



CIRTE

Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare
INTER-UNIVERSITY CONSORTIUM FOR NUCLEAR TECHNOLOGICAL RESEARCH



IL NUCLEARE

**TRA INNOVAZIONE, RICERCA,
SICUREZZA E SOSTENIBILITÀ**

FORMAZIONE ACCADEMICA E CAPITALE UMANO



Prof. Gianfranco Caruso

Sapienza Università di Roma

Membro del Consiglio Direttivo del CIRTE



C I R T E N

Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare
INTER-UNIVERSITY CONSORTIUM FOR NUCLEAR TECHNOLOGICAL RESEARCH



L.E.N.A.
Università degli Studi di Pavia

POLITECNICO
MILANO 1863

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

UNIVERSITÀ DI PISA

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

POLITECNICO
DI TORINO

- CIRTEN: Intra-University Consortium for Nuclear Technology Research
- Nuclear Education in Italy **since '50s**
- CIRTEN Consortium **since 1994**
- **7** universities, involved in nuclear science and technology research
- Offering **Nucl. Eng. education** via **MSc** and **PhD** programmes
- Founding Member / Member:



enen



FuseNet



IL NUCLEARE
TRA INNOVAZIONE, RICERCA,
SICUREZZA E SOSTENIBILITÀ



C I R T E N

Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare
INTER-UNIVERSITY CONSORTIUM FOR NUCLEAR TECHNOLOGICAL RESEARCH

Prof. Gianfranco Caruso
Sapienza Università di Roma

L'alta formazione (nucleare) in Italia

- **Peculiarità:** mantenimento delle competenze di carattere nucleare a livello universitario.
- **Corsi di Laurea in Ingegneria Nucleare:** in Italia sono stati istituiti nel periodo compreso fra il 1957 ed il 1966 in sei Atenei (i Politecnici di Milano e Torino e le Università di Bologna, Palermo, Pisa e Roma-Sapienza), come sviluppo di Corsi di Specializzazione specifici o Corsi di Indirizzo in altri Corsi di Laurea preesistenti.
- **Il Consorzio:** Gli istituti universitari che offrono formazione nucleare sono organizzati dal 1994 come CIRTEN, Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare.

L'alta formazione (nucleare) in Italia: contenuti

- **Aree tematiche e settori scientifici disciplinari:** Anche se un raggruppamento per aree tematiche esisteva già dal 1973, i settori scientifici disciplinari (SSD) vennero introdotti dalla legge 19 novembre 1990, n. 341, riformati dal DM/10/2015, n. 855 e recentemente con il DM639 del 2/05/2024.
- **GSD 09/IIND-07: Fisica Tecnica e Ingegneria Nucleare:** il GSD include le competenze riguardanti: la **modellazione e il progetto di reattori nucleari** e di dispositivi in cui si utilizzano particelle, radiazioni e plasmi per applicazioni in campo energetico, industriale e biomedico; gli **aspetti modellistici e sperimentali della sicurezza e dell'impatto ambientale** degli impianti nucleari a fissione e a fusione, di potenza e di ricerca, compresi il loro controllo e la dismissione; **i principi fisici, chimici e computazionali di misura delle radiazioni ionizzanti** e gli strumenti e i metodi per la loro rivelazione, spettrometria e dosimetria; gli strumenti e i metodi per la **gestione di materiali e rifiuti radioattivi**, per l'uso di radioisotopi e macchine radiogene e per l'analisi della radioattività nell'ambiente.

