Corsi di Laurea in Ingegneria Biomedica in molte Università e Politecnici italiani, il crescente numero degli iscritti a tali corsi, nonché le proposte ufficiali di nuove attivazioni anche in sedi universitarie senza una specifica tradizione nel settore della Bioingegneria pongono vari problemi che sono sintetizzati nel presente documento. L'obiettivo è quello di limitarsi ad illustrare questi problemi, presentando i pro ed i contro delle varie soluzioni e lasciando al successivo dibattito, nell'ambito del Gruppo Nazionale di Bioingegneria (GNB), il compito di trarre eventuali conclusioni volte a favorire: a) una

adeguata qualificazione di tali corsi di studio; b) una scelta consapevole da parte degli studenti la cui legittima aspettativa è per una didattica pienamente corrispondente al nome del corso di studio, al fine di valutare l'adeguatezza dei percorsi formativi.

Nel presente documento, dopo un richiamo alle motivazioni che hanno portato alla nascita di *curricula* universitari in Ingegneria Biomedica, vengono descritti gli aspetti caratterizzanti il passaggio dal vecchio al nuovo ordinamento degli studi universitari nel settore e viene presentato un quadro aggiornato dell'offerta formativa in Ingegneria Biomedica nelle Università italiane. Sono anche precisati, per ciascun Ateneo, la composizione del personale docente dei due SSD della Bioingegneria (ING-IND/34 e ING-INF/06), nonché il numero di studenti immatricolati negli ultimi quattro anni. Successivamente, sono precisate le classi cui possono appartenere i corsi di studio in Ingegneria Biomedica di primo e secondo livello, e sono individuati i principali problemi legati alla qualità della didattica ed all'accreditamento. Sono, infine, illustrati gli orientamenti che si stanno delineando a livello europeo sull'accreditamento dei Corsi di studio in Ingegneria Biomedica.

2. La formazione dell'Ingegnere Biomedico

L'obiettivo formativo

Com'è noto, la formazione di Ingegneri Biomedici ed il loro inserimento professionale costituiscono un fattore strategico nello sviluppo di una società avanzata, dal momento che l'intreccio tra attività produttive e salute dell'uomo è oggi sempre più centrale nell'organizzazione sociale e, quindi, nel mondo industriale e dei servizi.

Le principali attività che richiedono oggi specialisti in Ingegneria Biomedica includono:

- le industrie di produzione e commercializzazione di apparecchiature (per la prevenzione/diagnosi/cura/riabilitazione), di materiali speciali, di dispositivi impiantabili, di protesi, di sistemi robotizzati per applicazioni biomediche;
- le società di servizi per la gestione di apparecchiature ed impianti biomedici;
- i servizi di ingegneria clinica nelle strutture sanitarie pubbliche e private, nel mondo dello sport e dell'intrattenimento;
- la telemedicina e le applicazioni telematiche alla salute;
- l'informatica medica, cioè i sistemi informativi sanitari ed il software di elaborazione di dati biomedici e bioimmagini;
- le biotecnologie e l'ingegneria cellulare;
- l'industria farmaceutica e quella alimentare per quantificare l'interazione tra farmaci/sostanze e parametri biologici;
- l'industria manifatturiera in generale per l'ergonomia dei prodotti/processi e per l'impatto delle tecnologie sulla salute dell'uomo.

