



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Documento CERSE-UNIFI RL 1069/2010

**Analisi e valutazione delle necessità formative per la ripresa del
nucleare in Italia, in relazione alle necessità del mondo industriale e
ad esperienze in altri Paesi e organismi internazionali**

G. Forasassi, R. Lofrano



ANALISI E VALUTAZIONE DELLE NECESSITA' FORMATIVE PER LA RIPRESA DEL NUCLEARE IN
ITALIA, IN RELAZIONE ALLE NECESSITA' DEL MONDO INDUSTRIALE E AD ESPERIENZE IN
ALTRI PAESI E ORGANISMI INTERNAZIONALI

G. Forasassi, R. Lofrano

Settembre 2010

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Nuovo Nucleare da Fissione

Responsabile Tema: Stefano Monti, ENEA



CIRTEN
CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO
PER LA RICERCA TECNOLOGICA NUCLEARE

UNIVERSITA' DI PISA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA NUCLEARE E DELLA
PRODUZIONE

**Analisi e valutazione delle necessità formative per la ripresa
dell'opzione nucleare in Italia, in relazione alle necessità del mondo
industriale e ad esperienze in altri paesi ed organismi internazionali**

AUTORI

G. FORASASSI

R. LO FRANO

CIRTEN-UNUPI RL 1069/2010

PISA, Agosto 2010

Lavoro svolto in esecuzione della linea progettuale LP6 punto A - AdP ENEA MSE del 21/06/07
Tema 5.2.5.8 – “Nuovo Nucleare da Fissione”.

Indice

1. Introduzione	2
2. Il quadro Internazionale e Nazionale	5
3. Le necessità del mercato nucleare	11
3.1. Il caso Italia	25
4. Conclusioni	29
Bibliografia	31
Allegato A	32
Allegato B	35

1. Introduzione

La centralità delle tematiche energetiche nel mondo contemporaneo, dove il consumo mondiale di elettricità dovrebbe raddoppiare nei prossimi 25 anni, è unanimemente riconosciuta. Garantire forniture abbondanti, sicure, economiche e sostenibili di energia (elettrica in particolare ma non solo) e rispondere alla crescente richiesta del mercato globale, senza rinunciare a controllare l'impatto ambientale e lo sfruttamento delle risorse disponibili, sono gli elementi alla base del rinnovato interesse, a livello nazionale ed internazionale, per il nucleare.

Non è necessario giungere sino alle conclusioni estreme di James Lovelock [1] ideatore della teoria di Gaia, o di Patrick Moore [2], cofondatore di Greenpeace, per accorgersi che la fonte energetica nucleare è una risorsa non eludibile. Infatti analizzando lo scenario energetico globale appare chiaro come l'interesse verso il nucleare dipenda da molteplici fattori quali il costo dell'energia, l'indipendenza energetica, l'approvvigionamento delle fonti fossili, la volatilità dei costi delle fonti fossili tradizionali come il gas legate al prezzo del petrolio, oltre ai rischi geopolitici che caratterizzano alcuni Paesi fornitori di petrolio e gas naturale, ecc: tali motivi suggeriscono per l'Europa, e ancor più per l'Italia, la necessità di avere un mix energetico bilanciato e sostenibile.

In Italia il ritorno, entro il 2013, all'energia nucleare è considerato una possibile soluzione, insieme ad un migliore impiego delle altre fonti (mix energetico), al fabbisogno energetico nazionale (il programma energetico nucleare dovrebbe fornire circa il 25%, pari a circa 13.000 MW, dell'energia elettrica necessaria al Paese tanto più che tale fabbisogno è oggi condizionato dagli aumenti del costo dell'energia, indotti dalla crescita incontrollata del prezzo dei combustibili fossili, da cui dipende, per oltre l'80%, il nostro sistema energetico, dalla necessità di ridurre le emissioni di CO₂, dalla necessità (anche politica) di raggiungere una più elevata indipendenza energetica, ecc.

