

Ingegneria 2040

Le nuove sfide
nella formazione degli
ingegneri nella società
della conoscenza

Gennaio 2021



CopI
Conferenza per l'Ingegneria

In copertina: illustrazione dalla voce *Anatomie*
dell'*Encyclopédie* di Diderot e D'Alembert (1751-1780).
"L'uomo è il termine unico dal quale bisogna prendere le mosse
e al quale bisogna tutto ricondurre, se si vuole piacere, interessare, avvincere
anche nelle considerazioni più aride e negli argomenti più ingrati ..."

contenuti

Le nuove sfide nella formazione degli ingegneri nella società della conoscenza

04

L'evoluzione del mondo del lavoro

06

Il ruolo dell'ingegneria e dell'ingegnere

07

Ingegneria: un nuovo modello formativo?

10

Il ruolo delle Istituzioni Europee

11

La situazione italiana

12

Una riflessione sull'Ingegneria in Italia

14

Riferimenti bibliografici

L'evoluzione del mondo del lavoro

Il mondo del lavoro ha acquisito negli anni recenti dinamicità e variabilità estreme, per effetto della necessità di rispondere in maniera efficace alle sfide poste da scenari sociali, produttivi, ambientali e, da ultimo, sanitari sempre più complessi e interconnessi.

La necessità di delineare con sufficiente anticipo le professioni di cui la società avrà bisogno in futuro è stata la forza motrice di numerosi studi, condotti da autorevoli Enti Internazionali [1-5]. Il recentissimo report del *World Economic Forum* traccia un dettagliato elenco delle professioni per la quali vi sarà una crescente richiesta e di quelle la cui richiesta andrà invece a diminuire (Tabella 1).

Molte delle professioni individuate come strategiche per il futuro si caratterizzano per due aspetti:

1 Sono certamente riconducibili all'ambito dell'ingegneria. Il Report "Grand Challenges for Engineering" (National Academy of Engineering, 2017) [6-7] evidenzia molto bene le **sfide future** che l'ingegneria dovrà affrontare:

- *Make solar energy economical*
- *Provide energy from fusion*
- *Develop carbon sequestration methods*
- *Manage the nitrogen cycle*
- *Provide access to clean water*
- *Restore and improve urban infrastructure*
- *Advance health informatics*
- *Engineer better medicines*
- *Reverse-engineer the brain*
- *Prevent nuclear terror*
- *Secure cyberspace*
- *Enhance virtual reality*
- *Advance personalized learning*
- *Engineer the tools of scientific discovery*

Si tratta delle sfide cruciali per il futuro della nostra società, e l'Ingegneria è un attore essenziale in questi diversi scenari.

Tabella 1 (da *Future of Jobs Survey 2020*, World Economic Forum)

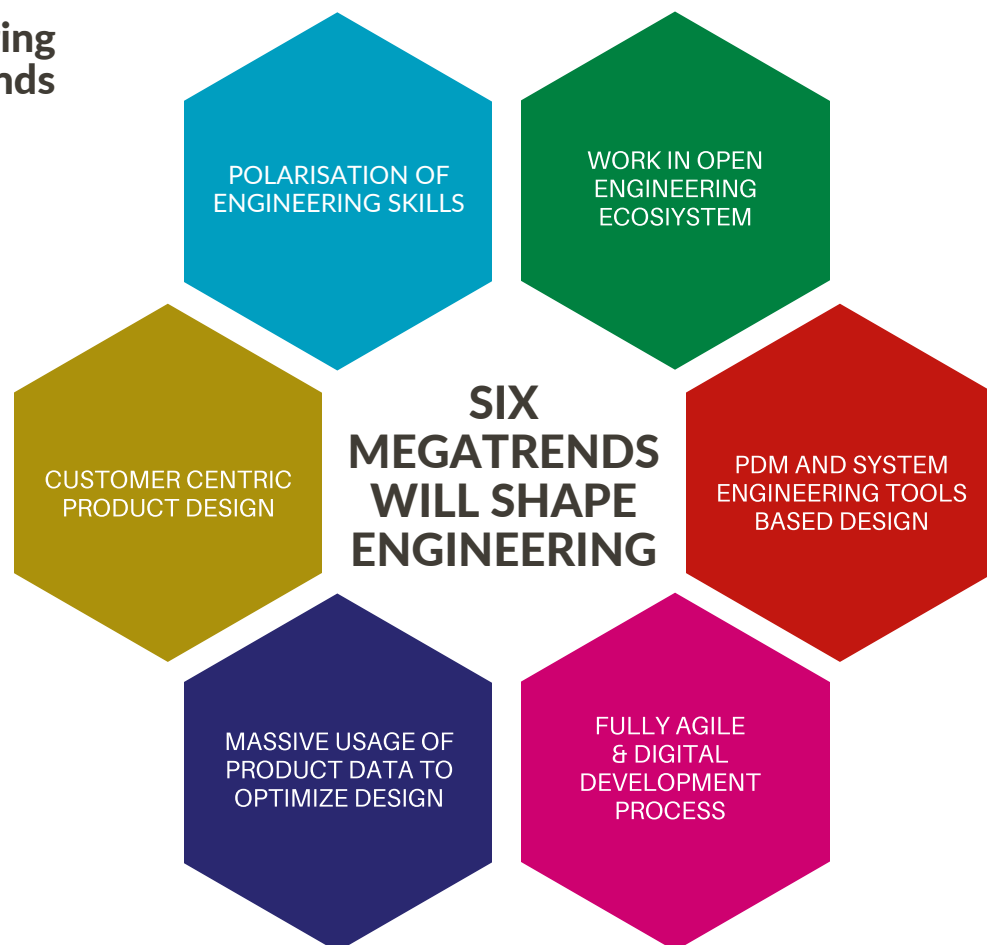
	Increasing demand	Decreasing demand
1	Data Analysts and Scientists	Data Entry Clerks
2	AI and Machine Learning Specialists	Administrative and Executive Secretaries
3	Big Data Specialists	Accounting, Bookkeeping and Payroll Clerks
4	Digital Marketing and Strategy Specialists	Accountants and Auditors
5	Process Automation Specialists	Assembly and Factory Workers
6	Business Development Professionals	Business Services and Administration Managers
7	Digital Transformation Specialists	Client Information and Customer Service Workers
8	Information Security Analysts	General and Operations Managers
9	Software and Applications Developers	Mechanics and Machinery Repairers
10	Internet of Things Specialists	Material-Recording and Stock-Keeping Clerks
11	Project Managers	Financial Analysts
12	Business Services and Administration Managers	Postal Service Clerks
13	Database and Network Professionals	Sales Rep., Wholesale and Manuf., Tech. and Sci. Prod.
14	Robotics Engineers	Relationship Managers
15	Strategic Advisors	Bank Tellers and Related Clerks
16	Management and Organization Analysts	Door-To-Door Sales, News and Street Vendors
17	FinTech Engineers	Electronics and Telecoms Installers and Repairers
18	Mechanics and Machinery Repairers	Human Resources Specialists
19	Organizational Development Specialists	Training and Development Specialists
20	Risk Management Specialists	Construction Laborers