Dal vecchio al nuovo ordinamento

Per fornire una risposta efficace a queste esigenze, sin dalla fine degli anni '60, in varie Università e Politecnici italiani sono stati attivati insegnamenti di Bioingegneria, successivamente organizzati in Indirizzi Nazionali di Ingegneria Biomedica nell'ambito dei Corsi di Laurea in Ingegneria Elettronica e/o Meccanica. Tali percorsi formativi hanno trovato linfa vitale e naturale completamento nei Corsi di Dottorati di Ricerca in Bioingegneria, istituiti inizialmente in forma consortile (all'inizio degli anni ottanta) nelle sedi di Bologna e Milano. A partire poi dall'Anno Accademico 1996/1997 si sono registrate le prime attivazioni di Corsi di Laurea in Ingegneria Biomedica e, finalmente, a partire dall'Anno Accademico 2000-2001, con l'avvio del nuovo ordinamento degli studi universitari, i Corsi di Studio in Ingegneria Biomedica sono stati articolati su tre livelli:

- la *Laurea Triennale*, o semplicemente *Laurea*, della durata di tre anni;

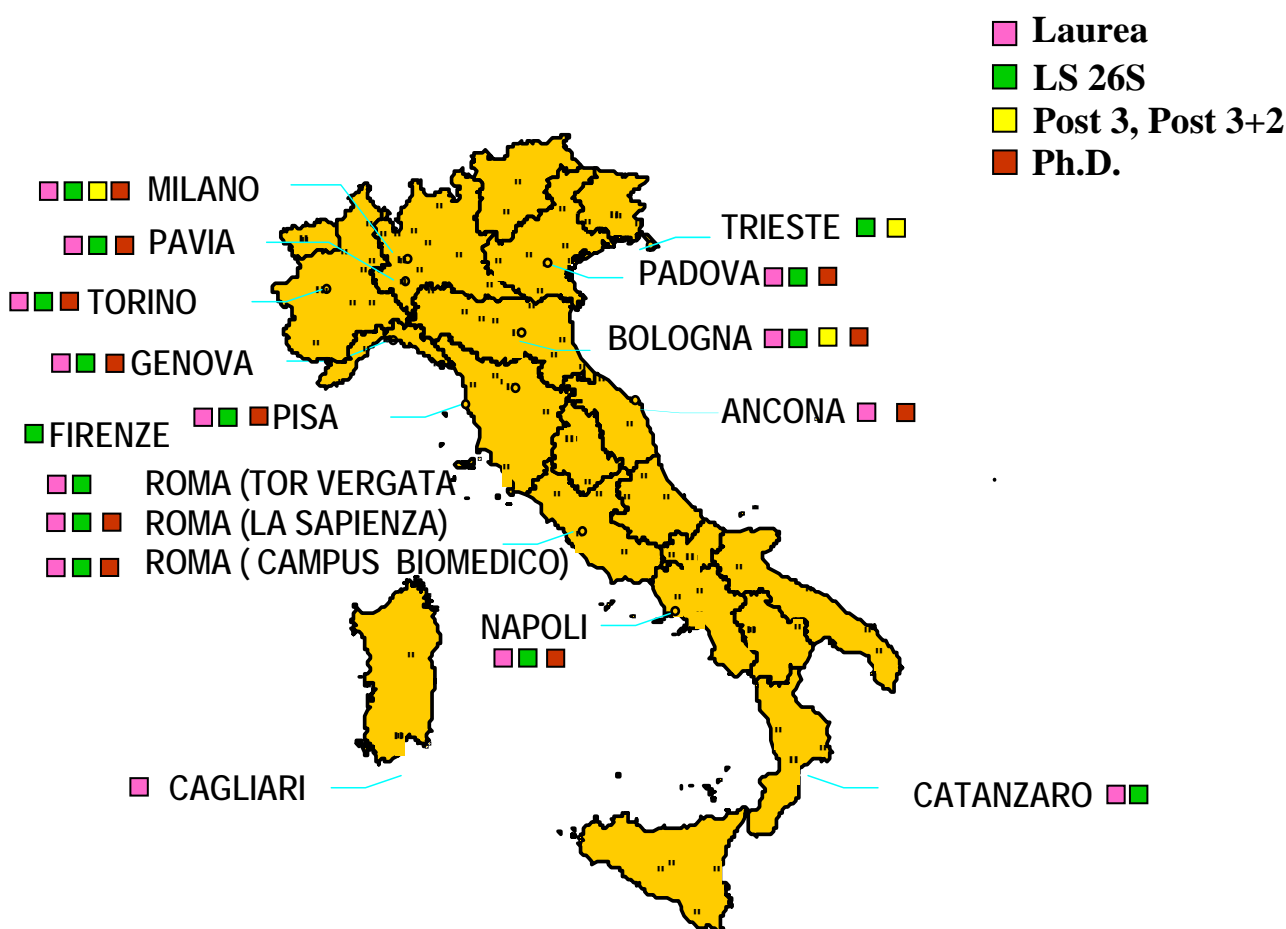
- la *Laurea Specialistica/Magistrale*, consecutiva al primo livello e della durata di due anni;
- il *Dottorato di Ricerca* consecutivo ai precedenti due corsi e della durata di tre anni.