Occorre sottolineare che nel mondo i reattori nucleari in funzione (Fig. 1) producono circa il 17% dell'energia elettrica totale, tale percentuale aumenta fino al 24% per i Paesi OECD ed al 35% in Europa: al 2005 la potenza netta totale installata era di 369.122 GWe. Inoltre nel contesto internazionale si sta affermando il consenso di istituzioni e organizzazioni di vario genere all'impiego del nucleare, considerato sempre più una fonte indispensabile per il raggiungimento della "low carbon economy" e il contrasto ai cambiamenti climatici, come tra l'altro indicato nella dichiarazione delle Accademie della Scienza dei Paesi del G8+5 sui cambiamenti climatici del maggio 2009: *"Un'economia a basse emissioni di CO₂ richiederà sistemi integrati, collaborazione globale, e azioni concertate tra cui: ... lo sviluppo di centrali nucleari sicure e ...*

la gestione a lungo termine e lo smaltimento dei rifiuti. È essenziale la collaborazione internazionale nello sviluppo dei reattori della prossima generazione e nella riduzione del rischio di proliferazione”.

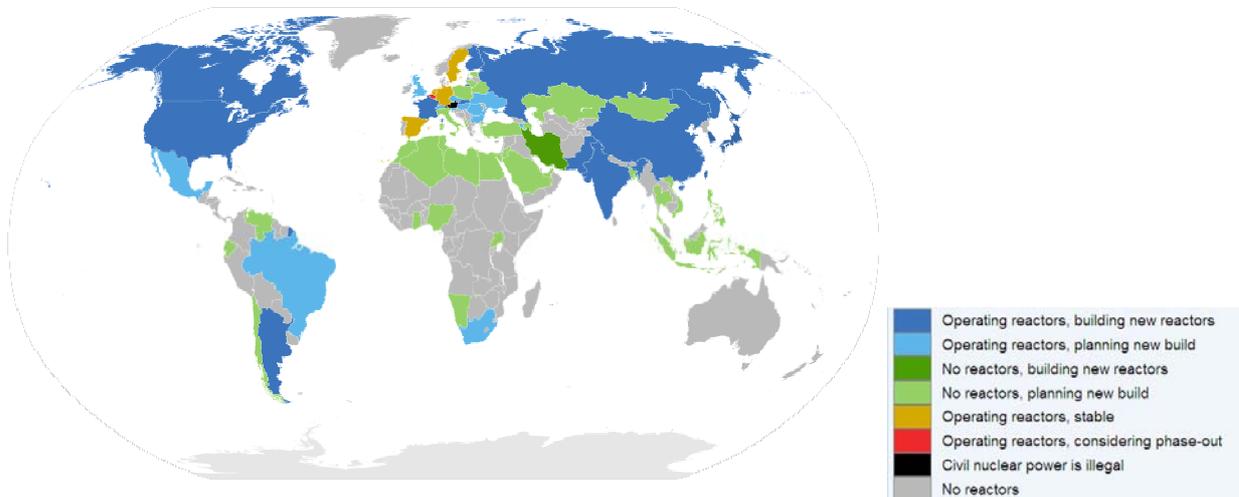


Fig. 1- Paesi con impianti nucleari

Si riporta a titolo esemplificativo la previsione di share di energia elettrica da fonte nucleare nei vari Paesi, fino al 2030 [3] in Fig. 2 e la distribuzione dei reattori di potenza nel mondo è indicata in Fig. 3.

