



Riflessioni sulle nuove sfide nella formazione degli ingegneri: l'ingegneria per lo sviluppo sostenibile

Assemblea ordinaria SIDRA, 9 aprile 2021

Prof. Mariagrazia DOTOLI

Dip. di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI)
Politecnico di Bari

Decision and Control Laboratory, dclab.poliba.it

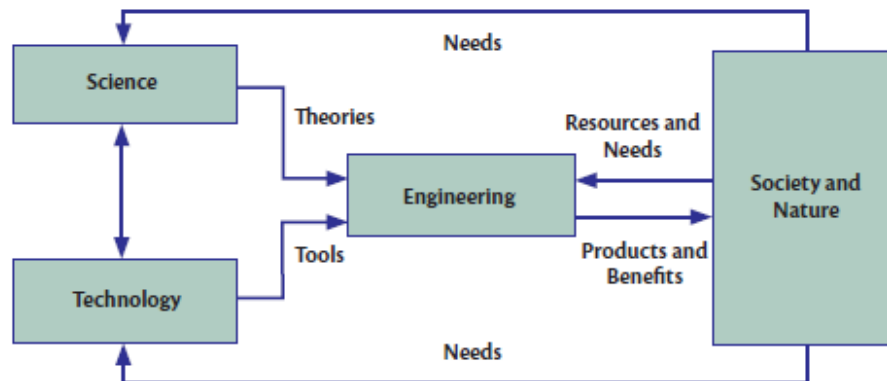
mariagrazia.dotoli@poliba.it

Riflessioni sulle nuove sfide nella formazione degli ingegneri: l'ingegneria per lo sviluppo sostenibile

- **Introduzione**
- **L'ingegneria per lo sviluppo sostenibile**
- **Le sfide per l'ingegneria e le professioni del futuro**
- **Il futuro della formazione per l'ingegneria**
 - **Diversità ed inclusione nell'ingegneria**
 - **Le donne in ingegneria**
 - **Nuovi modelli di formazione in ingegneria**
- **Conclusioni**

Ingegneria

- «Insieme di studi e tecniche che utilizzano le conoscenze di varie branche delle scienze (fisica, chimica ecc.), insieme a quelle tecnologiche (per es. materiali), per risolvere problemi applicativi e per progettare e realizzare opere di diversa natura (edili, meccaniche ecc.)» **[Treccani]**



- Etimologia**

- La parola **ingegneria** deriva dai termini latini **ingenium** (*ingegno, intelligenza, creatività, intuito, acume, talento, capacità intellettuale*) e **ingenero** (*creare, produrre, inventare*) e dalla stessa radice deriva il termine italiano "ingegno".

Storia

- **L'ingegneria è una delle professioni più antiche**
 - Imhotep (coordinatore dei lavori del faraone e ideatore della piramide a gradoni di Saqqara), professionalizzazione dell'ingegnere, 3000 a.c.
 - Archimede di Siracusa, con scoperte che vanno dall'idrostatica (galleggiamento dei corpi), all'ottica (specchio di Archimede), alla meccanica (leve), 200 a.c.
- **L'ingegneria é nata in ambito militare (ricordiamo Leonardo e le sue macchine, le campagne napoleoniche accompagnate da ingegneri) e in ambito civile (Egitto, Mesopotamia, Greci, Romani, ecc.)**
- **In seguito si sono differenziate le molte altre aree dell'ingegneria:**
 - **meccanica, elettrica, elettronica, automazione, informatica, etc.**
- **C'è già stata la grande era dell'ingegneria?**
 - **si potrebbe pensare sia avvenuta durante i periodi di massiccia meccanizzazione e urbanizzazione (rivoluzioni industriali dal XVIII al XX secolo) caratterizzate da:**
 - **fonti apparentemente illimitate di energia (carbone, petrolio, gas);**
 - **un ambiente anch'esso con capacità apparentemente illimitate, in termini di approvvigionamento idrico, materiali e altre risorse relative ai fabbisogni umani.**



... la grande era dell'ingegneria inizia solo ora!*



- Lo sviluppo e l'applicazione della conoscenza nell'ingegneria sostengono e promuovono la sostenibilità e lo sviluppo sociale ed economico.
- L'ingegneria è vitale per:
 - affrontare i bisogni umani fondamentali
 - ridurre la povertà
 - colmare il "Knowledge divide"
 - attuare lo sviluppo sostenibile

Il problema principale che la società deve affrontare oggi è come conciliare lo sviluppo umano con la salvaguardia del pianeta.