L'alta formazione (nucleare) in Italia – consistenza del corpo docente

- Settori Scientifici Disciplinari - SSD:
- **IIND-07/C** Fisica dei reattori nucleari (ex **ING-IND/18**);
- **IIND-07/D** Impianti nucleari (ex **ING-IND/19**);
- **IIND-07/E** Misure e strumentazione nucleari (ex **ING-IND/20**);

Corpo docente attuale nei 3 settori (compresi T.D.): 62 + 16

Fisica dei reattori nucleari: 13 + 3

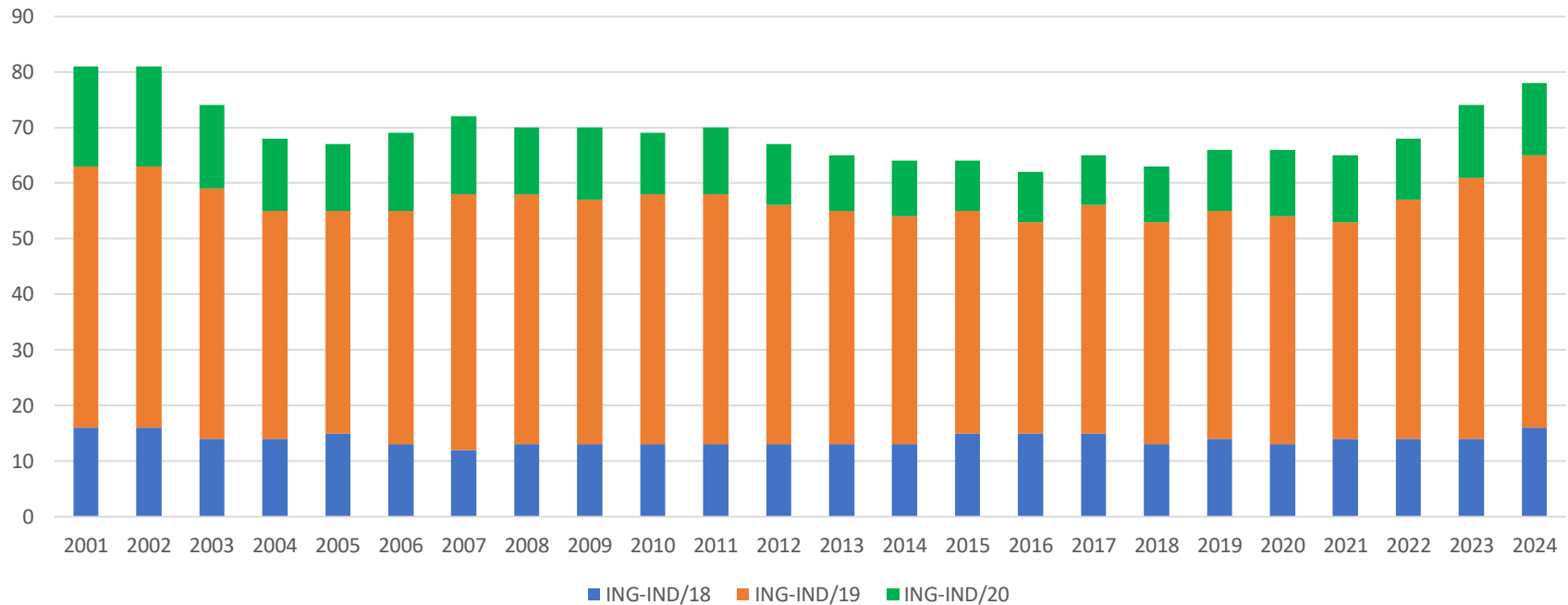
Impianti nucleari: 37 + 12

Misure e strumentazione nucleari: 12 + 1

L'alta formazione (nucleare) in Italia – evoluzione del corpo docente

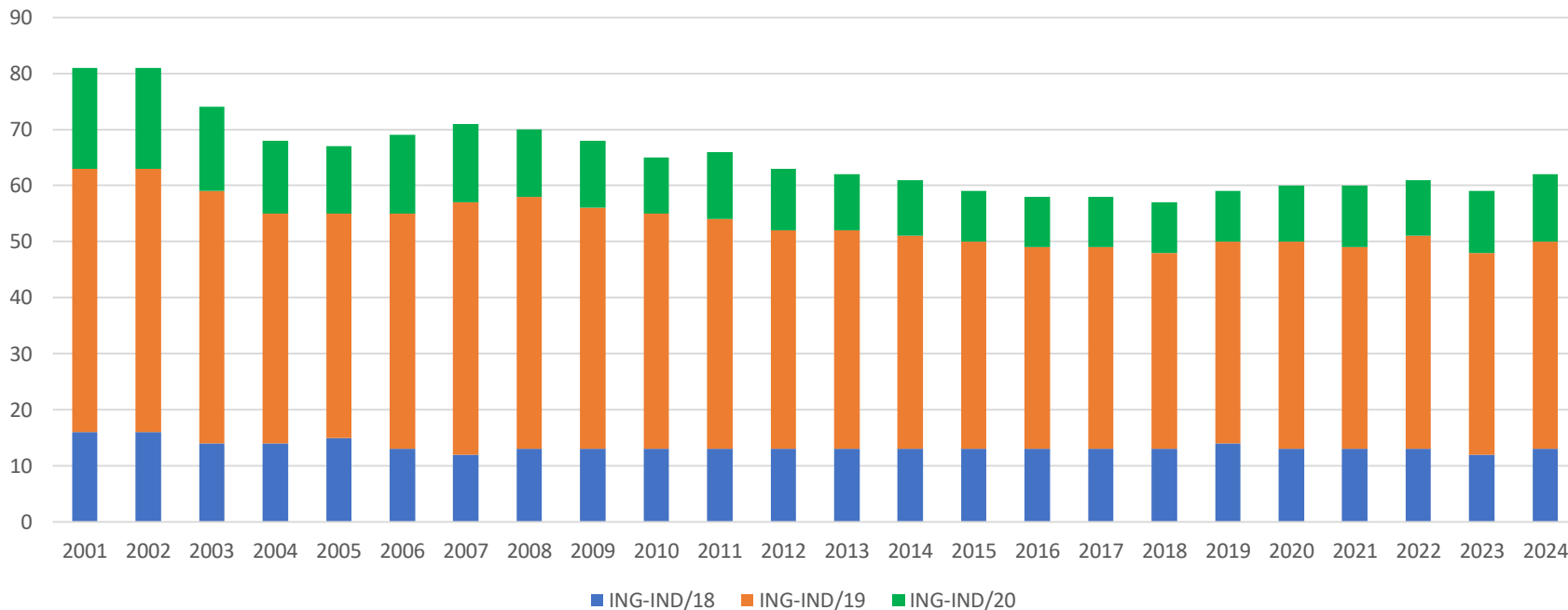
~ 100 negli anni '80

Evoluzione del corpo docente nei SSD nucleari (compresi RTDa)