Fanno da corollario a questo quadro i corsi per il conseguimento di Master di I livello (successivo alla Laurea) e Master di II livello (successivo alla Laurea Magistrale).

In occasione degli eventi organizzati dal Gruppo Nazionale di Bioingegneria per festeggiare il ventennale delle Scuole di Bioingegneria che si tengono a Bressanone è stato prodotto un Documento su “La Formazione dell’Ingegnere Biomedico” che comprende una rassegna dei Corsi di Laurea di primo livello in Ingegneria Biomedica attivati in Italia nell’A.A. 2000/2001, un confronto tra la realtà italiana e ciò che avviene negli altri paesi ed un’analisi dei problemi connessi all’attuazione del Nuovo Ordinamento. Un aggiornamento di questo documento, “La Formazione dell’Ingegnere Biomedico nel 2003” è stato pubblicato nel 2002. Quest’ultimo documento riporta gli aggiornamenti relativi alle Lauree di primo livello attivate nell’A.A. 2002/2003 e le attivazioni, o proposte di attivazione, in varie sedi delle Lauree Specialistiche/Magistrali in Ingegneria Biomedica.

Dati sull’attuale offerta formativa

Un quadro della realtà italiana aggiornato al Settembre 2005 è riportato nel quadro sottostante, ove sono indicate le Università sede di Corsi di Studio in Ingegneria Biomedica e, per ciascuna Università, sono indicati i tipi di corsi attivi (Laura, laurea Specialistica nella classe 26S, Masters, *post* Laurea e *post* LS, dottorati di ricerca, Ph.D.).

