



PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE
SOSTENIBILE

Gruppo di Lavoro 6
Formazione e Educazione

RAPPORTO FINALE

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

INDICE

<u>CAP. 1 - GENERALITÀ.....</u>	<u>3</u>
C1-1 SOMMARIO.....	3
C1-2 OBIETTIVI E FINALITÀ DEL GDL6: FORMAZIONE ED EDUCAZIONE.....	4
C1-3 COMPONENTI DEL GDL6.....	4
1-3.1 MEMBRI.....	4
1-3.2 ESPERTI INTERNI ALLA PIATTAFORMA AUDITI.....	4
1-3.3 ESPERTI ESTERNI AUDITI.....	4
<u>CAP. 2 - RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE NAZIONALE E DEL CONTESTO INTERNAZIONALE</u>	<u>5</u>
C2-1 RICOGNIZIONE A LIVELLO NAZIONALE	5
2-1.1 FORMAZIONE PRE-DIPLOMA	5
2-1.2 ORIENTAMENTO	6
2-1.3 FORMAZIONE POST DIPLOMA	6
2-1.4 ALTA FORMAZIONE.....	9
2-1.5 FORMAZIONE POST LAUREAM	11
2-1.6 FORMAZIONE PROFESSIONALE.....	12
C2-2 RICOGNIZIONE A LIVELLO INTERNAZIONALE	13
C2-3 PREVISIONI DI FABBISOGNO DEL SETTORE INDUSTRIALE E DEGLI ALTRI STAKEHOLDERS	15
2-3.1 I FABBISOGNI COMPLESSIVI PER IL SETTORE NUCLEARE (FISSIONE/FUSIONE)	15
2-3.2 FABBISOGNI SPECIFICI PER LE TECNOLOGIE DA FUSIONE.....	16
C2-4 CONCLUSIONI	16
<u>CAP. 3 - PROPOSTE</u>	<u>17</u>
C3-1 INTRODUZIONE	17
C3-2 LINEE DI INTERVENTO PROPOSTE.....	18
<u>CAP. 4 - ROAD MAP</u>	<u>18</u>
<u>CAP. 5 - LINEE GUIDA.....</u>	<u>22</u>
<u>CAP. 6 - ALLEGATI.....</u>	<u>24</u>

CAP. 1 - GENERALITÀ

C1-1 **Sommario**

Il presente documento rappresenta il frutto dell'operato del Gruppo di Lavoro (GdL6 Formazione e Educazione) ed è finalizzato, nella sua prima fase, alla ricognizione a livello nazionale sull'assetto delle diverse iniziative didattiche e formative in ambito Energia/Transizione Energetica con l'intento di evidenziare i pochi percorsi già attivi attinenti alle discipline dell'Energia Nucleare; questo monitoraggio è stato esteso a livello europeo e internazionale per evidenziare i punti di forza e/o di debolezza su formazione, competenze e capitale umano del Paese in questo settore.

Sono state considerate la **formazione pre-diploma** (scuola secondaria di secondo grado), la **formazione post diploma** (ITS Academy e Lauree ad Orientamento Professionale), l'**alta formazione di livello universitario** (Corsi di Laurea, di Laurea Magistrale, Master di primo e di secondo livello e Dottorati di ricerca) e la **formazione professionale**, in un'ottica integrata tra tutti i segmenti della filiera formativa sul tema dell'Energia Nucleare e sulle discipline tecnico-scientifiche e ingegneristiche ad essa propedeutiche e complementari.

Il documento è stato strutturato considerando questi diversi livelli della formazione, fornendo una sintesi dei documenti specifici di approfondimento riportati in allegato. Sono stati altresì evidenziati gli aspetti di maggior rilievo sui quali si innestano le proposte di intervento, approfondite nella seconda fase del lavoro, come previsto nella roadmap della Piattaforma.

In particolare, il lavoro è da considerarsi funzionale allo sviluppo di auspicate strategie mirate nell'ambito "Energia" a livello sia del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), sia del Ministero dell'Istruzione e del Merito (MIM), sia del Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR). A titolo esemplificativo, si ricorda la strategia di cui al D.M. MASE del 16 novembre 2023 (GU 25 gennaio 2024, n.20) - Definizione dei programmi, progetti e attività da attuare nell'ambito dell'iniziativa «Mission Innovation» e al ruolo della Piattaforma per il Nucleare Sostenibile, come previsto dall'Art. 4 comma 2 del D.M. di cui sopra, per la definizione degli obiettivi di programma del Settore Nucleare.

Il lavoro è inteso a supporto della strategia generale del Governo sul tema "Energia", nell'orizzonte più ampio degli impegni di decarbonizzazione condivisi a livello europeo. A tale fine, nella seconda fase del lavoro del GdL, vengono messe a fuoco specifiche proposte, con la relativa roadmap, per rendere operativa la strategia condivisa con la PNNS in tema Formazione ed Educazione.

C1-2 Obiettivi e finalità del GdL6: Formazione ed Educazione.

Il gruppo di lavoro ha l'obiettivo di supportare la strategia della Piattaforma Nazionale per un Nucleare Sostenibile con riferimento alla dimensione dell'educazione e della formazione, intese nel loro senso più ampio. Lo scopo di contribuire alla ricostruzione della rete di competenze e professionalità in campo Nucleare in Italia, con attenzione anche agli aspetti informativi e di educazione sociale, si inserisce in una visione di sistema con un orizzonte a medio e lungo termine, che possa apportare benefici allo sviluppo del sistema energetico complessivo del Paese. Si tratta inoltre di favorire una più ampia vocazionalità verso una robusta cultura scientifica necessaria in un Paese a consolidata tradizione manifatturiera e dipendente dall'innovazione tecnologia per la propria collocazione internazionale. Queste attività di disseminazione possono collocarsi nel solco delle iniziative già in atto per incentivare nei giovani l'attrattività delle discipline STEM.

C1-3 Componenti del GdL6

1-3.1 Membri

AZIENDA/ENTE COMPONENTE

Coordinatore Associazione della Fisica Tecnica Italiana – FTI
Unione Italiana Termofluidodinamica – UIT

Coordinatore Consorzio Interuniversitario per la Ricerca TEcnologica Nucleare – CIRTEN
Università di Pisa – Dip. di Ingegneria Civile e Industriale
Università di Roma La Sapienza – Dip. di ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica
Università degli Studi di Milano Statale – Dip. di Fisica
Consiglio Nazionale degli Ingegneri – CNI
Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – MASE, Segretariato PNNS

1-3.2 Esperti interni alla piattaforma Auditi

È stato attivato un dialogo e un confronto con i Coordinatori del GdL 7 e del GdL 03.

1-3.3 Esperti esterni Auditi

Nel corso del lavoro, il GdL6 ha svolto specifiche audizioni con Walter Tosto, Edison, ENEL e Ansaldo Nucleare. Inoltre, i Coordinatori del GdL6 si sono confrontati anche con

il Ministero dell'Istruzione e del Merito (MIM) e il Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR).