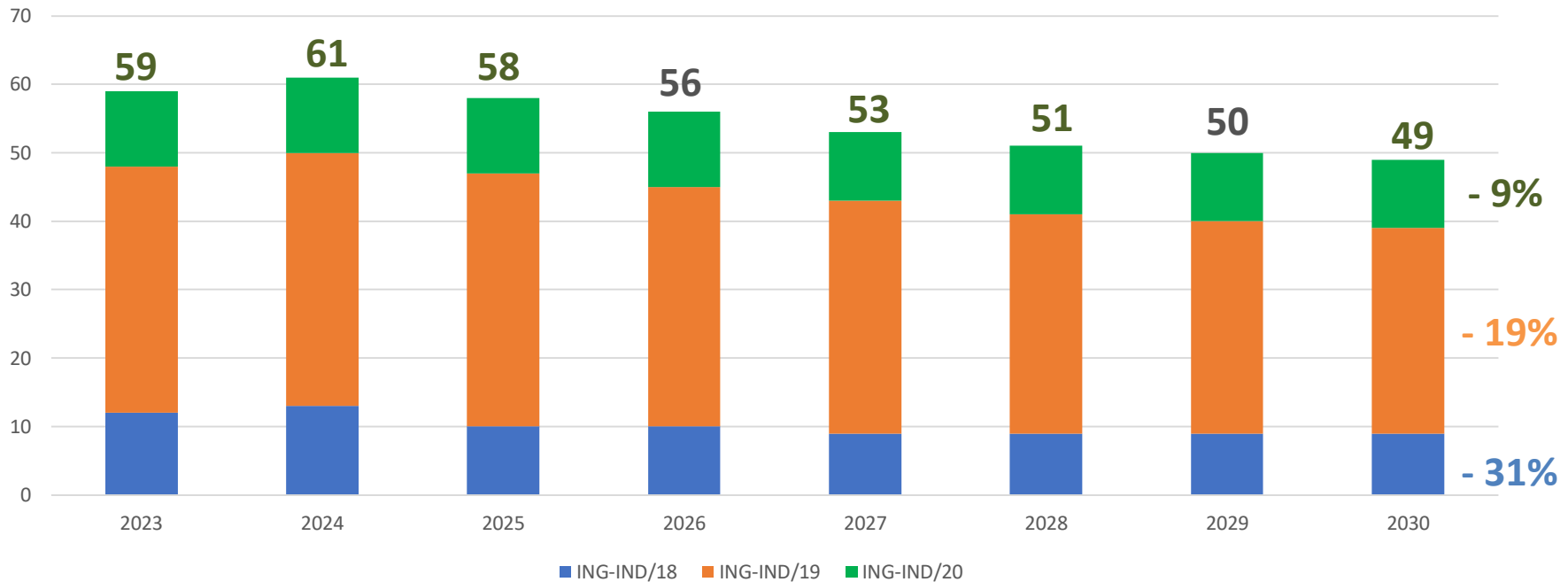
L'alta formazione (nucleare) in Italia – evoluzione del corpo docente

Evoluzione del corpo docente di ruolo nei SSD nucleari (no RTDa)



L'alta formazione (nucleare) in Italia – evoluzione del corpo docente

Evoluzione del corpo docente di ruolo nei SSD nucleari con pensionamenti



L'alta formazione (nucleare) in Italia: i percorsi

Corsi di laurea triennali con insegnamenti negli SSD "nucleari" (A.A. 2023/2024)

Ateneo	Denominazione corso di laurea classe L-9	CFU insegnamenti "SSD nucleari"
Politecnico di Milano	INGEGNERIA ENERGETICA + FISICA	30+10
Politecnico di TORINO	INGEGNERIA ENERGETICA	38
Sapienza Università di ROMA	INGEGNERIA ENERGETICA	15
Università di BOLOGNA	INGEGNERIA ENERGETICA -	48
Università di PISA	INGEGNERIA MECCANICA (curr. Nucleare) +INGEGNERIA ENERGETICA	24+6
Università degli Studi di PALERMO	INGEGNERIA DELL'ENERGIA E DELLE FONTI RINNOVABILI	33

L'alta formazione (nucleare) in Italia – i percorsi

Corsi di laurea Magistrali con insegnamenti negli SSD "nucleari" (A.A.

2023/2024)
Ateneo

Denominazione corso di laurea classe LM-30

Presenza Corsi
SSD "nucleari"

CFU SSD
nucleari

Politecnico di MILANO	NUCLEAR ENGINEERING	SI	165
Politecnico di TORINO	INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE	SI	102
Sapienza Università di Roma	INGEGNERIA ENERGETICA - ENERGY ENGINEERING	SI	105
Sapienza Università di Roma	SCUOLA DI INGEGNERIA AEROSPAZIALE	PARZIALE	6
Università di BOLOGNA	INGEGNERIA ENERGETICA	SI	75
Università di PISA	NUCLEAR ENGINEERING	SI	120
Università di PISA	INGEGNERIA ENERGETICA	PARZIALE	6
Università degli Studi di PALERMO	INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE	SI	42
Università degli Studi di GENOVA	ENERGY ENGINEERING + MECCANICA ENERGIA E AERONAUTICA	PARZIALE	6
Università degli Studi di PADOVA	ENERGY ENGINEERING	PARZIALE	9
Università degli Studi di ROMA "Tor Vergata"	INGEGNERIA ENERGETICA	PARZIALE	12
Università della Basilicata	INGEGNERIA MECCANICA	PARZIALE	12