2 Non trovano una chiara corrispondenza rispetto alla struttura “consolidata” dei corsi di Ingegneria. Nell'ultimo decennio si registra un crescente riconoscimento delle difficoltà che devono affrontare le scuole di formazione di ingegneri in tutto il mondo al fine di poter soddisfare le esigenze di una società in rapidissima evoluzione e che pone sfide globali quali la trasformazione digitale, la sostenibilità ambientale ed economica, la nuova globalizzazione, la tutela e la salvaguardia della salute. Si veda ad esempio quanto riportato da Doyle et al. nel 2019 (*Theorizing the role of engineering for society: technological activity in context?* in 2019 ASEE Annual Conference & Exposition [8]). Per affrontare le sfide future sopra menzionate, l'ingegneria deve riuscire a dare risposta anche a sfide interne, metodologiche, ben evidenziate da Wymann (*Engineering 2030*, Fig. 1 [9]):

- Work in open engineering ecosystems
- Product data management and system engineering tools based design
- Fully agile and digital development process
- Massive usage of product data to optimize their design
- Customer centric product design
- Polarization of engineering Skills

Fig. 1: Trend & Challenges per l'Ingegneria [9]

Engineering megatrends



Il ruolo dell'ingegneria e dell'ingegnere

Nell'ambito di queste sfide, il ruolo dell'Ingegneria è immaginare, realizzare e gestire l'infrastruttura tecnica del cambiamento sostenibile e pertanto la formazione e la qualificazione degli ingegneri del futuro riveste un ruolo centrale per la costruzione della società della conoscenza (Morell, *Engineering education in the 21st century: Roles, opportunities and challenges*, in *Int J Technol Engineering Educ*, 2010 [10]; Apelian, *The Engineering Profession in the 21st Century - educational needs and societal challenges facing the profession*, 2007 [11]).

La centralità del ruolo dell'ingegnere in questo processo di cambiamento pone una riflessione sulla eventuale disparità tra il bisogno che la società esprime relativamente ad una figura moderna di ingegnere che sappia sostenere e promuovere il cambiamento **e l'insieme delle conoscenze, abilità e attitudini che gli studenti sviluppano durante la loro formazione nelle scuole di ingegneria.**

Ad esempio, in un recente report dell'ASME dal titolo *Strategy Vision 2030* [12], si leggono le seguenti raccomandazioni:

- a) sviluppo di standard più elevati di *skill* professionali e di comunicazione;
- b) incremento della flessibilità nei programmi di studio.

In sintesi, è necessaria e opportuna una approfondita riflessione sui **modelli formativi** nell'ambito dell'Ingegneria.



Ingegneria: un nuovo modello formativo?

In linea con le sollecitazioni provenienti dal mondo dell'industria e delle professioni (si vedano i riferimenti [13-21]), prestigiose scuole di formazione di ingegneri hanno cominciato ad interrogarsi sulle sfide che il rapido cambiamento della società pone alla formazione degli Ingegneri.

Nel 2018 il *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), forse la più prestigiosa scuola di ingegneria al mondo, rilascia uno studio dal titolo: "*The global state of the art in engineering education*" (R. Graham, *The global state of the art in engineering education*, 2018) [22]. Nello studio, mentre si riconosce per i motivi precedentemente sintetizzati che l'educazione nell'ambito ingegneristico sta entrando in un periodo di grande cambiamento e pertanto è necessario anticipare considerevolmente tali processi, si identificano 3 traiettorie di cambiamento che sembrano riguardare il futuro degli studi in ambito ingegneristico:

- la prima è un cambiamento del centro di gravità della "*global leadership*" dell'*education* in ingegneria dal mondo occidentale verso l'est e il sud del mondo;
- la seconda pone il focus su programmi di studio di ingegneria con una componente di *social-education* più rilevante e con un focus maggiore sulle competenze. Tali curricula enfatizzano la maggiore flessibilità nella composizione del curriculum da parte dello studente, maggiore attenzione all'apprendimento multidisciplinare, maggiore consapevolezza dello studente sull'impatto delle tecnologie sul contesto socio-economico, ed un insieme di esperienze al di fuori della classe attraverso cui lo studente acquisisca *soft-skill*, saper fare e dimensione internazionale;
- infine, l'ultima traiettoria identifica l'emergere di nuove istituzioni di formazione che sembrano porsi come leader nel riuscire ad offrire una formazione ingegneristica come sintetizzata al punto precedente.