CAP. 2 - RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE NAZIONALE E DEL CONTESTO INTERNAZIONALE

C2-1 Ricognizione a Livello Nazionale

2-1.1 Formazione pre-diploma

La ricognizione sulle attività di insegnamento in Fisica e Ingegneria Nucleare pre-diploma di cui all'Allegato N. 1, evidenzia in generale scarsità di iniziative didattiche formali, informali e divulgative sul tema dell'Energia Nucleare. Da evidenziare che il riordino dell'assetto degli Istituti Tecnici e la soppressione dell'indirizzo Energia Nucleare ha generato una perdita di competenze, solo in parte confluite nell' indirizzo Meccanica, Meccatronica ed Energia. In Italia gli studenti orientati verso il comparto degli Istituti Tecnici sono il 19,4% (fonte MIM) e, di questi, solo il 2,8% sceglie l'indirizzo Meccanica, Meccatronica ed Energia. Le tematiche nucleari e, più in generale, di fisica moderna sono molto sacrificate nell'attuale assetto della Scuola secondaria di secondo grado, in tutte le tipologie di percorsi ed in particolare in quelle di ambito tecnico-scientifico. Questa carenza si riverbera nell'attività di educazione/informazione/divulgazione che appare del tutto assente nelle scuole, con specifico riferimento al tema dell'energia nucleare.

È anche vero che, oltre a esperienze efficaci, ma locali e/o occasionali, sono state recentemente sviluppate attività di long life learning con lo scopo di costruire una nuova generazione di formatori (docenti e formatori di docenti) nella didattica della fisica nucleare. Il corso PNRR (Missione 4 – Istruzione e ricerca, Codice: M4C1I2.1-2023-1222-P-36049 RinnovaMenti) progettato da Unimi per docenti di licei è un esempio riuscito di formazione che ha riscosso un elevato interesse (31 iscritti in una sola provincia) e un notevole gradimento. È quindi auspicabile la creazione di un gruppo di didattica a livello nazionale, come punto di raccordo tra le università e il mondo della scuola secondaria di secondo grado, gruppo sostenuto da Università e da enti di ricerca nazionali e che fornirebbe il supporto continuativo in termini di risorse per la progettazione, lo svolgimento e il monitoraggio di attività di aggiornamento/formazione. Nel triennio è ragionevole ipotizzare il coinvolgimento un numero di docenti dell'ordine delle migliaia.

Le competenze della Fisica e dell'Ingegneria Nucleare appaiono significativamente sotto-considerate nei Piani dell'Offerta Formativa di tutte le tipologie di percorsi della Scuola secondaria di secondo grado, in particolare in quelle degli Istituti Tecnici e dei Licei Scientifici. Per rafforzare il capitale umano e le competenze a livello nazionale nell'ambito della Fisica e dell'Ingegneria Nucleare, appare strategico partire da questo livello della filiera formativa con attenzione alla scuola secondaria di secondo grado e con riferimento a tutte le

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

dimensioni: orientamento verso percorsi tecnico-scientifici, ricostruzione di indirizzi dedicati al tema Energia Nucleare e formazione dei docenti. Tutte attività che devono essere intese anche con scopi educativi/informativi e divulgativi.

Allegato N. 1: documento sulla ricognizione sulla Scuola secondaria di secondo grado.

2-1.2 **Orientamento**

Sul tema dell'Orientamento sono state di recente sviluppate diverse progettualità a livello nazionale, quali ad esempio i progetti riferiti al passaggio Scuola Superiore-Università previsti dal Piano Lauree Scientifiche (PLS), dal Piano per l'Orientamento e il Tutorato (POT) e dalle azioni previste dalla Missione 4, Componente 1 del PNRR, Investimento 1.6 – “Orientamento attivo nella transizione scuola-università” con la destinazione di importanti risorse. Tutto questo per cercare di risolvere una serie di criticità e deficit irrisolti per il nostro Paese, quali il basso numero di laureati (i giovani 30-34enni che hanno conseguito un titolo di istruzione terziaria sono il 27,6% in Italia, contro una media UE27 del 40,3%) e la bassa percentuale di laureati in discipline STEM. In relazione all'Orientamento, appare strategico considerare con grande attenzione il tema dell'energia e, in particolare, dell'Energia Nucleare, anche con riferimento agli aspetti informativi/divulgativi, seguiti più direttamente dal GdL 7 “Aspetti trasversali (ambiente, accettabilità sociale, comunicazione, altro)” con il quale si prevede di attivare una stretta sinergia progettuale e operativa, per favorire l'accettabilità sociale delle infrastrutture energetiche e, in particolare, di quelle basate sull'Energia Nucleare, e per contribuire ad un positivo sviluppo del relativo dibattito pubblico nel quale coinvolgere le giovani generazioni di studenti.

L'Università, il mondo della scuola e della formazione professionale si sono in questi recenti anni impegnati in una pluralità di iniziative di Orientamento sulle quali appare strategico fare sistema anche sul tema complessivo dell'Energia e sulle discipline centrali per le sfide della transizione energetica, incluso l'ambito Nucleare.

2-1.3 **Formazione post diploma**

2-1.3.1 ITS Academy

Gli Istituti Tecnici superiori (ITS) sono nati nel 2010, istituiti dall'articolo 13, comma 2, della Legge 2 aprile 2007, n. 40 e dal D.P.C.M. del 25 gennaio 2008, con lo scopo di erogare un'offerta formativa terziaria professionalizzante, strettamente legata al sistema produttivo territoriale e al mercato del lavoro. Tale segmento della formazione

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

post diploma è stato oggetto di una recente riforma nell'ambito del Piano Nazionale di Riprese a Resilienza (PNRR-M4-C1-R.1.2) attraverso la legge 15 luglio 2022, n. 99, "Istituzione del Sistema terziario di istruzione tecnologica superiore". Sotto il profilo delle risorse, allo sviluppo del sistema ITS, il PNRR (M4-C1-I.1.5) destina 1,5 miliardi di euro con l'obiettivo ultimo di raddoppiare il numero degli attuali iscritti entro il 2026.

Con questa riforma nascono gli Istituti tecnologici superiori (ITS Academy) che erogano percorsi ITS di quinto livello EQF (European Qualification Framework), di durata biennale, o di sesto livello EQF, di durata triennale, da inquadrarsi in diverse aree tecnologiche, tra cui quella della "Efficienza Energetica". Sono in fase di perfezionamento i decreti attuativi per raccordare il sistema degli ITS Academy con il sistema universitario.

Il rapporto INDIRE del 2023 (vedi Allegato N. 2) fotografa una situazione a livello nazionale con 315 percorsi terminati al 31 dicembre 2021, erogati da 93 Fondazioni ITS su 110 in grado di erogare percorsi formativi, con la partecipazione di 8.274 studenti e 6.421 diplomati (77,6% degli iscritti). Gli ITS Academy dell'Area Tecnologica Efficienza Energetica attivi sono 15 su 128 e sono caratterizzati da un indice di posizionamento non particolarmente elevato. L'elenco completo degli ITS Academy dell'Area "Efficienza Energetica", che ne comprende 2 di nuova istituzione, è riportato nell'Allegato N. 3. La figura di tecnico superiore esperto di "Efficienza energetica", offerta dai sopra indicati percorsi di ITS Academy, appare non specificatamente curvata verso ambiti centrali per la filiera della transizione energetica, quali le fonti rinnovabili di energia e le tecnologie per il Nucleare sostenibile, incluse la sicurezza e la protezione dalle radiazioni, di interesse nel campo industriale e anche nel campo medico. Tali competenze sono da intendersi complementari a quelle avanzate, proprie dell'alta formazione universitaria, con le quali serve strutturare un rapporto di sinergia.

Punto di forza di questi percorsi è lo stretto raccordo con la scuola secondaria di secondo grado ad indirizzo scientifico, tecnico e professionale e con il sistema produttivo. È in fase di perfezionamento il raccordo con il sistema universitario. Appare significativa la potenzialità degli ITS Academy per fornire competenze tecniche, complementari a quelle avanzate proprie dei corsi di laurea e di laurea magistrale, a supporto delle nuove tecnologie nucleari sostenibili.