L'alta formazione (nucleare) in Italia – Immatricolati

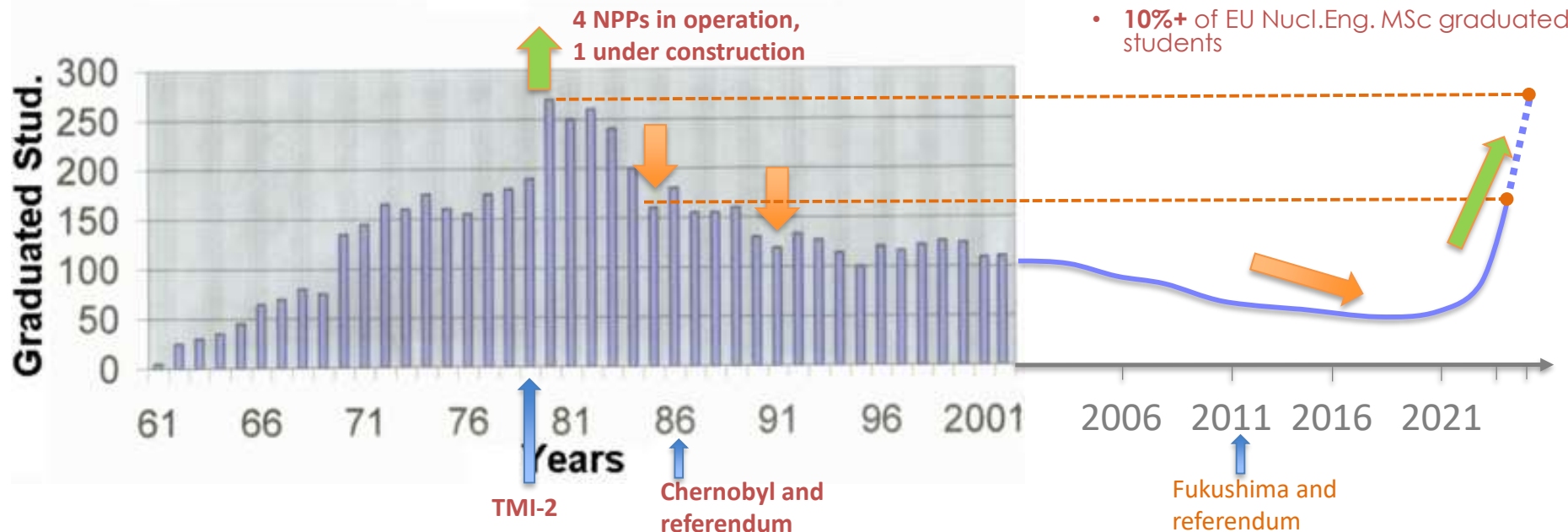
- Il numero di immatricolati attuali che usufruiranno di corsi introduttivi all'energia nucleare (lauree triennali) risulta mediamente essere di **1200 unità/anno**. Di questi, come si vedrà in seguito, circa il 15-20% proseguirà in futuro all'interno di percorsi di studio su tematiche nucleari presenti nelle lauree magistrali (attualmente il 10-12% circa).