Nel giugno del 2018, l'*UCL Centre for Engineering Education* ha proposto lo studio dal titolo: "*Innovations in Engineering Education - Inspiring & Preparing Our Engineers for the 21st Century*" [23]. Anche nello studio di UCL si ribadisce la centralità della figura dell'Ingegnere per le sfide del cambiamento della società della conoscenza e parimenti allo studio del MIT si identifica la necessità di ripensare, non rivoluzionare, la formazione dell'Ingegnere.

Lo studio di UCL pone al centro la necessità di sviluppare nello studente di ingegneria abilità tipiche della formazione di scienze umane quali la creatività e l'inventiva attraverso curriculum più centrati sullo studente e quindi su i suoi interessi e abilità.

Lo studio ribadisce inoltre l'importanza di associare "*soft-skill*" agli *hard-skill* tipici della formazione ingegneristica e di puntare su "inclusione e diversità" attraverso curriculum più inter e multi-disciplinari, focus su discipline che riguardano lo sviluppo delle carriere di un ingegnere, l'acquisizione di capacità di saper fare attraverso lo sviluppo di progetti reali e l'accrescimento della dimensione internazionale attraverso esperienze all'estero.

Diverse altre prestigiose istituzioni universitarie internazionali hanno avviato studi e riflessioni sul tema (TU-Delft [24-29], ACED [30], Purdue, Singapore, etc...) e stanno conseguentemente rivedendo i loro modelli formativi.

In particolare, TU-Delft ha individuato, partendo da una ampia analisi, 10 forze motrici (Fig. 2) in grado di stimolare l'evoluzione della formazione in ambito ingegneristico.

Fig. 2: Principali forze motrici per l'evoluzione della formazione ingegneristica [28]

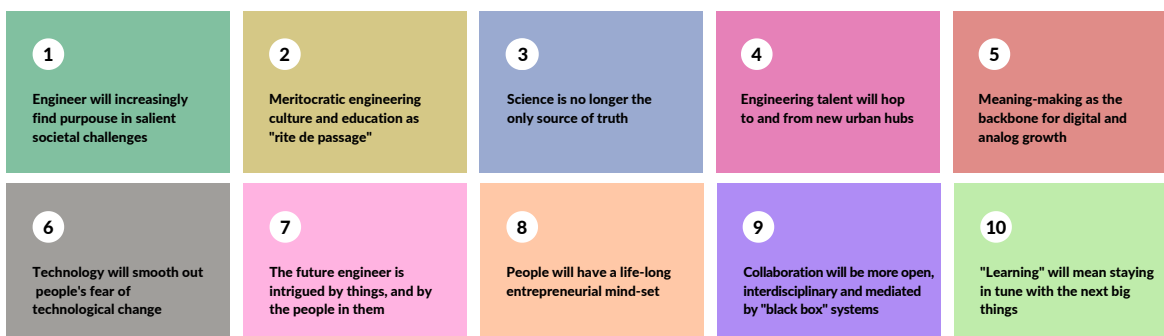
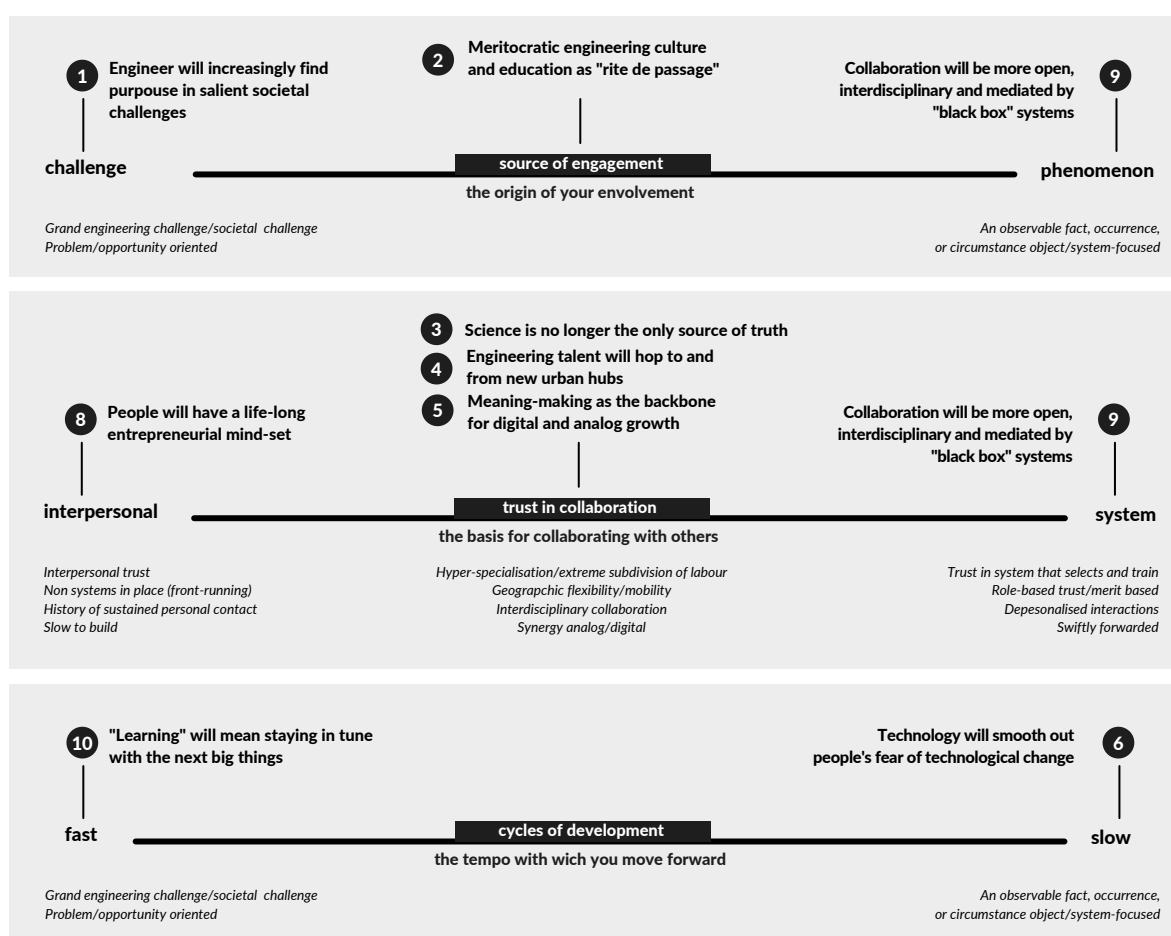