Appare ancora debole la numerosità di percorsi nell'ambito degli ITS Academy dell'Area Tecnologica "Efficienza energetica" dedicati alla filiera dell'energia e della transizione energetica. Sono assenti percorsi specifici dedicati all'Energia Nucleare.

Allegato N.2: documento di monitoraggio nazionale INDIRE 2023 sugli ITS Academy.

Allegato N.3: monitoraggio sui percorsi ITS Academy dell'Area Efficienza energetica.

2-1.3.2 Lauree ad Orientamento Professionale

Anche il sistema universitario interviene con un ruolo centrale nel segmento della formazione professionalizzante attraverso i percorsi di Laurea ad Orientamento Professionale, di cui al D.M. 446 del 12 agosto 2020, attraverso il quale sono state definite 3 specifiche nuove classi di laurea:

- L-P01 Professioni tecniche per l'edilizia e il territorio
- L-P02 Professioni tecniche agrarie, alimentari e forestali
- L-P03 Professioni tecniche industriali e dell'informazione.

Tali percorsi rappresentano uno snodo importante di collegamento tra il sistema universitario e il contesto produttivo e appaiono come centrali nel processo di trasferimento di conoscenze tecnico-applicative tra questi 2 ambiti. L'importanza di questa sinergia è amplificata dalla opportunità di valorizzazione delle dimensioni della ricerca e dell'innovazione, che rientrano nelle missioni dell'Università (vedi report della Fondazione CRUI di cui all'Allegato N. 4).

Tra i percorsi al momento attivi (complessivamente 39, di cui 18 nella L-P01, 11 nella L-P02 e 10 nella L-P03 - vedi Allegato N. 3) il tema dell'energia è toccato per lo più con riferimento al macro-tema della sostenibilità, con particolare focus sul tema delle prestazioni energetiche degli edifici nei corsi di laurea della Classe LP-01. Nella classe LP-03 l'unico percorso che fa esplicito riferimento al tema dell'Energia è quello di Tecnologie industriali per la transizione energetica e digitale, dell'Università degli Studi di Cagliari.

Questi dati rappresentano una criticità importante in quanto, come prevedibile, non solo nessun percorso fa riferimento al tema dell'Energia Nucleare, ma, in generale, risultano quasi assenti percorsi specificatamente dedicati a formare competenze tecniche rivolte al sistema energetico.

Anche le Lauree ad Orientamento Professionale sono state oggetto di riforma nell'ambito del PNRR, con riferimento alla Riforma 1.6- Riforma delle lauree abilitanti. Con specifici decreti attuativi del MUR, di concerto con il Ministro della Giustizia, attraverso l'esame di laurea si consegue sia il titolo accademico, sia il titolo di abilitazione per la professione tecnica di riferimento, dopo aver superato una prova pratica. Come per i percorsi degli ITS Academy, anche per le Lauree a Orientamento Professionale, appare strategico prevedere percorsi per formare professionisti a supporto della transizione energetica e, con riferimento al Nucleare, a tutta la filiera impiantistica con attenzione agli aspetti della sicurezza e della protezione da radiazioni, rilevanti in ambito sia industriale, sia medico.

[Appare carente la numerosità dei Corsi di Laurea ad Orientamento Professionale dedicati alla filiera dell'energia e alla transizione](#)

energetica. Sono assenti, come atteso, percorsi o curricula dedicati al tema dell'Energia Nucleare. Punto di forza di questa tipologia di percorsi è il raccordo con il sistema produttivo e con i vari Collegi degli Ordini Professionali di riferimento, anche in considerazione della natura abilitante del titolo di laurea che va opportunamente raccordata con la normativa che regola le diverse professioni. Tali percorsi rappresentano uno snodo importante di collegamento tra il sistema universitario e il contesto produttivo e delle professioni e appaiono come centrali nel processo di trasferimento di conoscenze tecnico applicative tra questi due ambiti. L'importanza di questa sinergia è amplificata dalla opportunità di valorizzazione delle dimensioni della ricerca e dell'innovazione, che sono missioni prioritarie per l'Università. Si ritiene strategico il ruolo di questi percorsi per costruire competenze tecniche di livello universitario a supporto dell'innovazione nella filiera delle tecnologie nucleari sostenibili.

Allegato N.4: Documento Fondazione CRUI sui corsi di laurea ad orientamento professionale.

2-1.4 **Alta formazione**

Un'eventuale ripresa del Nucleare in Italia porta necessariamente ad interrogarsi sulla tipologia e quantità di competenze necessarie a rispondere alle esigenze di un programma nucleare, oltre che a fornire la risposta alla crescente domanda di professionalità nelle discipline nucleari a livello internazionale. Sebbene la necessità di laureati in Ingegneria Nucleare non esaurisca la domanda di tutte le professionalità necessarie, l'analisi si è concentrata essenzialmente sullo stato delle lauree triennali e magistrali in questo ambito, essendo evidentemente quello più specifico e potenzialmente in sofferenza in termini di numero di laureati rispetto ad altri settori.

2-1.4.1 Corsi di laurea e laurea magistrale

Non sono attualmente attivi in Italia specifici corsi di Laurea triennale nell'ambito dell'Ingegneria Nucleare, ma vengono tuttora impartiti insegnamenti di carattere introduttivo sull'Energia Nucleare e le sue applicazioni, con un numero di crediti formativi (tra obbligatori e opzionali) compresi fra un minimo di 15 e un massimo di 48, su un totale di 180. Data l'importanza di attrarre gli studenti verso un percorso nucleare alla magistrale, e di riservare a questa la formazione più specialistica dell'Ingegnere Nucleare senza dover dedicare crediti a discipline nucleari di base, visti i limiti di legge nella formazione dei Manifesti di studio, sembra opportuna l'istituzione di specifici

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

percorsi all'interno delle lauree triennali in Ingegneria Energetica in tutte le sedi in cui sia presente un corrispondente percorso magistrale.

Per quanto riguarda la laurea Magistrale, ad oggi le sedi CIRTEN, malgrado la scarsità di risorse e di docenti di ruolo (con carichi didattici non trascurabili), hanno mantenuto un livello qualitativo di formazione molto elevato e particolarmente apprezzato anche in ambito internazionale, come dimostra l'elevato numero di laureati che prosegue la formazione di III livello o trova lavoro all'estero, sia in Europa (Francia, Belgio, Germania, Regno Unito), sia negli Stati Uniti. Allo stato attuale, le università CIRTEN sono in grado di preparare oltre **120-130** Ingegneri Nucleari l'anno, con prospettive di crescita negli anni a venire.

Il CIRTEN, aggregando tutte le sedi di Lauree Magistrali con percorsi nucleari, sarebbe la sede propria in cui garantire un consolidamento ed uno sviluppo proporzionato e armonico dell'offerta formativa di II (e III) livello nel settore dell'Ingegneria Nucleare in tutte e 6 le attuali sedi le quali, se supportate, sarebbero in grado di preparare un numero di laureati magistrali superiore a **300 unità/anno** (pari ai livelli raggiunti negli anni '80), come stima approssimativa delle necessità in caso di ripartenza dell'Italia nel Nucleare.

Tutti i laureati magistrali in Ingegneria Energetica (circa 1000 ogni anno, fonte portale statistico del MUR) o in alcune altre discipline dell'Ingegneria Industriale (ad esempio Ingegneria Chimica, Meccanica, Elettrica o Fisica) potrebbero essere "nuclearizzati" su aspetti specifici tramite appositi percorsi formativi post-laurea, ad oggi non presenti nell'offerta formativa dell'Università italiana e quindi lasciati all'eventuale "training on the job" da parte delle Aziende.