Ateneo	Denominazione corso di laurea classe L-9 (triennale)	Matricole a.a. 20/21	Matricole a.a. 21/22	Matricole a.a. 22/23	Matricole a.a. 23/24
Politecnico di MILANO	INGEGNERIA ENERGETICA	334	342	336	341
Politecnico di TORINO	INGEGNERIA ENERGETICA	298	283	298	289
Sapienza Università di ROMA	INGEGNERIA ENERGETICA	117	144	166	162
Università di BOLOGNA	INGEGNERIA ENERGETICA	152	165	178	157
Università degli Studi di PALERMO	INGEGNERIA DELL'ENERGIA E DELLE FONTI RINNOVABILI	107	105	125	103
Università di PISA	INGEGNERIA MECCANICA, con curriculum nucleare	160	154	120	135
Università di PISA	INGEGNERIA dell'ENERGIA	91	120	112	115

L'alta formazione (nucleare) in Italia – Laureati

- E' disponibile un dato storico, a partire dal 1961

Nuclear Engineering Graduated Students



- Today:** same new enrolments than pre-Chernobyl period
- Coming years:** towards peak of enrolments
- 10%+** of EU Nucl.Eng. MSc graduated students

Ad oggi circa 150 laureati magistrali/anno. In prospettiva si potrebbe avere un raddoppio

L'alta formazione (nucleare) in Italia – PhD e Master

- Dottorato di Ricerca

DATI RIFERITI ALLE SOLE TEMATICHE NUCLEARI

Ateneo	Denominazione corso Dottorato di Ricerca	Iscritti 37° ciclo A.A. 2021/2022	Iscritti 38° ciclo A.A. 2022/2023	Iscritti 39° ciclo A.A. 2023/2024	Dottori (33° ciclo) Anno 2021	Dottori (34° ciclo) Anno 2022	Dottori (35° ciclo) Anno 2023
Politecnico di Milano	Energy and Nuclear Science and Technology + Technology and Policy for Sustainable Change	11	10	7	3	6	5
Politecnico di Torino	Energetica	6	8	12	2	4	5
Sapienza Università di Roma	Energia e Ambiente, ambito Ingegneria Nucleare	10	6	7	5	3	5
Università di Bologna* Numeri comprensivi delle tematiche in Fisica Tecnica industriale	Meccanica e Scienze Avanzate dell'Ingegneria	6*	15*	10*	2	4	3
Università di Padova	Fusion Science and Engineering	12	11	10	4	4	6
Università di Palermo	Energy	1	2	0	1	1	1
Università di Pisa	Industrial Engineering, Curriculum in Ingegneria Nucleare e Sicurezza Industriale	5	6	1	1	3	2

L'alta formazione (nucleare) in Italia – PhD e Master

- **Master**
- Un eventuale rilancio del nucleare in Italia deve prevedere anche la presenza di Master sulle tematiche più professionalizzanti di interesse. Il profilo professionale in uscita dal Master è quello di un tecnico con conoscenze e competenze, di tipo applicativo, utili per la progettazione e la ricerca nel settore dell'Ingegneria Nucleare.
- Tra il 2008 e il 2010, nel periodo del primo tentativo di rilancio del nucleare, furono istituiti diversi Master presso alcune università italiane, anche in collaborazione o per iniziativa di aziende del settore (Ansaldo Nucleare, SOGIN, ENEL) ed Enti di ricerca (ENEA, INFN).
- Alcune nuove iniziative sono già state istituite o stanno per partire dal prossimo anno. («Nuclearizzazione» di Ingegneri non nucleari, PoliMI-ANSALDO; UniBO-ENEA)