Fig. 3: Dimensioni per lo sviluppo della formazione ingegneristica [28]

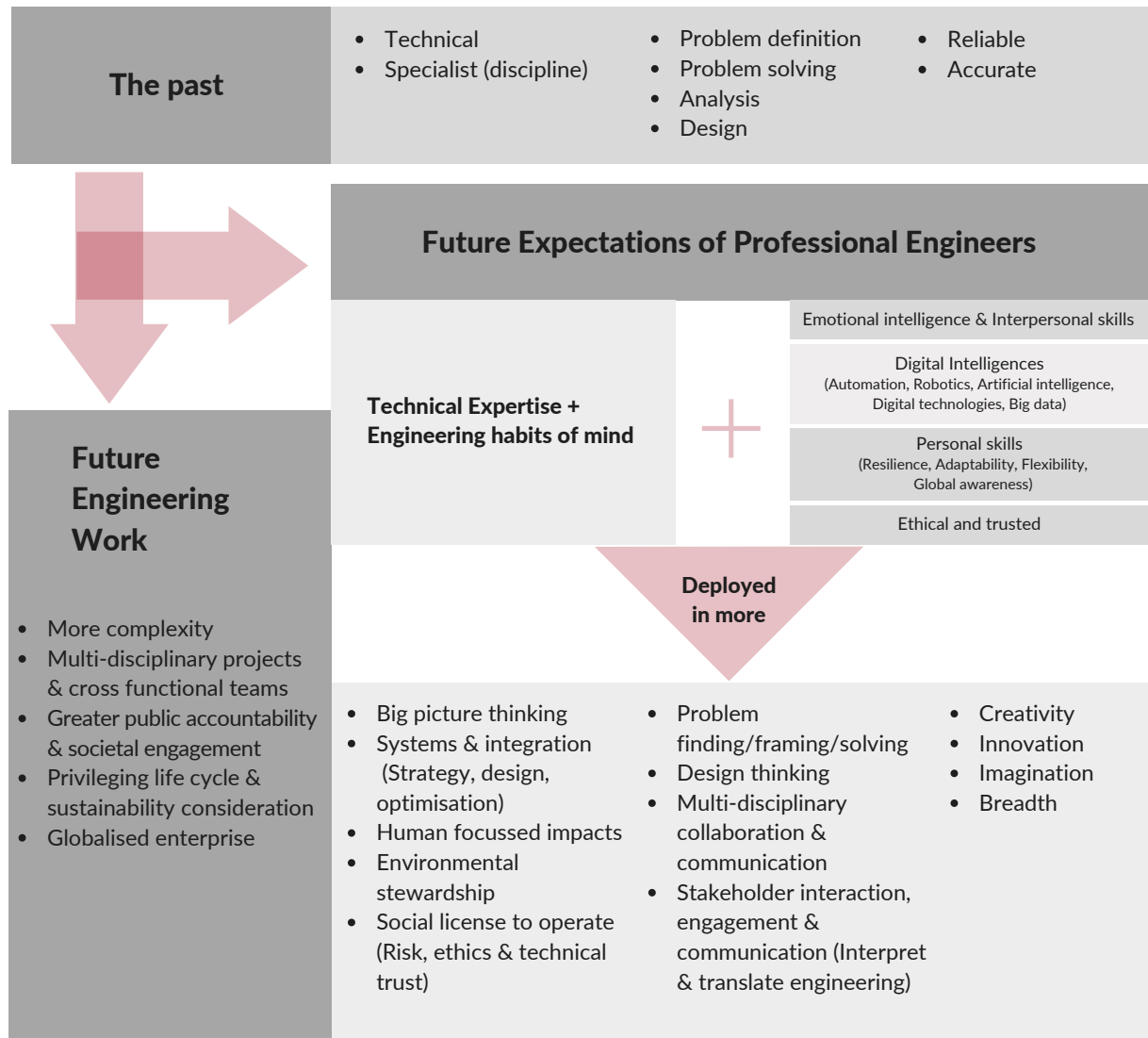


Il futuro della formazione ingegneristica viene quindi focalizzato su tre dimensioni (Fig. 3):

- conoscenza tecnologica (Source of engagement),
- fiducia nella collaborazione (Trust in collaboration),
- collegamento con il contesto temporale e con la società per lo sviluppo di beni e prodotti (Development cycles).