Per irrobustire il livello qualitativo e quantitativo dei corsi erogati e mantenere l'attuale elevato livello di preparazione dei laureati, l'attuale organico della docenza di ruolo (professori e ricercatori in tenure track) non è sufficiente e la situazione si aggraverà nei prossimi 3-4 anni con una **riduzione del 20%** dell'organico di ruolo (ad oggi pari a sole **59** unità nei settori dell'Ingegneria Nucleare) a causa dei pensionamenti, in assenza di risorse assegnate e senza fare affidamento sui ricercatori a tempo determinato per i quali non è prevista la *tenure-track*.

Appare quindi indispensabile rafforzare l'organico dei settori nucleari, anche per sviluppare una maggiore sinergia e collaborazione con il naturale ambito culturale dell'Energetica, nonché la collaborazione con gli altri settori dell'ingegneria, ai fini della formazione di figure professionali adatte ad operare nel settore nucleare.

La formazione universitaria nel settore dell'Ingegneria Nucleare è stata ed è ancora attualmente di alto livello e apprezzata anche internazionalmente, vista la facilità con cui i laureati magistrali trovano opportunità di lavoro o posizioni di dottorato all'estero. In ambito delle lauree triennali, il numero di insegnamenti erogati, di carattere introduttivo e di base, è limitato ed in alcune sedi andrebbe riorganizzato introducendo percorsi obbligatori che siano propedeutici alla successiva iscrizione alla magistrale. Riguardo a quest'ultima il

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

principale limite riscontrato, al fine di garantire la formazione di un adeguato numero di ingegneri nucleari in caso di ripresa delle attività nucleari, ma anche solo per mantenere i numeri attuali per le imprescindibili esigenze del Paese (si pensi al deposito nazionale e alle molte attività dell'Ispettorato Nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione), è la progressiva riduzione dell'organico docente di ruolo nelle discipline peculiari del settore, che andrebbe invertita con interventi di supporto specifici.

2-1.5 **Formazione post Lauream**

Il terzo ciclo di formazione negli studi universitari in Italia comprende il dottorato di ricerca, master e corsi di alta formazione/specializzazione/perfezionamento, questi ultimi finalizzati essenzialmente a facilitare l'ingresso del mondo del lavoro, all'aggiornamento professionale ed alla formazione permanente. La ricognizione si è concentrata sul Dottorato e sui Master, non essendo ad oggi rilevabili altre tipologie di corsi nel settore dell'Energia Nucleare, oltre alle applicazioni mediche/sanitarie e per la produzione di radiofarmaci.

2-1.5.1 Dottorati Di Ricerca

In tutte le sedi del CIRTEN sono attivi programmi triennali di Dottorato di Ricerca che comprendono percorsi o discipline tipiche dell'Ingegneria Nucleare. Negli ultimi 3 anni il numero di dottorandi iscritti è rimasto relativamente stabile intorno alle **52** unità/anno (Allegato N. 5), numero che però ha risentito favorevolmente delle opportunità di borse aggiuntive legate all'ex D.M. 1061 (Borse PON) per il 37° ciclo e alle borse PNRR per i cicli successivi. In assenza di interventi e malgrado la disponibilità di Aziende ed Enti di Ricerca a finanziare specifiche borse di dottorato, in futuro si potrebbe prospettare una riduzione fino al 50% rispetto all'attuale situazione del numero di Dottori di Ricerca sulle tematiche connesse a tutte le applicazioni dell'Energia Nucleare.

Malgrado l'organico docente nelle sedi CIRTEN sia in grado di fornire, in virtù delle ampie collaborazioni con altre università, aziende e enti di ricerca internazionali e nazionali, una qualificata formazione nel campo della ricerca teorica, progettuale e sperimentale di alto livello, l'attuale numerosità di docenti con esperienza e il limitato numero di borse di dottorato disponibili non consentirebbero di formare un adeguato numero di Dottori di Ricerca nel settore di cui avrebbe necessità l'Italia in caso di ripartenza delle attività nucleari, comprendendo anche quelle di carattere non energetico.

2-1.5.2 Master di Secondo Livello

I Master sono un'attività formativa post-laurea in cui, tra l'altro, è fondamentale il contributo dell'Industria e del mondo della ricerca, anche per accrescere le competenze dei laureati in discipline diverse dall'Ingegneria Nucleare. Attualmente in Italia sono attivi diversi Master, ma essenzialmente nel settore della Radioprotezione, oltre ad un programma di Master organizzato dal Politecnico di Milano su "Nuclear Safeguards", nell'ambito di un progetto europeo (Allegato N.5). Alcuni Master specifici nei settori dell'Ingegneria Nucleare dedicati alla progettazione, alle tecnologie, alla gestione, alla sicurezza degli impianti nucleari furono istituiti fra il 2008 e il 2010, in occasione del tentativo di rilancio del Nucleare in Italia, ma successivamente disattivati a valle del secondo Referendum del 2011.

Si rileva, ad esclusione del settore della Radioprotezione, la totale carenza di Master di II livello in Ingegneria Nucleare che abbiano come obiettivo quello di formare figure professionali qualificate con competenze tecniche nel settore, con particolare riguardo alla tecnologie impiantistiche, alla costruzione e alla gestione degli impianti, alle misure e strumentazione nucleare, alla sicurezza e alla non proliferazione nucleare, e alla dismissione degli impianti nucleari, destinate ad operare nel settore dell'ingegneria dei sistemi nucleari per la produzione di energia e per le applicazioni non energetiche.

Allegato N.5: Documento sulla Ricognizione alta Formazione in Italia.

2-1.6 **Formazione professionale**

Il ruolo della formazione continua e dell'aggiornamento professionale è centrale con riferimento al tema dell'Energia Nucleare, che è caratterizzato da elevati livelli di innovazione e interdisciplinarietà. La ricognizione condotta dal Consiglio Nazionale Ingegneri (vedi Allegato N. 6) testimonia un'attività non trascurabile con riferimento ai temi della fissione e della fusione nucleare, decommissioning e gestione dei rifiuti radioattivi con un approccio di sostenibilità. Con riferimento alla formazione professionale restano centrali anche le competenze di altri ambiti professionali (Fisica sanitaria, Chimica, Sicurezza, ecc.).

Appare centrale il coinvolgimento degli Ordini Professionali e dei Consigli Nazionali delle diverse professioni fondamentali per l'ambito Energia Nucleare, in primis quelli di riferimento per l'ambito Ingegneria. Questo per garantire percorsi di formazione continua e

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

aggiornamento, con un approccio di interdisciplinarietà, fondamentali per garantire uno sviluppo in qualità del comparto della progettazione dei sistemi energetici anche con riferimento alle tecnologie nucleari.

Allegato N.6: Documento sulla formazione professionale

C2-2 Ricognizione a Livello Internazionale

Gli studi universitari nel settore Nucleare a livello europeo sono coordinati dalle reti ENEN (European Nuclear Education Network) e Fusenet (The European Fusion Education Network). La nascita di ENEN nel 2003, di cui è stato membro fondatore il CIRTEN, è stata stimolata dalle preoccupazioni a livello europeo per la soppressione di corsi di laurea in Ingegneria Nucleare e per la loro minore attrattività. Si tratta di una situazione che permane attualmente, con alti e bassi legati alla discussa popolarità della tecnologia nucleare, e che continua a preoccupare per la continuità degli studi nel settore negli Stati della EU impegnati in questa tecnologia o che mantengono ancora presidi educativi.