* Unesco, 2010. "Engineering: issues, challenges and opportunities for development." Report. New York.

- Le sfide che la società globale deve affrontare possono essere sinteticamente descritte attraverso i 17 obiettivi di sviluppo sostenibile identificati dalle Nazioni Unite* (SDG, Sustainable Development Goals)

- La formazione ha un ruolo centrale nella soluzione di queste sfide (SDG#4 Quality Education)

- Tutte le aree dell'ingegneria possono essere ricondotte a ciascuno di questi obiettivi di sostenibilità



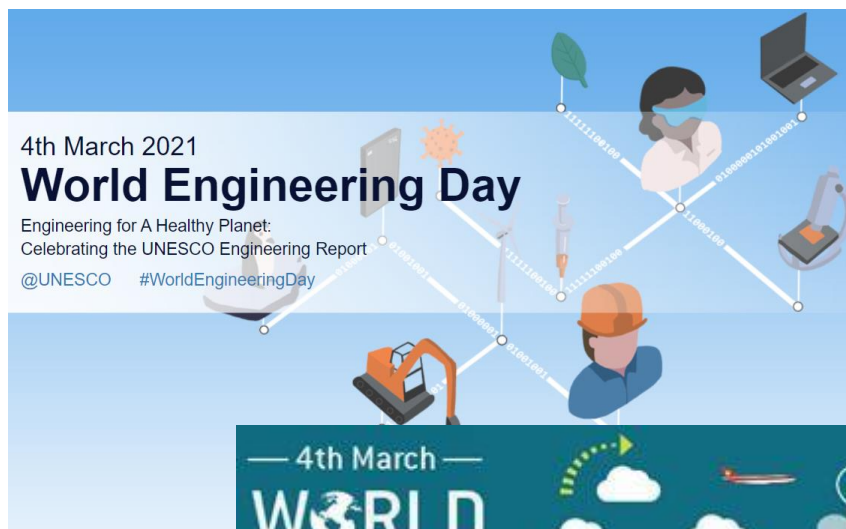
* United Nations, 2016. "Progress Towards the Sustainable Development Goals." Report. New York.

L'ingegneria per lo sviluppo sostenibile

- Ruolo fondamentale dell'ingegneria - e degli ingegneri - a favore dello sviluppo della società e del benessere comune



- Dal 2020 la giornata del 4 marzo è stata dichiarata Giornata Mondiale dell'Ingegneria dall'UNESCO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura)




4 Marzo, Giornata Mondiale dell'Ingegneria

- I 17 colori degli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) delle Nazioni Unite sono inclusi nel logo del WED (World Engineering Day) e rappresentano l'impegno per l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.
 - I colori al centro dell'immagine sono relativi agli obiettivi di sviluppo sostenibile per:
 - acqua, energia, infrastrutture sostenibili e innovazione (le aree principali in cui gli ingegneri sono maggiormente necessari).
 - Anche l'obiettivo della formazione in ingegneria è centrale poiché il mondo ha bisogno di più ingegneri con le giuste competenze ingegneristiche per attuare lo sviluppo sostenibile.