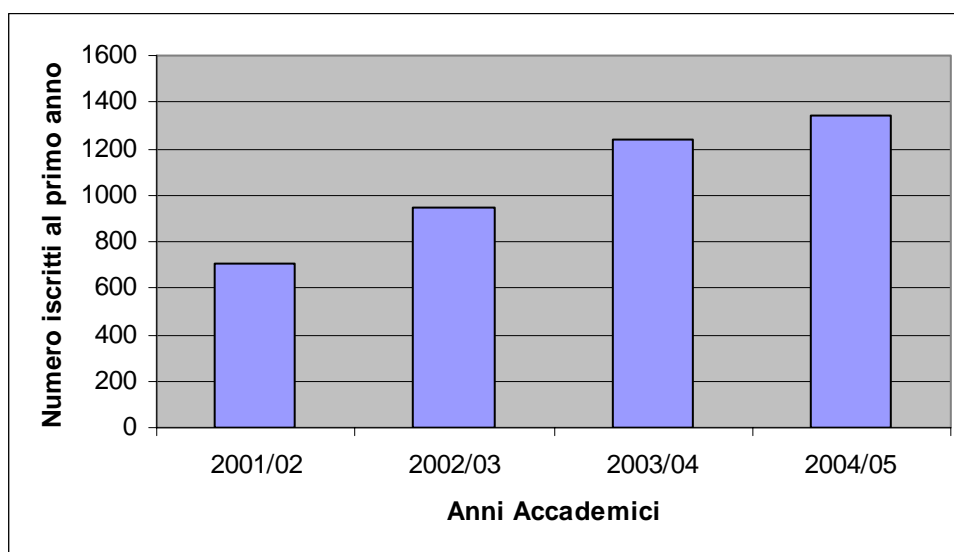


Offerta formativa in Ingegneria Biomedica, 2004-05									
Fonte: schede inserite sul sito MIUR									
			Docenti (MIUR)						
			IND/34			INF/06			
Sedi con Lauree di primo livello in Ingegneria Biomedica (classi 09 o 10) ed eventuale Laurea Specialistica (classe LS 26S)			O	A	R	O	A	R	
Classe 09 - Ingegneria dell'Informazione	Laurea	Laurea Specialistica Classe LS 26S							
Università degli Studi di BOLOGNA	si	si	1	2	1	3	2	4	
Univ. degli Studi "Magna Graecia" CATANZARO	si	si			1				
Università degli Studi di GENOVA	si	si		1		5	2	3	
Politecnico di MILANO	si	si	3	5	9	7	2	10	
Università degli Studi di NAPOLI "Federico II"	si	si				1	3	2	
Università degli Studi di PADOVA	si	si	2		1	2	2	2	
Università degli Studi di PAVIA	si	si				3	5	3	
Università degli Studi di ROMA "Tor Vergata"	si	si							
Classe 10 - Ingegneria Industriale									
Università Politecnica delle Marche ANCONA	si	no				1	1		
Università degli Studi di CAGLIARI	si	no							
Università degli Studi di PISA	si	si	1			2	1	1	
Università degli Studi di ROMA "La Sapienza"	si	si					1	1	
Università "Campus Bio-Medico" ROMA	si	si		1					
Politecnico di TORINO	si	si	2	2			2	2	
Sedi dove è attivata la sola Laurea Specialistica, Classe LS 26/S			Denominazione						
Università degli Studi di FIRENZE	Ingegneria Biomedica		1			2	1	2	
Università degli Studi di TRIESTE	Ingegneria Biomedica					1		1	
Sedi di cui non risultano schede									
BARI				1					
MILANO-BICOCCA						1			
MODENA e REGGIO EMILIA							2		
PERUGIA								1	
Ist.Universitario Scienze Motorie - ROMA						1			
ROMA TRE						1		1	
S.ANNA di PISA			1	1			1		
SASSARI							1		
SIENA						1	1		
TRENTO					1				

Nella Tabella sottostante sono riportati i numeri degli studenti che negli ultimi quattro anni si sono iscritti al primo anno nelle Lauree di primo livello in Ingegneria Biomedica nelle varie sedi.

	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05
Ancona (Univ. Politecnica Marche)	-	35	61	77
Bologna	72	69	71	81
Genova	66	56	58	75
Milano (Politecnico)	164	166	211	230
Napoli	-	114	213	232
Padova	84	104	121	131
Pavia	71	66	86	82
Pisa	80	95	165	130
Roma (Campus Bio-Medico)	39	41	49	70
Roma (La Sapienza)	19	69	91	96
Torino (Politecnico)	108	92	112	142

Il grafico sottoriportato evidenzia la crescita del numero totale degli iscritti al primo anno dei Corsi di Laurea di primo livello in Ingegneria Biomedica in Italia.



3. Classi di appartenenza, nomi dei corsi di studio e problemi nella loro valutazione

Pur essendo l'Ingegneria Biomedica una disciplina unitaria, l'attuale normativa prevede che un Corso di Studi in Ingegneria Biomedica di primo livello possa essere inserito nell'uno o nell'altro dei due seguenti *ambiti*:

- *ambito dell'Ingegneria Biomedica nella classe delle lauree in Ingegneria dell'Informazione;*
- *ambito dell'Ingegneria Biomedica nella classe delle lauree in Ingegneria Industriale.*

Per quanto riguarda le Lauree Specialistiche è invece istituita la classe delle Lauree in Ingegneria Biomedica.