L'osservatorio sulle risorse umane nel settore Nucleare, EHRO-N del JRC, pubblica periodicamente dati (di attendibilità dichiaratamente difficile da valutare per i problemi incontrati nella loro raccolta) sulle numerosità studentesche e sul rapporto tra richiesta di professionalità nel settore Nucleare e offerta formativa. L'ultima pubblicazione è del 2019 e non può quindi tenere conto delle tendenze riscontratesi negli ultimi anni grazie alle posizioni della Comunità Europea a favore della tecnologia nucleare; essa propone valori di 828, 1094 e 245 per il numero di studenti che hanno conseguito i titoli a livello, rispettivamente, di BSc, MSc e PhD nell'anno 2017 in Europa nel settore Nucleare. Si è in attesa di una pubblicazione della Nuclear Energy Agency (OECD/NEA) che dovrebbe produrre dati più aggiornati, mentre i pochi dati ottenuti da contatti diretti con alcune università europee hanno proposto informazioni incomplete, che forniscono comunque un quadro di attrattività degli studi nel settore Nucleare decisamente diversificato ed altalenante. I dati sul panorama USA si sono resi disponibili con maggiore continuità e propongono valori temporalmente molto variabili, nell'ordine del migliaio per la somma dei titoli di BSc, MSc e PhD conferiti annualmente nel settore in anni recenti.

Il CIRTEN ha partecipato a tutti i progetti coordinati da ENEN per l'E&T per la fissione e ha offerto per tre anni la presidenza dell'Associazione (2013-2016). Il collegamento con ENEN delle Università CIRTEN è quindi ottimo e al momento attuale tre Università del CIRTEN partecipano, sotto l'egida del Consorzio, al progetto ENEN2Plus, che mira ad azioni di attrazione di nuovi talenti verso il settore Nucleare a livello di scuole secondarie, di università e di Vocational Education and Training (VET). Il progetto è provvisto di fondi per la mobilità studentesca internazionale in Europa e dall'Europa verso il resto del mondo con un finanziamento cospicuo: i suoi scopi sono di sicuro interesse per le future azioni promosse dalla PNNS. Le Università del CIRTEN sono anche affiliate a FuseNet e partecipano attivamente ai progetti di Eurofusion e ITER.

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

La certificazione di European Master of Science in Nuclear Engineering (EMSNE), nata da uno dei primi progetti di ENEN a metà degli anni 2000, rappresenta un paradigma per gli studi di Ingegneria Nucleare in cui si riflettono molto bene i curricula delle Università del CIRTEN, con una maggioranza di studenti italiani che hanno conseguito il titolo negli ultimi due decenni, grazie anche all'aver favorito la mobilità per tesi di laurea in Europa, che è un requisito per la certificazione.

Insieme ad ENEN e Fusenet, sono nate recentemente organizzazioni nazionali in vari paesi europei che fungono da collegamento tra l'offerta accademica e la richiesta dei comparti industriali e della ricerca, tra cui IZEN in Francia e NSAN nel Regno Unito; esse cercano di collegare i vari provider di corsi con i beneficiari della formazione, sia a livello di Education (Università) che di Training (in campo professionale). Queste organizzazioni rappresentano un esempio possibilmente da emulare in Italia nel prossimo futuro, sulla base della stessa struttura del Consorzio CIRTEN che dal 1994 ha avuto anche la funzione di coordinamento tra le università affiliate e i programmi di ricerca nazionali.

L'Allegato N.7 propone una discussione estesa della situazione Europea con approfondimenti specifici riguardanti gli aspetti precedentemente citati.

In sintesi, le università Italiane che fanno parte del CIRTEN sono strettamente coinvolte nelle azioni delle reti ENEN e Fusenet. Nel caso di ENEN, il CIRTEN ha partecipato e partecipa ai progetti Europei su E&T ed è quindi saldamente inserito nelle azioni più importanti finanziate dalla Comunità Europea nel settore. La certificazione di European Master of Science in Nuclear Engineering (EMSNE) rilasciata ogni anno da ENEN a studenti che ne facciano richiesta ha visto una preponderante assegnazione di titoli a studenti italiani, grazie alla conformità degli studi nelle università del CIRTEN con questo paradigma europeo. I dati di numerosità di titoli universitari ai tre livelli di studio rilasciati a livello europeo proposti dall'osservatorio EHRO-N sono incerti, ma mostrano valori di poco più di duemila titoli (BSc, MSc, PhD) complessivamente rilasciati nell'anno 2017. L'esistenza di una società di professionisti italiani che lavorano nel settore Nucleare in Francia (SPIN - La Société des Professionnels Italiens du Nucléaire) mostra che le Università del CIRTEN hanno continuato ad erogare una formazione di alto livello, molto apprezzata all'estero, anche nelle fasi di minore ricettività in termini di job placement nel nostro Paese. Appare necessaria un'azione più incisiva a livello italiano ed anche europeo per l'attrazione di nuove leve da avviare al settore Nucleare. Le azioni di ENEN, in cui il CIRTEN è

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

saldamente inserito, contribuiscono a questa necessaria azione di attrazione e promozione delle carriere nucleari.

Allegato N.7: Documento su Higher Education

C2-3 Previsioni di fabbisogno del settore industriale e degli altri stakeholders

2-3.1 I fabbisogni complessivi per il settore nucleare (fissione/fusione)

Al fine di individuare le proposte operative più opportune sul versante della formazione ed educazione, è necessario conoscere da una parte le necessità (in primis) del settore industriale nazionale nucleare, in termini di tipologie (settori, funzioni e competenze) delle risorse umane e di prime indicazioni circa le dimensioni dei fabbisogni, dall'altra il plausibile piano di sviluppo nucleare nazionale al 2030-2040-2050, per poter prevedere la tipologia e la dimensione numerica degli impegni formativi, anche per gli altri stakeholder (formazione, ricerca, istituzioni).

A livello internazionale, uno degli studi più interessanti e completi è stato svolto nell'ambito del progetto MATCH, svolto di recente dalla Confindustria nucleare francese (GIFEN). In esso sono identificati 20 ambiti di attività e 80 professioni necessarie per lo sviluppo del settore nucleare (Allegato N. 8).

1. Forgia e fonderia	6. Caldareria	11. Gruppo turbo-alternatore	16. Macchine rotanti
2. Raffreddamento	7. Tubazioni e saldature	12. Genio civile	17. Logistica – trasporto – manutenzione
3. Trattamento acqua	8. Controllo e comando	13. Protezione del sito	18. Prove e controlli
4. Servizi sanitari, smantellamenti, rifiuti	9. Ventilazione, condizionamento	14. Processo nucleare	19. Sistemi elettrici
5. Radioprotezione	10. Valvolame	15. Prestazioni intellettuali	20. Scambio termico

Professioni identificate necessarie per lo sviluppo del settore nucleare (progetto MATCH-Confindustria nucleare francese - GIFEN).

I programmi di formazione delle risorse umane dovranno considerare fasi differenti, in termini sia numerici, sia temporali, in particolare si prevede una fase di accelerazione ed una successiva fase di mantenimento, mentre è da gestire opportunamente la fase di ricambio generazionale, per tutti gli stakeholder (formazione, industria, ricerca,

istituzioni). Da non sottovalutare, la forte attrattività che il settore nucleare europeo ed internazionale eserciterà verso le nuove risorse umane formate nell'ambito, considerando i programmi di sviluppo del settore, già in fase molto avanzata in alcuni Paesi.

Tra gli esempi di collegamento nazionale tra provider di "education and training" e industria a cui ispirarsi per una futura organizzazione sistematica delle risorse umane per il settore nucleare in Italia, si segnalano il già menzionato GIFEN e l'Institut International de l'Énergie Nucléaire (I2EN) francesi e la National Skills Academy Nuclear (NSAN) britannica, che svolgono funzioni di collegamento tra i vari enti e di organizzazione delle competenze anche in funzione di impegni industriali internazionali.