“ Engineering is one of the keys to the sustainable development of our societies, and to activate its full potential, the world needs more engineers and more equality ”

— Audrey Azoulay, UNESCO Director-General

- **Le innovazioni ingegneristiche associate alle tecnologie emergenti ci permettono di affrontare sfide chiave e raggiungere gli obiettivi di sviluppo sostenibile, quali ad esempio:**
 - lotta alle pandemie (COVID-19) e miglioramento della sanità
 - emergenze climatiche e disastri naturali
 - energia pulita e accessibile
 - big data e intelligenza artificiale
 - città sostenibili e smart
 - industria digitale
 - human robot collaboration, sistemi cyberfisici.
- 
- **Queste soluzioni dell'ingegneria non riguardano solo le capacità tecnologiche, ma sono fortemente legate anche a:**
 - codici etici, norme e standard in grado di garantire che **le pratiche dell'ingegneria siano condotte in modo responsabile e sostenibile, con un focus sull'uomo.**

Ingegneria per combattere COVID-19 e migliorare l'assistenza sanitaria

- **Gli ingegneri sono attivamente impegnati nella lotta contro COVID-19 attraverso l'uso di tecnologie avanzate:**
 - **dispositivi medici diagnostici e terapeutici**
 - **tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT)**
 - **Internet of Medical Things (IoMT)**
 - **AI, robotica e additive manufacturing**

questi sforzi hanno accelerato la capacità di

- **rilevare e monitorare l'infezione virale rapidamente e con precisione**
- **supportare i decisori politici nelle decisioni strategiche legate alla pandemia**
- **avere a disposizione apparati di supporto vitale complessi (ventilatori) e dispositivi di imaging e monitoraggio, nonché metodologie di isolamento efficiente (tracciamento contatti e analisi dei big data)**
- **L'obiettivo generale è quello di migliorare l'assistenza sanitaria, implementando progressi tecnologici per supportare diagnosi rapide, trattamenti e riabilitazione dei pazienti, raggiungendo maggiore precisione a minor costo per il benessere di tutti.**

SDG#3



Ingegneria per le emergenze climatiche e la riduzione del rischio disastri

- La progettazione, costruzione e gestione delle infrastrutture devono essere adattate per affrontare le sfide legate al clima e sostenere l'attuazione di azioni di adeguamento o di ripristino (resilienza).
 - L'aggiornamento di codici, standard e linee guida nazionali e il miglioramento dei servizi climatici sono necessari per permettere agli ingegneri di affrontare i rischi per le infrastrutture associati ai cambiamenti climatici.
- L'obiettivo generale è la pianificazione e l'attuazione di azioni di adattamento, incluse procedure operative e di manutenzione per prolungare la vita delle infrastrutture a rischio critico di guasto.



SDG# 2, 9, 13, 14, 15



Ingegneria per un'energia pulita e accessibile

SDG# 7, 9



- L'ingegneria è essenziale per la generazione e la fornitura di elettricità, che è vitale per la crescita economica e una vita migliore.
 - Quasi 1 miliardo di persone (in Africa e Asia) non hanno ancora accesso a fonti non intermittenti di elettricità, la cui fornitura è un compito fondamentale degli ingegneri.
- Ingegneri elettrici, meccanici e ambientali sono necessari per lo sviluppo a basso costo e a ridotte emissioni di carbonio di fonti di energia rinnovabile, per rendere l'energia accessibile nelle regioni remote, mitigando gli impatti sul cambiamento climatico.
- Agendo all'interfaccia tra sostenibilità e resilienza, l'obiettivo è la scelta ottimale delle tecnologie per sistemi energetici sostenibili e resilienti.