Prima di procedere, è opportuno ricordare che, nella nuova organizzazione degli studi, un elemento di novità è costituito dall'introduzione dei crediti formativi universitari (CFU), già in uso per gli scambi internazionali di studenti. Ad ogni corso ed ogni attività (seminari, conoscenza di una o più lingue straniere, tirocini, progetti, laboratorio, ecc.) viene associato un carico orario medio per lo studente. I crediti relativi a ciascuna attività formativa vengono acquisiti dallo studente con il superamento dell'esame o con altre modalità di verifica. Al termine di ogni livello di studi lo studente deve avere acquisito un determinato numero minimo di crediti tra quelli proposti dal Regolamento Didattico. La quantità media di lavoro prevista per ogni anno di corso è fissata in 60 crediti. Quindi per conseguire la *Laurea* lo studente deve accumulare almeno 180 crediti. Per il conseguimento della *Laurea Specialistica* sono necessari ulteriori 120 crediti.

4. La qualità della didattica e i problemi nell'accREDITAMENTO dei corsi di studio.

La Legge offre un'ampia libertà nei riguardi dei nomi da attribuire ai Corsi di Studio. Il termine di Ingegneria Biomedica è stato scelto dalla maggior parte delle sedi per i Corsi di Laurea, mentre il termine di Bioingegneria ha larga diffusione nella denominazione dei Corsi di Dottorato di Ricerca.

Problemi sostanziali nel confronto fra i Corsi di Studio offerti dalle varie sedi sorgono quando si entra nel merito della suddivisione dei crediti formativi attuata dalle varie sedi universitarie nella compilazione del Regolamento Didattico.

Laurea di primo livello

Per quanto concerne le Lauree di primo livello in Ingegneria Biomedica, attivate nella classe di Ingegneria dell'Informazione o di Ingegneria Industriale, è stabilito dalla legge un minimo di 36 CFU caratterizzanti che non si limitano ai soli SSD della Bioingegneria (ING-IND/34 e ING-INF/06) ma comprendono vari altri SSD, in modo diverso nelle due classi. Pur nel rispetto della legge, una Facoltà di Ingegneria potrebbe, quindi, attivare un Corso di Laurea di primo livello in Ingegneria Biomedica senza offrire agli studenti alcun modulo didattico nei SSD di Bioingegneria o, più verosimilmente, limitando al minimo il numero di CFU in Bioingegneria.

L'attivazione dei Corsi di Laurea in Ingegneria Biomedica avvenute nel 2000 e nel 2001 hanno riguardato principalmente sedi con una consolidata attività didattica e scientifica nei SSD della Bioingegneria, con la conseguente introduzione negli ordinamenti didattici di non meno di 24 CFU specifici. Tuttavia, il crescente aumento dell'interesse dei giovani verso questi percorsi formativi (si vedano i dati sopra riportati) sta determinando tentativi di apertura di Corsi di Laurea anche in sedi con risorse didattico-scientifiche in campo bioingegneristico inadeguate.

Si ravvisa, quindi, il grave rischio di vedere sorgere nuovi Corsi di Laurea in Ingegneria Biomedica caratterizzati da pochi CFU nei SSD ING-IND/34 e ING-INF/06 e con moduli didattici affidati a docenti di altri settori.

A questo proposito dovrebbe giocare un ruolo importante l'attività del "Sistema Nazionale di Accreditamento dei Corsi di Studi in Ingegneria" (S.I.N.A.I.) avente lo scopo di determinare i requisiti minimi (in termini di crediti e di contenuti degli Insegnamenti) necessari affinché il Corso di Studi sia "accreditato", cioè abbia un riconoscimento a livello nazionale e anche, eventualmente, internazionale. Purtroppo, il controllo nella fase attuale sembra limitato al conteggio del numero minimo di docenti necessario per accreditare un Corso di Laurea, indipendentemente dai settori scientifico-disciplinari di appartenenza.