Allegato N.8: Documento sulla previsione fabbisogni industriali settore nucleare, progetto MATCH.

2-3.2 **Fabbisogni specifici per le tecnologie da fusione**

Anche in relazione all'ambito della ricerca sulle tecnologie da fusione, la ricognizione svolta dal GdL 3, conferma il riconosciuto posizionamento dell'Italia nella formazione avanzata nei settori della fisica e dell'ingegneria dei reattori a fusione, nonché nella scienza e tecnologia dei plasmi. Lo scenario delineato con riferimento alla fusione conferma un quadro di esigenze per la crescita di risorse umane pari a circa 650 Full Time Equivalent (FTE) professional, mediamente a circa 750 nel periodo 2025-27, a oltre 900 nel periodo 2028-30, e a circa 1100 nel 2031-35. Per gli anni successivi, si ipotizza un ancora crescente numero di addetti, occupati prevalentemente nell'industria, oltre che nell'ambito della ricerca. Tenuto inoltre conto dell'età media degli attuali addetti e del turnover atteso nei prossimi anni, nonché della prevedibile richiesta di risorse umane di elevata professionalità (fisici ed ingegneri) da parte delle realtà industriali (imprese, start-up, ecc.) attive sulla fusione, si valuta la necessità di formare mediamente circa 100 nuovi professional (30% fisici (fisica del plasma teorica e sperimentale, diagnostiche, materiali, superconduttività) e 70% ingegneri nell'area Ingegneria Industriale e dell'Informazione.

Allegato N.9: Documento sulla previsione fabbisogni con riferimento alle tecnologie da fusione GdL 3.

C2-4 Conclusioni

La ricognizione svolta in merito all'assetto delle diverse iniziative didattiche (considerando tutti i livelli della filiera formativa) in ambito energia/transizione energetica che presentano una curvatura sull'ambito della Fisica e Ingegneria Nucleare e, quindi, sui percorsi formativi necessari a sostenere una filiera industriale italiana nel

settore dell'Energia Nucleare, ha messo in luce punti di forza, potenzialità e criticità. Di fatto, il quadro conferma che è presente un importante bagaglio di competenze tecnico-scientifiche, soprattutto a livello universitario, con una forte connessione con le iniziative a livello europeo e internazionale. Nello stesso tempo, tante sono le carenze in termini di numero di percorsi dedicati e quindi di capitale umano competente da inserire nel mondo del lavoro, sia nelle discipline peculiari del settore, sia in quelle complementari. Pur consapevoli che non si "parte da zero", appare evidente la necessità di progettualità e di risorse dedicate per rivitalizzare la formazione, a tutti i livelli di istruzione, finalizzata ad attrarre e trattenere nuovi talenti nel settore nucleare, con attenzione anche agli aspetti informativi e di educazione sociale, con una visione di sistema, attenzionando anche tutte le discipline complementari (tecnico-scientifiche-management-giuridiche-sanitarie), e con un orizzonte a medio e lungo termine, che possa apportare benefici allo sviluppo del sistema energetico complessivo del Paese.

CAP. 3 - PROPOSTE

C3-1 Introduzione

In questa fase il GdL ha condiviso proposte operative in linea con lo scenario messo a fuoco nella fase 1, che è stato anche perfezionato grazie a specifiche audizioni svolte con importanti realtà industriali del settore Energia ed Energia Nucleare (Walter Tosto - Allegato N.10, Edison, ENEL e Ansaldo Nucleare). Inoltre, i Coordinatori del GdL6 si sono confrontati anche con il Ministero dell'Istruzione e del Merito (MIM) e con il Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR).

Le proposte sono intese a colmare le criticità emerse con riferimento ai vari segmenti attenzionati nella fase 1: formazione pre-diploma (scuola secondaria di secondo grado), post diploma (ITS Academy e Lauree ad Orientamento Professionale), l'alta formazione di livello universitario (Corsi di Laurea, di Laurea Magistrale, Master di primo e di secondo livello e Dottorati di ricerca) e la formazione professionale (incluso l'aggiornamento professionale obbligatorio - vedi ad es. Allegato N.11), in un'ottica integrata tra tutti i segmenti della filiera formativa, seguendo l'approccio dei capitoli precedenti.

Le iniziative proposte sono da inquadrarsi anche nella strategia di cui al D.M. MASE del 16 novembre 2023 (GU 25 gennaio 2024, n.20) - Definizione dei programmi, progetti e attività da attuare nell'ambito dell'iniziativa «Mission Innovation» e al ruolo della Piattaforma per il Nucleare Sostenibile, come previsto dall'Art. 4 comma 2 del D.M. di cui sopra, per la definizione degli obiettivi di programma del Settore Nucleare. In particolare, si evidenzia che l'art. 2, comma 1 lettera a) punto 2 (Ripartizione delle risorse) prevede specifici investimenti da destinare alla formazione universitaria e l'art. 4 comma 2 (Modalità di attuazione) individua un ruolo importante di indirizzo della Piattaforma Nazionale Nucleare Sostenibile (PNNS).

Allegati N. 10: Documento condiviso nella audizione.

Allegato N. 11: Proposta da CNI.

C3-2 Linee di intervento proposte

Per rendere il progetto sostenibile e resiliente è di fondamentale importanza il costante coordinamento con i Ministeri di competenza (MIM, MUR, MASE) ed ENEA (anche per le risorse di cui al D.M. sopra richiamato) senza trascurare la necessità di un costante confronto con le aziende, per massimizzare l'impatto complessivo sul sistema produttivo del Paese correlato alla ripresa della filiera Nucleare a livello nazionale.

Con questo approccio il GdL ha condiviso di inquadrare le linee di intervento sui seguenti tre *Pillars*, tenendo presente che si auspica una concentrazione strategica, almeno per quanto attiene all'Università, delle risorse sulle sedi che hanno mantenuto competenze specifiche in ambito Ingegneria Nucleare (si vedano sedi consorzio CIRTEN):

- **Pillar 1:** rafforzamento e sviluppo dei formatori (dagli ITS alle Università);
- **Pillar 2:** rafforzamento e sviluppo iniziative di formazione (da nuovi ITS ai PhD) considerando anche la dimensione dell'Orientamento universitario e scolastico, incluse le iniziative di formazione/educazione di studenti e docenti di scuole secondarie di primo e secondo grado, comprendendo anche i percorsi di formazione professionale;
- **Pillar 3:** rafforzamento e sviluppo infrastrutture per la formazione (dai laboratori didattici ai reattori di ricerca e training).

Per ciascuna linea di intervento è stata predisposta una prima ipotesi di budget riferita ai primi 3 anni di avvio del progetto, che contempla possibili scenari specifici, come ad esempio quelli relativi a capitoli dedicati del Fondo di Finanziamento Ordinario delle Università, per interventi mirati al rafforzamento del capitale umano degli Atenei.

Gli interventi proposti e le corrispondenti stime di budget associato contemplano e integrano iniziative sia sul versante fissione sia sul versante fusione, pur essendo differenti tra i due la tipologia, la dimensione e la distribuzione temporale delle necessità relative.

Tipologia, dimensione e realizzazione temporale degli interventi dovranno essere adattati allo sviluppo del futuro programma nucleare italiano, in funzione soprattutto degli sviluppi tecnologici e industriali dello stesso.