Big data e Artificial Intelligence (AI)

SDG# 9



- **La disponibilità di grandi quantità di dati eterogenei da molteplici fonti è cresciuta in maniera esponenziale**
 - **È necessario formulare strategie, processi e algoritmi efficienti, aprendo nuove opportunità per ricercatori, ingegneri e imprenditori in un'ampia varietà di domini.**
- **L'intelligenza artificiale e i big data possono potenziare vari settori dell'ingegneria, ma hanno anche conseguenze negative in termini di privacy e sicurezza**
 - **obbligo degli ingegneri di esercitare una condotta responsabile nell'utilizzo di AI e big data a beneficio di tutte le persone e dell'intero pianeta.**



● Città sostenibili e smart

SDG# 1, 2, 8, 11



- **Gli ingegneri civili, strutturali, elettrici, meccanici, ambientali, del software, delle telecomunicazioni e dell'automazione stanno contribuendo a rendere le città intelligenti (smart city)**
- **Grazie all'impiego diffuso delle nuove tecnologie della comunicazione, della mobilità, dell'ambiente e dell'efficienza energetica, sono in corso iniziative tese all'ottimizzazione e all'innovazione dei servizi pubblici per:**
 - **migliorare la qualità della vita e soddisfare le esigenze di cittadini, imprese e istituzioni**
 - **mettere in relazione le infrastrutture materiali delle città con il capitale umano, intellettuale e sociale di chi le abita**
 - **creare città più vivibili ed inclusive.**



Industria Digitale

SDG# 9, 12



- **Industria 4.0: dall'automazione tradizionale ad una automazione cognitiva (l'operatore, "aumentato" delle sue funzionalità, diventa fattore di aumento della produttività in fabbrica)**



- **Automazione collaborativa (collaborazione Uomo-Macchina)**



- **Attività di supervisione alle macchine**



- **Attività di supporto alle macchine**



- **verso l'industria 5.0 (collaborative industry)**



Human robot collaboration, sistemi cyberfisici



SDG# 8, 9



- **I robot sono agenti artificiali con capacità di percezione e azione nel mondo fisico.**
 - **Il loro uso è stato generalizzato nelle fabbriche**
 - **oggi tendono a essere utilizzati nelle società tecnologicamente più avanzate in settori critici quali ricerca e soccorso, operazioni militari, rilevamento di mine e bombe, esplorazione scientifica, cure e riabilitazione sanitaria**
- **Il crescente numero di applicazioni implica una sempre più stretta interazione con l'utente.**
 - **Il concetto di collaborazione va inteso nel suo pieno significato, dato che i robot e gli esseri umani non solo condividono lo spazio di lavoro ma condividono anche gli obiettivi in termini di raggiungimento del compito.**
- **Accanto ai classici problemi di sicurezza, i più recenti modelli tecnologici dell'ergonomia applicata ai processi di interazione uomo-robot dovranno garantire il miglioramento delle condizioni dell'operatore sotto l'aspetto fisico e psicologico, aumentando così l'efficienza e la produttività delle attività**

- Come colmare il gap tra

- le attuali capacità dell'ingegneria
- e gli obiettivi di sviluppo sostenibile e la soluzione delle sfide per l'ingegneria e le professioni del futuro?



- Attraverso una più stretta collaborazione tra governi, industria, accademia e istituti di istruzione e ricerca, società civile, comunità professionali di ingegneri per garantire che:

1. **gli ingegneri dispongano delle giuste competenze per costruire un futuro più sostenibile**
 - > gli standard di istruzione in ingegneria devono includere gli obiettivi di sviluppo sostenibile ed essere al passo con le tecnologie in rapida evoluzione e l'emergere di nuove discipline
2. **sia soddisfatta la crescente domanda di ingegneri**
 - > è necessario incrementare le iscrizioni: i più giovani, in particolare le ragazze, devono considerare l'ingegneria una professione attrattiva.

“If you want to make change for a better world – become an engineer”

Giornata mondiale dell'ingegneria

La stessa formazione in ingegneria ha bisogno di trasformarsi per diventare più innovativa, inclusiva, e cooperativa.