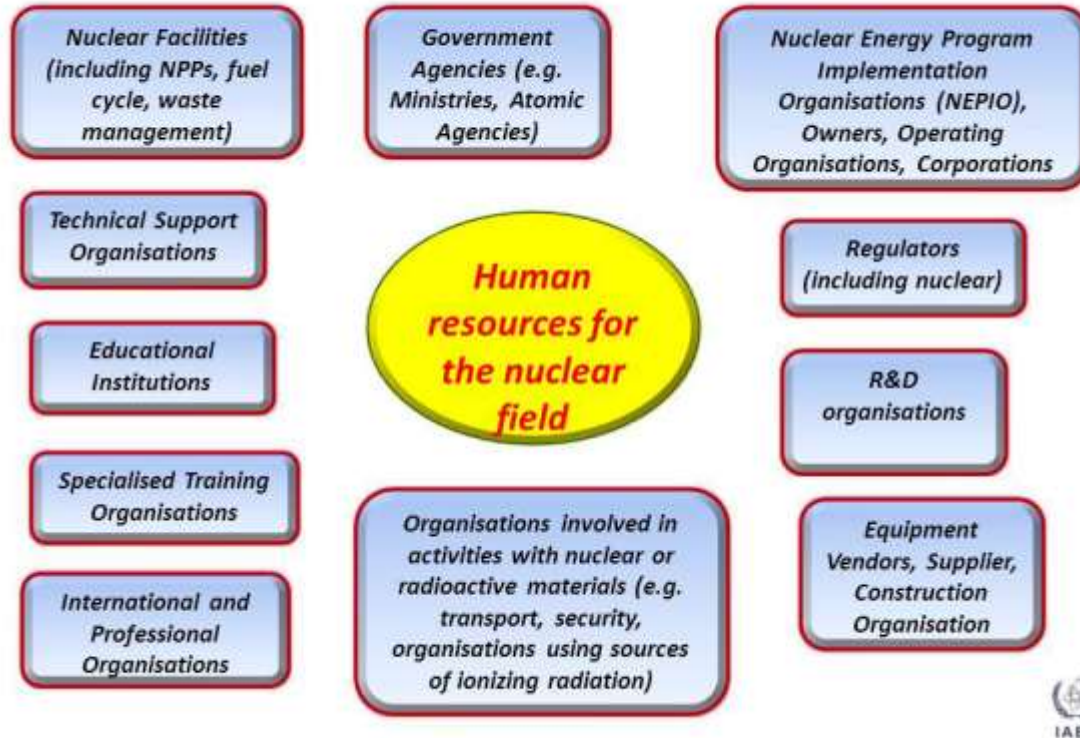
Il capitale umano (necessario)

La IAEA (International Atomic Energy Agency) espressamente scrive che “... *Un impianto nucleare è esercito da persone, e perciò il soddisfacimento dei criteri di sicurezza richiede persone qualificate a livello manageriale e operativo che lavorino con professionalità, secondo i più alti standard, all'interno di un appropriato sistema di gestione integrato...*”

L'esperienza ha dimostrato che il soddisfacimento dei requisiti di sicurezza non può basarsi totalmente sulle soluzioni tecnologiche.

Nasce la necessità, anche per il programma nucleare italiano, di dare la necessaria attenzione alla formazione e alla gestione delle risorse umane.

Il capitale umano (necessario)



- ministeri competenti, come il Ministero per lo Sviluppo Economico e il Ministero per l'Ambiente e la Sicurezza Energetica;
- Agenzia per la Sicurezza Nucleare;
- agenzie ed enti per la ricerca e sviluppo come ENEA;
- istituzioni impegnate nella formazione universitaria e post universitaria e organizzazioni specializzate nel training;
- operatori commerciali;
- addetti impegnati in organizzazioni internazionali e professionali;
- TSO (Technical Safety Organisations).

Il capitale umano (necessario) - Conclusioni

- Siamo in grado di conoscere quale sia il capitale umano necessario alla costruzione e all'esercizio di una grande centrale nucleare (di III generazione, tipo EPR: 2500-3000 addetti per anno durante la costruzione, 500-800 per l'esercizio), ma non ci sono ancora stime definitive nel caso degli SMR e AMR.
- Sono critiche anche le competenze necessarie alle infrastrutture di supporto al programma, a cominciare dalla Agenzia per la Sicurezza Nucleare e dal sistema delle imprese fornitrici.
- La formazione «nucleare» in Italia dovrebbe garantire almeno 300 laureati magistrali/anno.
- Necessario che il Paese intervenga con le risorse necessarie per rivitalizzare le competenze necessarie e acquisirne di nuove, non solo nel settore dell'alta formazione.
- Necessaria un'attività di «nuclearizzazione» di altre figure professionali, oltre agli ingegneri nucleari (collaborazione università, ricerca e imprese).