ACED [30], sulla base di una indagine condotta in Australia, delinea il profilo professionale atteso per le nuove generazioni di ingegneri (Fig. 4), con una significativa sovrapposizione di concetti e valutazioni rispetto alle analisi di TU Delft.

Fig. 4: Caratteristiche attese per gli ingegneri del futuro [30]



Non può infine essere trascurato, nella messa a punto di nuovi modelli formativi, il ruolo che le tecnologie didattiche innovative possono giocare nell'efficienza del processo di apprendimento e nel potenziamento della trasmissione delle conoscenze. Diventa quindi strategica anche una continua motivazione dei docenti verso nuovi approcci e strumenti didattici.

Il ruolo delle Istituzioni Europee

Le Istituzioni Europee, a partire dal 2017, hanno iniziato un approfondimento sulle modalità di massimizzare gli impatti degli investimenti in ricerca e innovazione, per introdurre strumenti di “*performance-based funding*” delle Università [31].

Questo ha portato alla definizione della *Renewed Agenda for the Modernisation of Higher Education* e alla proposta del “*Regional Innovation Impact Assessment*” (RI2A). Tale valutazione riguarda:

- *Education and human capital development;*
- *Research, technological development, knowledge transfer and commercialisation;*
- *Entrepreneurship and support to enterprise development;*
- *Regional orientation, strategic development and knowledge infrastructure.*

L'European Institute of Technology (EIT) coordinerà nel 2021-2027 (nell'ambito di *Horizon Europe*) una azione di supporto alle capacità di innovazione delle Università europee [32-33]; tale azione promuoverà:

- una maggiore integrazione nelle *innovation chains*,
- un ruolo più attivo nelle economie locali,
- strategie di differenziazione e specializzazione,
- una **efficace collaborazione con il mondo produttivo**,
- lo **sviluppo di entrepreneurial mindset in students and staff**,
- una miglior **gestione della trasformazione digitale**.

Tra le varie iniziative in essere, si possono menzionare:

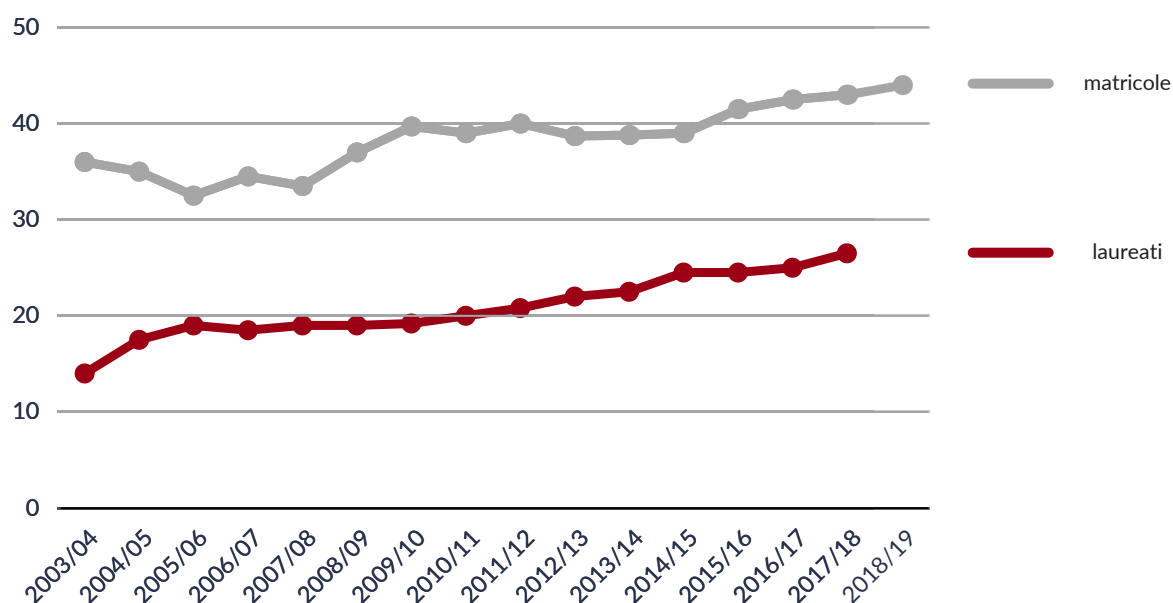
- il portale HEInnovate [34], sviluppato per favorire una autovalutazione degli Atenei in termini di *Leadership and Governance, Organisational Capacity (Funding, People and Incentives)*, **Entrepreneurial Teaching and Learning, Preparing and Supporting Entrepreneurs, Digital Transformation and Capability, Knowledge Exchange and Collaboration, Internationalisation, Measuring Impact**;
- l'*European University Network Pilot*, a supporto della creazione di reti di Università europee; nell'area ingegneristica, si segnala **Eurotech Universities** [35], una rete che include Technical University of Denmark (DTU), École Polytechnique (L'X), Eindhoven University of Technology (TU/e), Technical University of Munich (TUM), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) e Technion – Israel Institute of Technology. Il primo progetto finanziato a Eurotech Universities è “*European Engineering Education of the Future*”, che viene sinteticamente descritto come segue: *An international study programme with the goal of **jointly shaping the engineering education of the future**. It will be open not only to students enrolled at the partner universities, but also to engineers working in industry who are interested in life-long learning. The initiative will reinvigorate the **symbiosis between society and technology** together with various stakeholders and orient its programme towards human-centred engineering.*

La situazione italiana

Una mappatura dettagliata delle azioni innovative dell'Università italiana, anche con riferimento alle forze motrici europee ed internazionali è illustrata nel rapporto "Entrepreneurship and Innovation in Higher Education in Italy" [36].