- **Gli studenti di ingegneria devono imparare ad analizzare e risolvere i problemi che la società deve affrontare e utilizzare le tecnologie che miglioreranno la vita sostenibile.**
- **Queste esigenze sono rafforzate dalle principali nuove tendenze che danno corpo alla formazione in ingegneria, come**
 - **le questioni di diversità**
 - **l'equilibrio di genere**
 - **le tecnologie emergenti e l'agenda per l'occupabilità (nuovi modelli formativi)**

Diversità ed inclusione in ingegneria

- È sempre più riconosciuto da studi di settore che:
 - **innovazione, profitto e ingegneria di alta qualità possono essere migliorati da un team diversificato di ingegneri**
 - **un approccio interdisciplinare e inclusivo consente di affrontare le sfide globali in modo equilibrato e olistico, garantendo che i progressi compiuti in una direzione vengano capitalizzati per raggiungere altri obiettivi**

SDG# 4, 10, 16



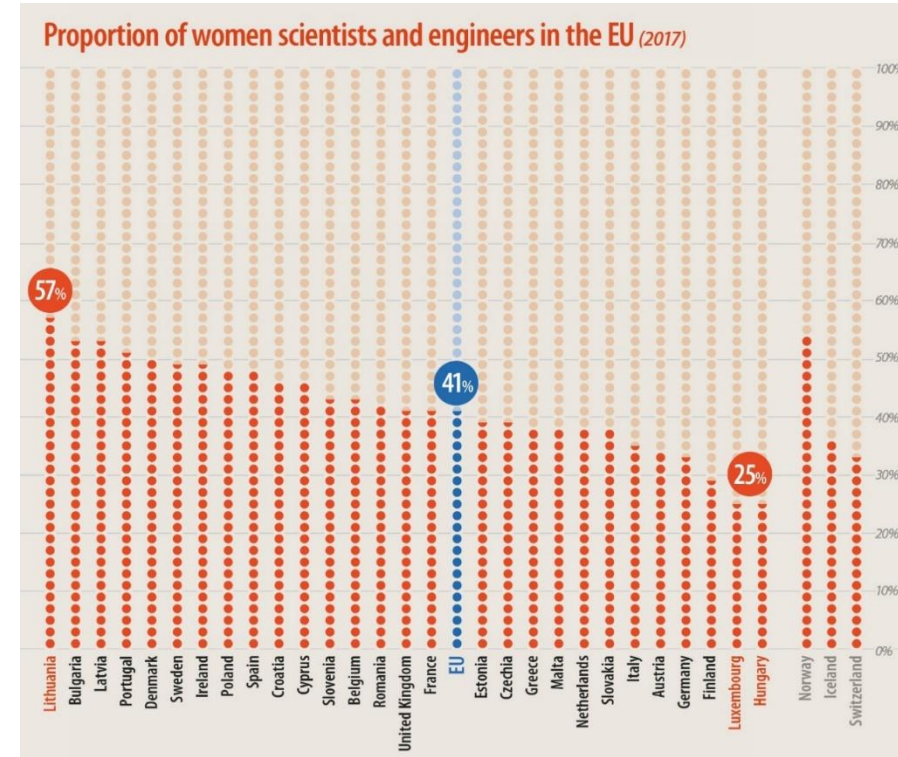
- **Le istituzioni che si occupano di formazione dovrebbero fornire senza barriere percorsi e accesso alla formazione in ingegneria per tutti gli studenti e in ogni fase della loro formazione, in modo da consentire un ambiente educativo diversificato dove insegnamento e apprendimento inclusivo consentano di sviluppare una mentalità inclusiva nei futuri ingegneri.**

Il futuro della formazione per l'ingegneria

Le donne nell'ingegneria (1/2)

- In tutto il mondo, le donne rappresentano il 29% della forza lavoro impiegata nella ricerca e sviluppo scientifico.
- Nell'UE, sul totale degli scienziati e ingegneri, il 41% sono donne (7,1 milioni) e il 59% uomini (10,5 milioni).
- Una maggioranza femminile di scienziate e ingegneri è osservata solo in 5 Stati membri dell'UE: Lituania (57%), Bulgaria e Lettonia (53%), Portogallo (51%), Danimarca (50%).
- In Italia, il 35% degli ingegneri e degli scienziati sono donne.