CAP. 4 - ROAD MAP

Il GdL ha condiviso la roadmap in un approccio integrato con quella impostata a livello complessivo dalla PNNS, con un orizzonte al 2050 e prevedendo adeguate risorse economiche per la realizzazione delle azioni delineate (vedi cronoprogramma della PNNS). Una prima ipotesi potrebbe seguire il seguente sviluppo:

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

- **Pillar1:** rafforzamento e sviluppo dei formatori (dagli ITS alle Università) (con risorse specifiche da rendere disponibili a brevissimo o breve termine)

Destinatari iniziativa	Descrizione	Possibili Strumenti
Università	Posizioni da RTT, PA, PO (anche attraverso chiamate dall'estero/rientro esperti e docenti dalle imprese). A tale riguardo serve considerare che le discipline da attenzionare sono sicuramente quelle degli SSD di Ingegneria Nucleare* (IIND-07/C Fisica dei reattori nucleari, IIND-07/D Impianti nucleari, IIND-07/E Misure e strumentazione nucleari), ma anche quelle complementari e trasversali (altri SSD del GSD IIND-07 - Fisica Tecnica e Ingegneria Nucleare, Chimica, Fisica, intera Area Ingegneria Industriale e dell'Informazione e discipline economiche-giuridiche-sanitarie-ambientali). - <i>(a brevissimo termine)</i> .	Capitoli di FFO vincolato (azioni specifiche da inquadrare in finanziamenti una tantum dedicati) - Specifici progetti di cui alla Programmazione triennale degli atenei (D.M. 289/2021) - Specifici progetti del Piano Lauree Scientifiche. Considerando circa 70 posizioni permanenti PA/RTT equiv. (con procedure da attivare nei primi 3 anni e considerando un orizzonte di stabilizzazione di 15 anni), le risorse da impegnare complessivamente sono pari a circa 83 M€.
ITS Academy. Università per percorsi di laurea ad orientamento Professionale e per attività di formazione continua	Posizioni docenti + tecnici lab + risorse per docenti a contratto <i>(a breve termine)</i> .	In base alla recente esperienza di nuovo ITS dedicato anche ad attività nucleari in ambito meccanico/manifatturiero, si stimano circa 3 M€ sul triennio.

* Viene qui utilizzata la nuova codifica dei GSD e SSD in base al DM n. 639 del 2 maggio 2024, che sostituisce i precedenti codici del Settore Concorsuale 09/C2 (ora IIND-07 - Fisica Tecnica e Ingegneria Nucleare). In particolare, i SSD citati sostituiscono ING-IND/18, ING-IND/19 e ING-IND/20.

Complessivamente per il Pillar 1 si stima un budget per i primi 3 anni pari a 86 M€.

Circa l'ambito universitario occorre notare che:

- il numero di studenti già in deciso aumento in questi anni nei percorsi di laurea in ingegneria nucleare (quasi al livello degli anni '80, quando l'Italia aveva un settore nucleare industriale attivo), indica una urgenza nel rafforzamento del corpo docente dei settori dell'Ingegneria Nucleare, oggi di dimensioni inferiori e non comparabili con quelle degli anni '80;
- l'alta formazione di personale e lo sviluppo di competenze nell'Ingegneria Nucleare, relative sia alla fusione, sia alla fissione, rappresentano la prima priorità per lo sviluppo tecnologico e industriale di un settore nucleare nazionale; a questa andranno aggiunte, "ad espandere" e in funzione dello sviluppo

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

tecnologico-industriale prima citato, le priorità relative agli ambiti “affini” (GSD Fisica Tecnica e Ingegneria Nucleare) e “integrativi” (Chimica-Fisica, intera Area Ingegneria Industriale e dell’Informazione e discipline economiche-giuridiche-sanitarie- ambientali).

- **Pillar2:** rafforzamento e sviluppo iniziative di formazione (da nuovi ITS ai PhD) considerando anche la dimensione dell’Orientamento universitario e scolastico, incluse le iniziative di formazione/educazione di studenti e docenti di scuole secondario di primo e secondo grado (con risorse specifiche da rendere disponibili a brevissimo termine)

Destinatari iniziativa	Descrizione	Possibili Strumenti
Università	Percorsi innovativi di Dottorato di Ricerca, borse di studio in ambito PNNS - <i>(a brevissimo termine)</i> "Italian Nuclear Training Centre": Progettazione e realizzazione (in stretta collaborazione con le imprese) di un centro nazionale di formazione e addestramento per operatori del settore nucleare (da collegare alla EU Nuclear Academy – NZIA (Net-Zero Industry Act) - <i>(a breve termine)</i>)	Azioni in analogia al Decreto Ministeriale n. 630 del 24-04-2024 Dottorati innovativi su temi PNNS.
Università	Master professionalizzanti (post-laurea) + short courses. Iniziative progettate e realizzate in collaborazione con gli stakeholder (imprese, istituzioni); Potenziamento dell’offerta formativa universitaria e di alta formazione a riguardo l’energia da fusione - <i>(a brevissimo termine)</i>	
Università e Scuola Secondaria di Secondo Grado	Mobilità (nazionale/internazionale). Periodi di internship presso aziende, enti di ricerca, organizzazioni nazionali/EU/internazionali – <i>(a brevissimo termine)</i>	
ITS Academy / Ordini Professionali	Iniziative progettate e realizzate in collaborazione con le imprese e con gli ordini professionali di riferimento. Sviluppo/potenziamento di scuole di alta formazione e certificazione di personale qualificato gestione di impianto. Programma di formazione per l’upskilling degli	Avvio di almeno un nuovo percorso di ITS Academy con curvatura sull’ambito dell’Energia Nucleare, basato sul modello Walter Tosto, da replicare in un ecosistema adatto a recepire tali iniziative, anche in collaborazione con le Università.

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

	iscritti agli ordini professionali - (<i>a breve termine</i>).	Avvio di percorsi di formazione professionale coordinati da CNI, con valenza anche comunicativa/divulgativa.
Scuole Secondarie di Primo e Secondo grado	Iniziative di educazione alle tematiche nucleari/energetiche e nucleari non-energetiche.	Istituzione di un corso annuale/pluriennale (sul modello delle scuole estive) di formazione in fondamentali e applicazioni della fisica nucleare per docenti della Scuola Superiore di Secondo Grado (long life learning) eventualmente inquadrato nella piattaforma S.O.F.I.A. – MIM.

Complessivamente per il Pillar 2 si stima un budget per i primi 3 anni pari a 19 M€ (PhD: 6M€; Master professionali e corsi brevi: 3,6 M€; mobilità: 2,4 M€; ITS Academy e formazione professionale: 3 M€; training center: 3M€; iniziative educative scuola secondaria: 1M€).

Circa l'ambito universitario, in particolare per l'alta formazione (PhD), valgono considerazioni simili a quelle riportate per il Pillar1 (es. borse di studio aggiuntive, nei percorsi di dottorato già attivi negli ambiti dell'ingegneria nucleare per fissione e fusione, indi in percorsi affini, integrativi e complementari).

La priorità sul versante dell'ingegneria nucleare è altresì giustificata dalla necessità di formare e selezionare il corpo docente da incrementare in tempi rapidi.

- **Pillar3:** rafforzamento e sviluppo infrastrutture per la formazione (dai laboratori didattici ai reattori di ricerca e training, con risorse specifiche da rendere disponibili a medio termine)

Destinatari iniziativa	Descrizione	Possibili Strumenti
Università/ENEA	Laboratori didattici sperimentali (Università) reattore per education & training (TRIGA UNIPV; TRIGA e Tapiro ENEA; eventuale COSTANZA-UNIPA) - (<i>a brevissimo termine</i>)	Finanziamenti vincolati del FFO, anche integrando il Piano Nazionale Ricerca https://www.mur.gov.it/sites/default/files/2021-05/PNR2021-2027.pdf
ITS - Scuole Secondarie di Secondo Grado	Laboratori progettati, realizzati e gestiti in collaborazione con le aziende (possibilmente sul territorio valutando i distretti con vocazione sul settore energia/meccanica) - (<i>a breve termine</i>).	
Università e Istituti/Centri di Ricerca	Bandi su linee di ricerca identificate e sviluppate in collaborazione con le imprese - (<i>a brevissimo termine</i>).	