La formazione ingegneristica universitaria è diffusa capillarmente nel territorio italiano, con 45 sedi in cui sono presenti corsi di Ingegneria. Ingegneria, con oltre 45.000 unità, rappresenta ormai circa il 16% del totale delle matricole in Italia, con tassi di crescita costanti che nell'ultimo decennio hanno avuto un incremento complessivo del 12,5% (Fig. 5).

Fig. 5: Andamento degli immatricolati in Ingegneria (fonte: ANS_Miur - dati in migliaia)



Tutto ciò conferma, anche nel nostro Paese, l'importanza degli Studi in Ingegneria in una società che sotto la spinta dello sviluppo tecnologico sta cambiando e cambierà velocemente. Vi sono a livello nazionale significative azioni di coordinamento di tali sviluppi innovativi (si vedano ad esempio i *Clusters Tecnologici Nazionali*). Talora, tali forme di coordinamento sono presenti anche a livello regionale (ad esempio, le Reti Innovative Regionali del Veneto).

Non viene però, in taluni casi, opportunamente evidenziato il ruolo strategico e centrale della figura dell'ingegnere, né come la sua formazione universitaria possa essere decisiva nel governare i processi innovativi.

Non va infine trascurato il ruolo peculiare che, nell'economia italiana, ricoprono le PMI, nelle quali la figura dell'ingegnere è unica e fondamentale.

Una riflessione sull'ingegneria in Italia

Appare certamente chiara la necessità di avviare una riflessione sull'attualità della formazione ingegneristica in Italia e sulla sua adeguatezza ad affrontare le sfide di cambiamento che il nostro Paese affronterà nei prossimi decenni. È una tematica su cui Copl ha posto, negli anni, particolare attenzione (si vedano gli atti del Convegno "Re-engineering Engineering: la formazione dell'ingegnere globale", tenutosi a Pavia nel 2007) [37], e che è necessario riprendere e approfondire.

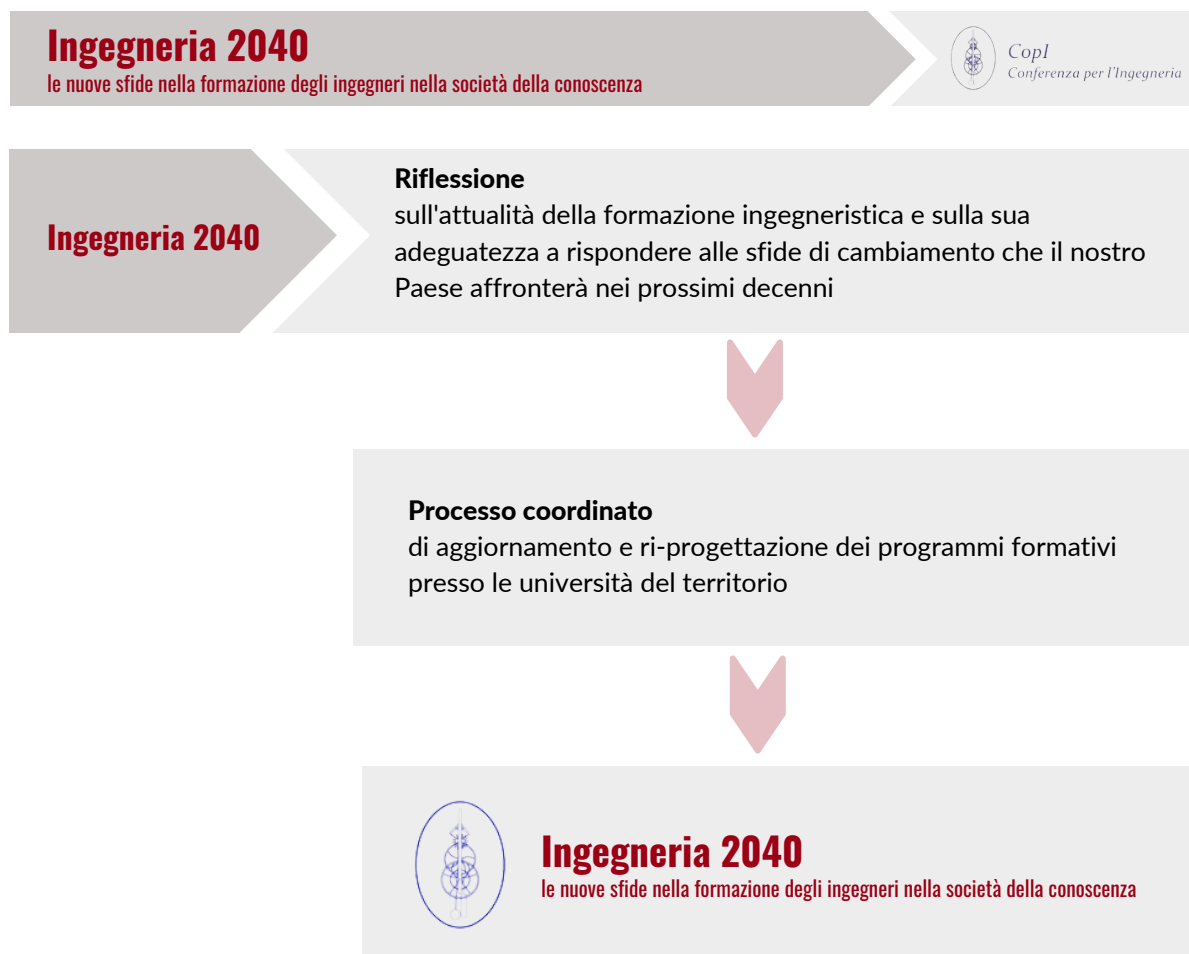
E' per questo motivo che la Copl, nell'Assemblea del 2 dicembre 2020, ha lanciato una iniziativa di riflessione, su base nazionale, sul tema:

Ingegneria 2040

le nuove sfide nella formazione degli ingegneri nella società della conoscenza

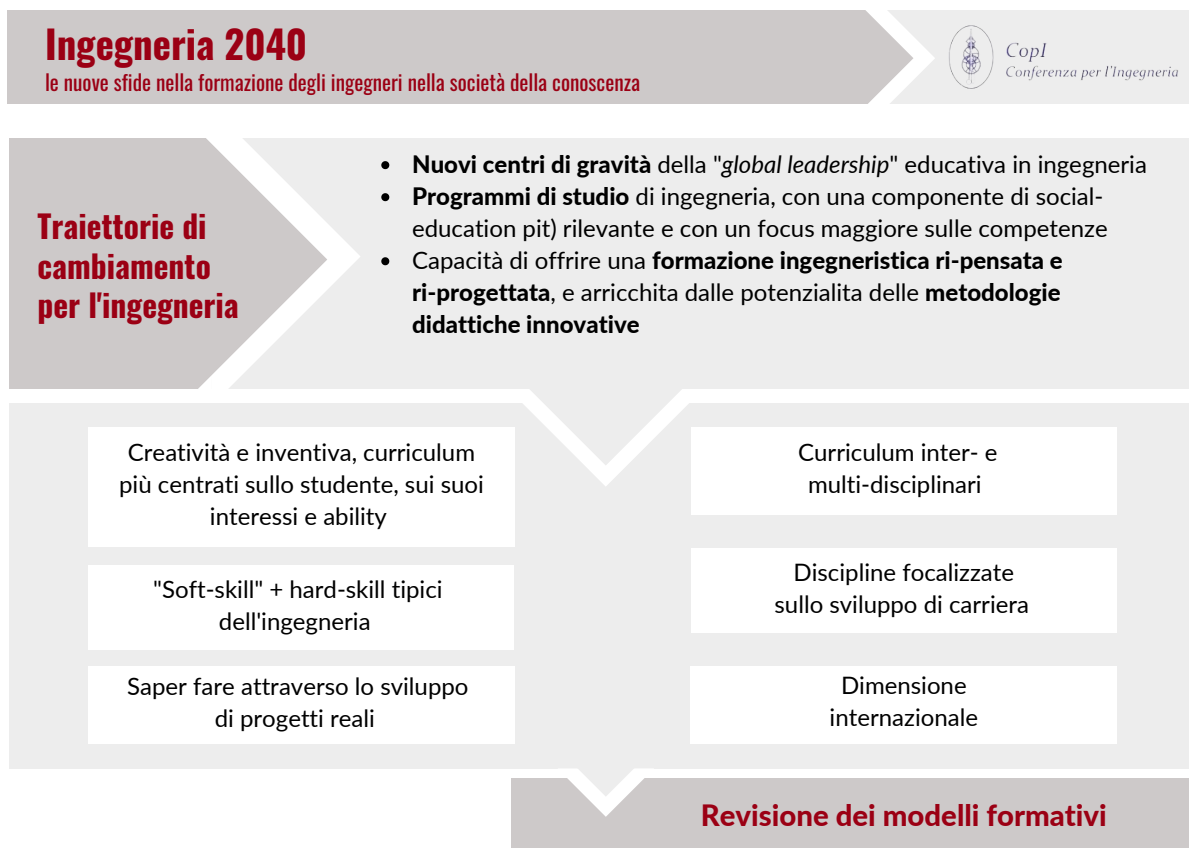
L'obiettivo di questo progetto è di riflettere, anche utilizzando i numerosi approfondimenti disponibili a livello internazionale, sull'attualità della formazione ingegneristica in Italia di fronte alle sfide del cambiamento della nostra società per pervenire ad un aggiornamento dei programmi formativi presso le università del territorio (Fig. 6).

Fig. 6: Struttura del Progetto Ingegneria 2040



La riflessione, partendo dall'individuazione delle principali traiettorie di cambiamento per l'ingegneria, deve poi focalizzarsi su modelli formativi che siano in piena coerenza con tali traiettorie. Lo schema di lavoro è illustrato in Fig. 7.