SDG# 4, 5



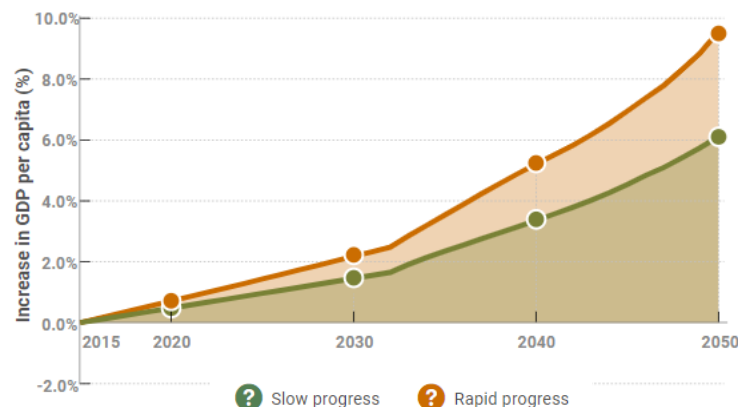
ec.europa.eu/eurostat

Le donne nell'ingegneria (2/2)

- I benefici dell'equilibrio di genere sono condivisi dalla società nel suo insieme, qualunque sia il sesso.
- In particolare (dati dal Global Gender Gap Report del World Economic Forum) è importante notare che:

1. Ricerche di settore mostrano che i team caratterizzati da diversità di genere ottengono risultati migliori.
2. La ricerca mostra che più donne in ingegneria significano più PIL (il numero di posti di lavoro nei settori STEM è in aumento e questi lavori pagano bene).
 - Il PIL europeo migliorerà colmando il divario di genere.
 - Il raggiungimento dell'uguaglianza di genere incrementerà fino a 1,2 milioni i posti di lavoro nell'UE e fino a 800 miliardi di EUR il PIL dell'UE entro il 2050.
 - La Royal Society of Edinburgh stima che il raddoppio delle competenze scientifiche delle donne contribuirà a sommare 170 milioni di sterline all'anno all'economia scozzese.

Effect of gender equality on GDP per capita



- **Stare al passo con la trasformazione dei settori dell'ingegneria**
 - **richiede un cambiamento nella formazione di ingegneria**
 - **da un focus sulla conoscenza tecnica accademica**
 - **verso un approccio interdisciplinare più ampio e complesso che combina l'analisi dei problemi sociali e di sostenibilità con soluzioni e conoscenze tecniche accademiche.**