Complessivamente per il Pillar3 si stima un budget per i primi 3 anni pari a 30 M€ (Lab sperimentali e reattori di ricerca: 12M€; laboratori ITS: 3,6M€; bandi di ricerca: 15 M€).

Nel complesso, si stima una necessità di risorse economiche di circa **45 M€ per ciascuno anno di avvio della PNNS** - si prevede che alcune delle iniziative necessitino di risorse solo nella fase di start-up, per poi autosostenersi nel tempo.

CAP. 5 - LINEE GUIDA

Scopo del presente capitolo è quello di riassumere organicamente la visione nell'ambito della formazione e dell'educazione con riferimento allo scenario della ripresa della filiera dell'Energia Nucleare a livello nazionale.

Tenuto conto degli scenari prospettati dagli altri Gruppi di lavoro della PNNS ed in particolare dei GdL1 "Contesto, scenari e prospettive", GdL2 "Tecnologie di fissione"; e GdL3 "Tecnologie di fusione", emerge un quadro di necessità di competenze a largo spettro (dalle discipline di base a quelle più applicative, senza trascurare quelle complementari e trasversali) e di vario livello (dagli ITS all'Università e al Dottorato di Ricerca). La ricognizione e la valutazione di prospettiva svolte hanno messo in luce che per rendere sostenibile e robusto il percorso di ripresa della filiera dell'Energia Nucleare a livello nazionale è opportuno procedere come segue:

- Considerando l'importante bagaglio di competenze presenti in Italia a livello tecnico-scientifico, soprattutto a livello universitario, con una forte connessione con le iniziative a livello europeo e internazionale, appare prioritario intervenire con azioni di rafforzamento ed ulteriore sviluppo del capitale umano dedicato (vedi proposte del **Pillar 1** di cui al Capitolo Roadmap). A tale riguardo serve considerare che le discipline da considerare sono sicuramente quelle dei tre settori dell'Ingegneria Nucleare e anche quelle complementari e trasversali dell'Ingegneria Energetica e degli altri settori di interesse (Chimica-Fisica, intera Area Ingegneria Industriale e dell'Informazione e discipline economiche-giuridiche-sanitarie- ambientali).
- Considerando il fabbisogno di capitale umano (a diverso livello, dagli ITS ai PhD) prospettato dal comparto industriale di riferimento e dagli enti di ricerca, con riferimento sia alle tecnologie da fissione, sia alla progettualità e ricerca sulla fusione, appare importante fornire un supporto all'ampliamento delle iniziative di formazione (da nuovi ITS ai Dottorati di Ricerca) e/o allo sviluppo di specifici percorsi di curvatura (curricula) nell'ambito dei corsi di Laurea Magistrale, in primis di quelli già attivi dell'Ingegneria Nucleare. In questo ambito non va trascurata la dimensione dell'Orientamento con iniziative di formazione/educazione di studenti e docenti delle scuole superiori di primo e secondo grado, comprendendo anche i percorsi di formazione continua e professionale (vedi proposte del **Pillar 2** di cui al Capitolo Roadmap).
- Appare strategico anche dedicare risorse per rafforzare e sviluppare le infrastrutture per la formazione (dai laboratori didattici ai reattori di ricerca e training) e per la ricerca, perché una formazione efficace nell'ambito dell'Energia Nucleare, e più in generale nell'ambito tecnico-scientifico, non può prescindere dall'aspetto applicativo che si alimenta attraverso la dimensione della ricerca. Solo investendo in strutture all'avanguardia e incentivando la collaborazione tra

PIATTAFORMA NAZIONALE PER UN NUCLEARE SOSTENIBILE

enti di ricerca, università e industria, si potrà garantire lo sviluppo di competenze adeguate e innovative, capaci di affrontare la sfida energetica e tecnologica della filiera del nucleare (vedi proposte del **Pillar 3** di cui al Capitolo Roadmap).

Le proposte di intervento presentate sono da intendersi non in ordine di priorità, nonostante una dimensione temporale sia stata indicata nel cronoprogramma complessivo (condiviso anche a livello della PNNS). Infatti, molte delle azioni proposte potranno essere sviluppate in parallelo, pianificando una politica sinergica tra i diversi Ministeri di competenza, in primis il Ministero dell'Università e della Ricerca e il Ministero dell'Istruzione e del Merito, al fine di dare una forma concreta alle proposte prospettate nei 3 *Pillars* individuati e descritti nei capitoli 3 e 4.

Con riferimento al sistema formativo funzionale alla filiera dell'Energia Nucleare italiana, pur consapevoli che “non si parte da zero”, appare evidente la necessità di progettualità e di risorse dedicate per rivitalizzare la formazione a tutti i livelli di istruzione. L'obiettivo è attrarre e trattenere nuovi talenti nel settore nucleare, prestando attenzione anche agli aspetti informativi e di educazione sociale, con una visione sistemica. È importante considerare tutte le discipline proprie dell'Ingegneria Nucleare, ma anche tutte quelle complementari (tecnico-scientifiche, manageriali, giuridiche, sanitarie e ambientali), con un orizzonte a breve, medio e lungo termine, in modo da apportare benefici allo sviluppo del sistema energetico complessivo del Paese.

Sulla base di quanto analiticamente esposto nel presente documento, le risorse per il potenziamento delle competenze professionali e accademiche nella filiera dell'energia nucleare nel primo triennio 2025-2027 ammontano indicativamente a 45,2 milioni/anno (totale nel triennio: 135,6 milioni).

Si ritiene che tale impegno di risorse debba essere confermato almeno per i prossimi 4 trienni, ovvero almeno fino all'entrata in funzione del primo reattore SMR, prevista nel 2035.

È opportuno sottolineare che le attività di formazione, sia a livello tecnico che nei percorsi pre-universitari, universitari e post-laurea, sopra prefigurate possono essere avviate anche prima dell'approvazione degli atti normativi necessari alla ripresa del nucleare a livello nazionale. Tali attività, infatti, risultano comunque utili per lo sviluppo delle competenze richieste dal settore industriale e regolatorio italiano, indipendentemente dai tempi di un eventuale ritorno alla produzione nucleare nazionale, e sono altresì necessarie per sostenere le competenze e la competitività del paese nel settore dell'energia e della transizione energetica.

CAP. 6 - ALLEGATI

Documenti archiviati nella cartella condivisa della PNNS

Allegato 1: Ricognizione scuole superiori

Allegato 2: Indire_ITS_Monitoraggio:2023

Allegato 3: Ricognizione_ITS_LP

Allegato 3a: ITS_ACADEMY_REPORT_Efficienza_energetica

Allegato 4: Corsi-laurea-orientamento-professionale_CRUI

Allegato 5: Ricognizione sulla formazione universitaria in Italia

Allegato 6: Ricognizione CNI aggiornamento professionale obbligatorio

Allegato 7: Ricognizione higher education

Allegato 8: GIFEN DOC-20230424-WA0003

Allegato 9: Contributo da GdL 3

Allegato 10: Documento condiviso da Walter Tosto nella audizione del 17 maggio 2024

Allegato 11: Proposta da CNI