È, pertanto, opportuno operare in accordo con le sedi di Corsi di Laurea in Ingegneria Biomedica e con il Gruppo Nazionale di Bioingegneria su proposte relative ai vincoli per tale accreditamento da sottoporre al S.I.N.A.I., al Consiglio Universitario Nazionale e al Ministero dell'Università e della Ricerca. Per esempio:

$N = 30$: Numero minimo di CFU nei SSD ING_IND/34 e ING-INF/06

$M = 3$: Numero minimo di docenti dei SSD ING_IND/34 e ING-INF/06

per percorsi di Laurea di primo livello in Ingegneria Biomedica.

Laurea specialistica/magistrale

In base alla legge, la classe delle lauree specialistiche in Ingegneria Biomedica indica un minimo di 70 CFU (distribuiti tra I e II livello) nei SSD ING-INF/06 e ING_IND/34. Rimane tuttavia aperto il problema legato alla possibilità che i moduli didattici relativi siano affidati localmente a docenti di altri settori. Un modo per garantire la qualità dei percorsi formativi potrebbe essere quello di associare al numero minimo di 70 CFU un numero minimo di docenti dei settori specifici che dovrebbe essere non inferiore a 6.

5. Il problema dell'accREDITAMENTO europeo

Per una valutazione più appropriata del quadro dell'offerta formativa in Italia è opportuno considerare lo scenario internazionale, ed in particolare europeo, dove si registra una crescente attenzione ai problemi di qualificazione ed accREDITAMENTO dei Corsi di Studio in Ingegneria Biomedica.

I documenti relativi a BIOMEDEA sono certamente il riferimento principale per i problemi di accREDITAMENTO in Europa. Il primo convegno europeo su questo tema, svoltosi a Eindhoven nel Dicembre 2004, è stato del tutto preliminare. Ha consentito di raccogliere numerose testimonianze sulla struttura dell'offerta in Ingegneria Biomedica nei paesi appartenenti all'Unione Europea o in procinto di entrarvi. L'obiettivo dei lavori può essere riassunto nella parola "armonizzazione".

Questo obiettivo è stato ribadito anche in apertura del secondo convegno svoltosi a Varsavia nell'Aprile del 2005, per consentire la piena libertà e facilità di trovare lavoro nell'UE, la mobilità, e la condivisione di competenze confrontabili. Un importante aspetto di questi incontri ha riguardato l'enfatizzazione della differenza fra le parole "armonizzazione" e "standardizzazione", essendo quest'ultima basata su norme prescrittive che si vogliono evitare.

Il recente convegno di Stoccarda ha portato alla proposta di *standard* di accREDITAMENTO per percorsi formativi che vanno dal "type 1" al "type 3". Il percorso "type 1" (*Biomedical Engineering*) ha moduli didattici bioingegneristici caratterizzanti per almeno il 50% (90 CFU su 180 sul primo livello e 60 su 120 sul secondo livello). Il percorso "type 3" (*Interdisciplinary Biomedical Engineering*) ha moduli didattici bioingegneristici caratterizzanti per almeno il 33,3% (60 CFU su 180 sul primo livello e 40 su 120 sul secondo livello). Quest'ultimo percorso è il più

vicino alla formazione tecnico-scientifico-ingegneristica a largo spettro caratteristica delle Lauree italiane in Ingegneria Biomedica..

Con riferimento dell'importanza di una formazione a largo spettro si è ribadito, in alcuni gruppi di lavoro, che, specialmente un percorso formativo di 1° livello (BSc in BME), deve fornire un'ampia preparazione basata sulla Meccanica, Elettronica, Chimica e Ingegneria generale.

Una ripartizione ragionevole dei crediti formativi (sempre al 1° livello) è stata ritenuta pari a: fondamenti di BME 30; matematica, scienze, ingegneria e fondamenti di medicina e biologia 80; approfondimenti di BME 15; lavoro indipendente 15, materie socio-economiche 10-15, il resto variabile.