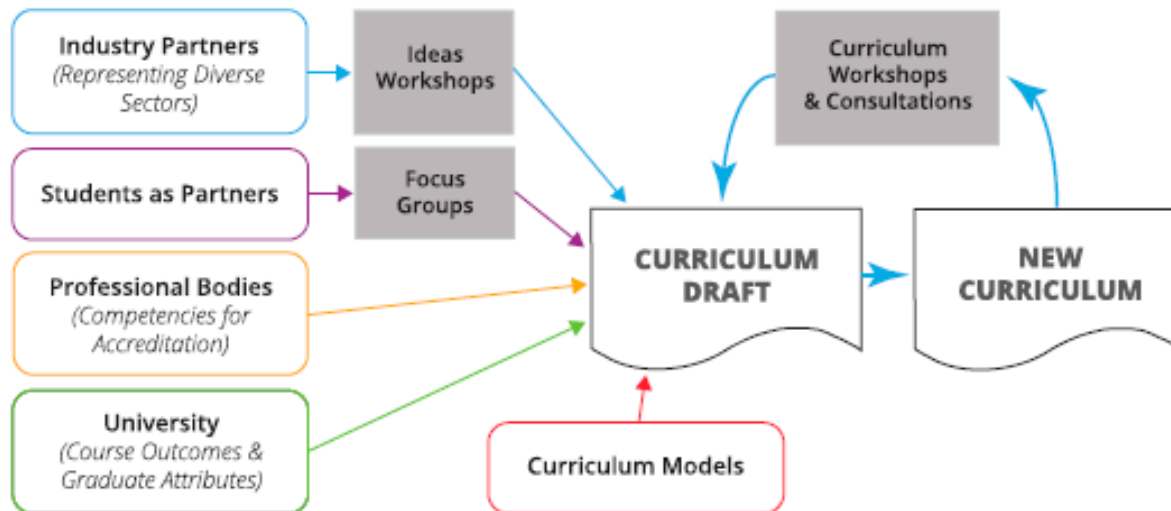


- **Gli studenti di ingegneria devono imparare ad analizzare e risolvere problemi complessi ed essere in grado di collaborare in una varietà di team.**



- **Ciò implica:**
 - **la necessità di sviluppare nuove competenze di ingegneria**
 - **che le istituzioni del mondo dell'ingegneria rispondano alle sfide della sostenibilità attraverso un modello di apprendimento centrato sullo studente**

- **Quale approcci formativi/educativi si dimostrano efficaci?**
 - **Negli ultimi 20 anni, le istituzioni di formazione si stanno muovendo da un sistema guidato dai docenti ad un ambiente di apprendimento guidato dagli studenti**
 - **apprendimento attivo in classe (flipped classroom)**
 - **apprendimento basato su progetti e problemi (Problem-based learning - PBL).**
 - **apprendimento basato sulla pratica , con inclusione nel curriculum degli studi di elementi dedicati a situazioni lavorative: stage, progetti industriali, hub di innovazione e imprenditorialità, apprendimento delle competenze professionali.**
 - **co-progettazione del curriculum degli studi con i partner del settore**



SDG# 4, 17



Raccomandazioni:

- 1. Migliorare e rafforzare l'istruzione STEM nella scuola (primaria e secondaria)**
- 2. Incrementare l'attenzione all'equilibrio di genere e alla diversità**
- 3. Accrescere l'interdisciplinarietà favorendo la contaminazione tra discipline, anche umanistiche**
- 4. Sviluppare capacità come innovazione, visione imprenditoriale e lavoro di squadra (soft skill)**
- 5. Porre attenzione allo sviluppo sostenibile e all'occupabilità nei curricula di ingegneria (inclusi i dottorati)**
- 6. Investire in studi di settore sul futuro dell'ingegneria**
- 7. Operare un cambiamento istituzionale che abbracci la complessità anche nei modelli formativi**
- 8. Abilitare e formare l'accademia e i professori a un ruolo di facilitatori del cambiamento**

Conclusioni

- **L'ingegneria ha sempre trasformato il mondo al meglio. È più rilevante e urgente che mai aggiornare l'ingegneria: sono necessari più ingegneri con le giuste competenze.**



- **L'ingegneria ha bisogno di trasformarsi per diventare più innovativa, inclusiva, cooperativa e responsabile.**

- **Le innovazioni dell'ingegneria sono fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile.**



La formazione e lo sviluppo delle capacità sono la chiave per abilitare l'ingegneria a superare le sfide di un futuro sostenibile

- **Royal Academy of Engineering, Engineering a better world, 2016**
<https://www.raeng.org.uk/>
- **UNESCO, Engineering Report, 2020**
<https://en.unesco.org/reports/engineering>
- **UNESCO, World Engineering Day, 2021**
<https://worldengineeringday.net/>
- **World Economic Forum, Global Gender Gap Report, 2020**
[Global Gender Gap Report 2020 | World Economic Forum \(weforum.org\)](https://www.weforum.org/reports/global-gender-gap-report-2020)



Riflessioni sulle nuove sfide nella formazione degli ingegneri: l'ingegneria per lo sviluppo sostenibile

Assemblea ordinaria SIDRA, 9 aprile 2021

Prof. Mariagrazia DOTOLI

Dip. di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI)
Politecnico di Bari

Decision and Control Laboratory, dclab.poliba.it

mariagrazia.dotoli@poliba.it