How to attract-educate-train young talents in nuclear technologies & nuclear safety?

1. European and International **educational networks**
2. European and International **R&D activities** (access to experim. labs/facilities)
3. Strong **partnership with industries, institutions (e.g. Safety Authorities/TSOs),** research bodies, high schools, young generations, citizens



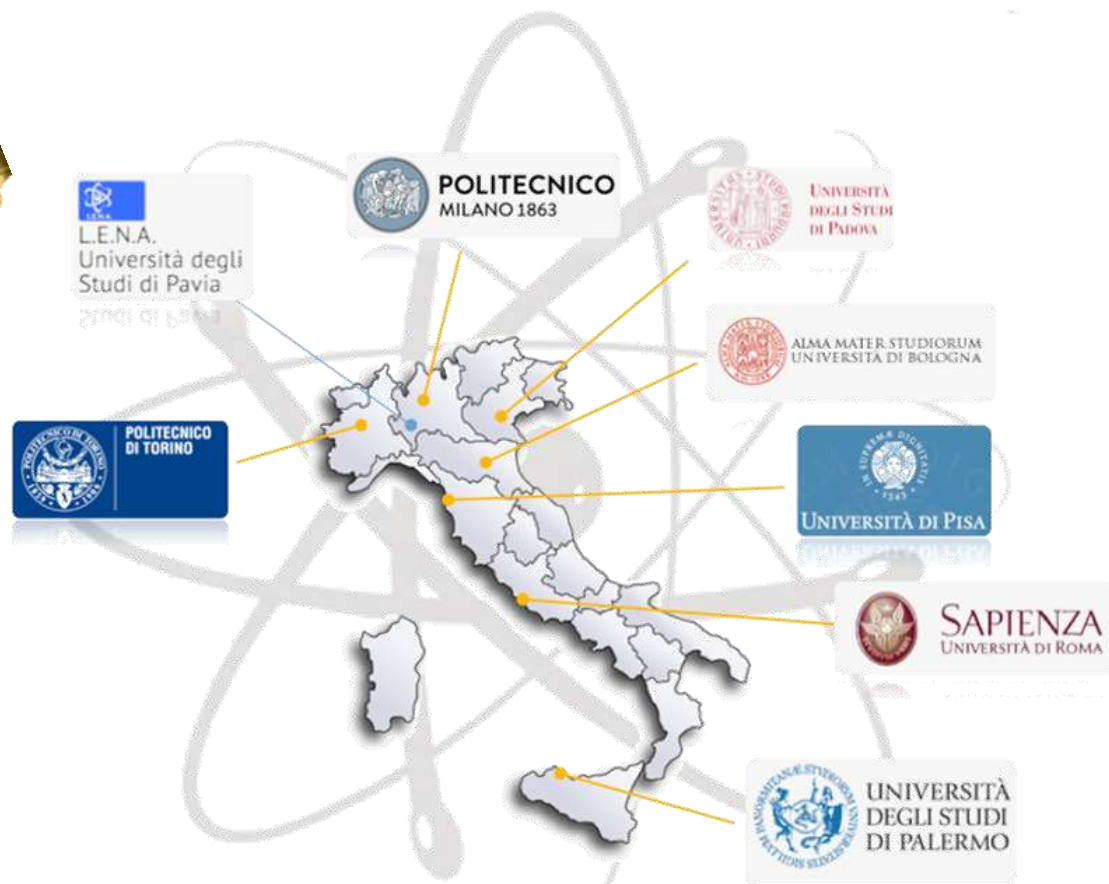
- Participation to Technical/Consultancy Meetings, Cohordinated Research Projects, Marie Skłodowska-Curie Fellowship and Lise Meitner Programmes
- Student Internships



- NEST (Nuclear Education, Skills and Technology) initiative



- Edu&Training initiatives



Grazie per l'attenzione