Fig. 7: Traiettorie di cambiamento per l'Ingegneria



L'iniziativa si pone la seguente *roadmap*:

• Lancio dell'iniziativa Ingegneria 2040 – Assemblea CopI	Dicembre 2020
• Distribuzione <i>Position paper</i>	Gennaio 2021
• Raccolta contributi di discussione <ul style="list-style-type: none"> ◦ professioni del futuro e sfide per l'ingegneria ◦ modelli formativi ◦ ri-progettazione programmi formativi 	entro Aprile 2021
• Gruppi di lavoro tematici	Aprile - Luglio 2021
• Workshop Nazionale Ingegneria 2040 , con Istituzioni Universitarie, MIUR, SEFI, <i>Stakeholders</i> (Confindustria, ordini professionali, <i>think thank</i> , etc...)	Autunno 2021
• Rilascio <i>White-book</i> Ingegneria 2040 per la revisione dei percorsi formativi di Ingegneria in Italia	Dicembre 2021

Riferimenti bibliografici

- 1) The Future of Jobs – Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution, World Economic Forum, 2016
- 2) C. Daheim, O. Wintermann, 2050: The Future of Work – Findings of an International Delphi Study of The Millennium Project (2016)
- 3) The Future of Jobs Report 2018, World Economic Forum, 2018
- 4) 100 Jobs of the Future - Deakin University, 2019
- 5) The Future of Jobs Report 2020, World Economic Forum (2020)
- 6) NAE GRAND CHALLENGES FOR ENGINEERING, National Academy of Engineering (2017)
- 7) <http://www.engineeringchallenges.org/challenges.aspx>
- 8) Doyle, A, Gumaelius, L. B., Pears, A. N., & Seery, N. Theorizing the Role of Engineering Education for Society: Technological Activity in Context? ASEE Annual Conference & Exposition (2019)
- 9) O. Wymann, ENGINEERING 2030 – SIX MEGATRENDS THAT WILL SHAPE ENGINEERING (2018)
- 10) L. Morell, Engineering Education in the 21st Century: Roles, Opportunities and Challenges, Int J Technol Engineering Educ, 7(2), 1 (2010)
- 11) D. Apelian, The Engineering Profession in the 21st Century – educational needs and societal challenges facing the profession, 2007
- 12) <https://www.asme.org/asme-programs/students-and-faculty/engineering-education/strategy-vision-2030>
- 13) 2028 Vision for Mechanical Engineering - A report of the Global Summit on the Future of Mechanical Engineering, July 2008, ASME
- 14) Engineering for a Changing World, A Roadmap to the Future of American Engineering Practice, Research, and Education, James J. Duderstadt, The University of Michigan (2010)
- 15) American Society for Engineering Education, Transforming Undergraduate Education in Engineering, 2013.
- 16) The future of German mechanical engineering – Operating successfully in a dynamic environment, McKinsey & Company, July 2014
- 17) Engineering the future, Digital Design Weekend 2016, Uniform Communications Ltd and contributors, 2016
- 18) Engineering the future – a vision for the future of UK engineering (2017)
- 19) Erik van der Vleuten, Ruth Oldenziel & Mila Davids, Engineering the Future, Understanding the Past – A Social History of Technology, Amsterdam University Press B.V., 2017
- 20) NATO Science & Technology Organization, Science & Technology Trends 2020-2040 – Exploring the S&T Edge (2020)
- 21) C. Eckert, O. Isaksson, S. Hallstedt, J. Malmqvist, A. Öhrwall Rönnbäck, M. Panarotto: INDUSTRY TRENDS TO 2040, Ing. Conf. Engineering Design ICED19 (2019)

- 22) Ruth Graham, The global state of the art in engineering education, MIT, 2018
- 23) UCL Centre for Engineering Education, Innovations in Engineering Education – Inspiring & Preparing Our Engineers for the 21st Century (2018)
- 24) A. Kamp, Engineering Education in the Rapidly Changing World – Rethinking the Vision for Higher Engineering Education, Delft, June 2016
- 25) A. Kamp, R. Klaassen: Impact of Global Forces and Empowering Situations on Engineering Education in 2030, Proceedings of the 12th International CDIO Conference, 2016
- 26) P. de Vries, R. Klaassen, D. Ceulemans, M. Ionides: Emerging Technologies in Engineering Education: Do we need them and can we make them work?, 4TU.Centre for Engineering Education, 2017
- 27) A. Van den Beemt, M. MacLeod, J. Van der Veen, A. Van de Ven, S. Van Baalen, R. Klaassen, M. Boon: Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support, J Eng Educ. 2020;109:508–555
- 28) R. Klaassen, M. van Dijk, R. Hoop, A. Kamp: Engineer of the Future – envisioning higher engineering education in 2035, TU Delft, 2019
- 29) A. Kamp: Navigating the Landscape of Higher Engineering Education – Coping with decades of accelerating change ahead, 4TU.Centre for Engineering Education, 2020
- 30) C. Crosthwaite, ENGINEERING FUTURES 2035: A scoping study, ACED, 2019
- 31) K. Jonkers, R. Tijssen, A. Karvounaraki, X. Goenaga, A Regional Innovation Impact Assessment Framework for universities, JRC Science for Policy Report, 2018
- 32) New EIT Action to Support the Innovation Capacity of Higher Education Institutions in Europe, 2020
- 33) EIT synergies with Horizon Europe and other EU programmes 2021-2027, 2020
- 34) HEInnovate eight dimensions, 2020
- 35) Eurotech Universities. “EUROPEAN ENGINEERING EDUCATION OF THE FUTURE”, 2020
- 36) OECD Skills Studies, Supporting Entrepreneurship and Innovation in Higher Education in Italy (2019)
- 37) “Re-engineering Engineering: la formazione dell’ingegnere globale” (2007), Quaderno n. 5 della Copl, a cura di V. Cantoni

Ingegneria 2040

le nuove sfide nella formazione degli ingegneri nella società della conoscenza

Gennaio 2021



Copl
Conferenza per l'Ingegneria