L'inglese è stato definito come la lingua di scambio per elezione. Di conseguenza è importante una offerta in questa lingua.

Un altro argomento che è stato inserito in questi incontri riguarda la formazione del ingegnere clinico (CE). Sono stati studiati i documenti dei paesi anglosassoni (UK, Irlanda) nei quali le associazioni di categoria provvedono all'accREDITAMENTO a seguito di praticantato in ospedale. Si è discusso anche di quale dovesse essere la formazione universitaria a monte. Sarebbe importante portare le associazioni coinvolte a questo tavolo di discussione.

5. Conclusioni

Ad un decennio dalla loro prima attivazione, i Corsi di Studio in Ingegneria Biomedica costituiscono oggi una realtà ben apprezzata, con una crescente diffusione sul territorio nazionale ed una crescente capacità di attrazione verso gli studenti. Non stupisce, quindi, che anche sedi universitarie senza una specifica tradizione didattico-scientifica nei settori scientifico-disciplinari della Bioingegneria (settori che hanno dato origine e costituiscono il cardine di questi Corsi di Studio) siano interessate ad attivarli.

Pur con la massima apertura verso queste iniziative, si ritiene importante che gli organi istituzionalmente preposti (quali il Sistema Nazionale di AccredITAMENTO dei Corsi in Ingegneria, il Consiglio Universitario Nazionale, il Ministero dell'Università e della Ricerca) garantiscano la qualità di tali Corsi di Studio definendo i requisiti minimi necessari per il loro "accredITAMENTO" e verificandone il rispetto. Infatti, l'attuale legislazione permetterebbe l'attivazione di Corsi di Laurea di primo livello in Ingegneria Biomedica anche in assenza di insegnamenti caratterizzanti nei Settori Scientifico Disciplinari della Bioingegneria.

Si ritiene inoltre che il GNB, in quanto istituzione rappresentativa della comunità dei docenti e dei ricercatori di Bioingegneria italiani, non solo abbia pieno titolo a discutere il problema della qualità didattica dei Corsi di Studio in Ingegneria biomedica, ma debba contribuire a formulare proposte utili alla definizione dei relativi requisiti minimi, almeno in termini di crediti formativi e di unità di Personale docente.

Il presente documento vuole essere un supporto per lo sviluppo della discussione nell'ambito dell'Assemblea del GNB, ove si auspica possano emergere precise indicazioni sulle iniziative da intraprendere per garantire un'adeguata qualificazione dei Corsi di Studio in Ingegneria biomedica, anche al fine di soddisfare la legittima aspettativa degli studenti per contenuti didattici pienamente rispondenti al nome del Corso di Studio.

Riferimenti bibliografici

- Biondi E. *Introduzione all'Ingegneria Biomedica*. Bologna: Patron, 1997
- Biondi E., Cobelli C. (Ed.). *Storia della Bioingegneria*. Bologna: Patron, 2001.
- Biondi E., Cobelli C. (Ed.). *La formazione dell'Ingegnere Biomedico*. Bologna: Patron, 2001.
- Avanzolini G., Biondi E., Cobelli C., Bracale M., Marasso P. (Ed.). *La formazione dell'Ingegnere Biomedico nel 2003*. Bologna: Patron, 2002.
- DM del 3 nov. 1999, n. 509, Regolamento recante norme concernenti l'autonomia didattica degli atenei, pubblicato nella G.U. n.2 del 4 gen. 2000.

- DM del 4 agosto 2000, Determinazione delle classi delle lauree universitarie, pubblicato sulla G.U. n. 245 del 19 ott. 2000.
- DM del 28 nov 2000, Determinazione delle classi delle lauree specialistiche
- Sito web BIOMEDEA: www.bmt.tue.nl/biomedea
- Sito web della Fondazione Whitaker: www.whitaker.org/academic/