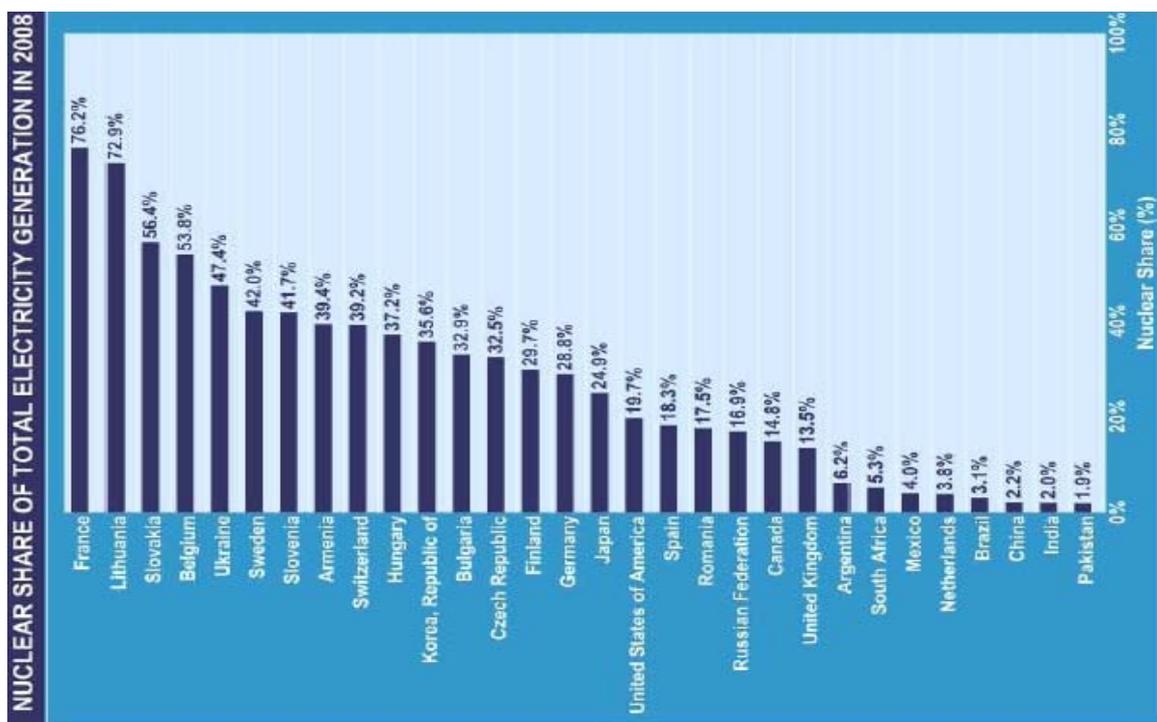


Fig. 2- Percentuale di energia elettrica prodotta per via nucleare (IAEA 2009)

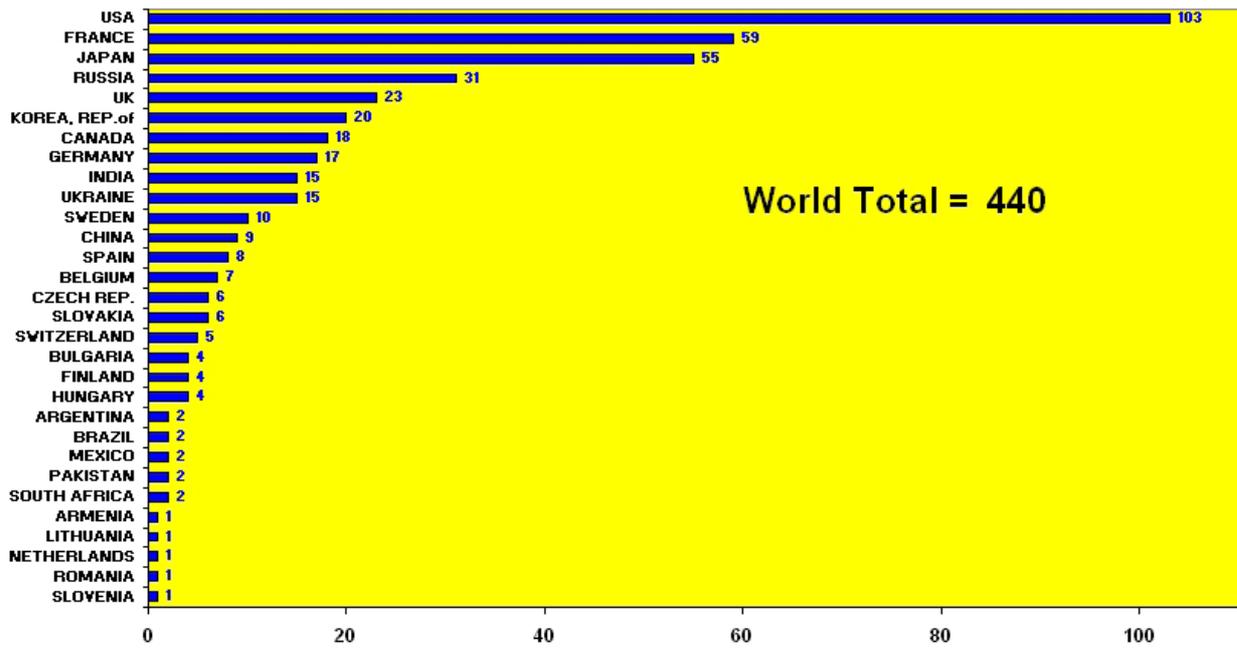


Fig. 3 - Reattori nucleari nel mondo (IAEA 2006)

2. Il quadro Internazionale e Nazionale

I paesi che soddisfano il proprio fabbisogno energetico interno tramite l'energia nucleare sono:

- Francia: 76% fabbisogno energetico interno
- Paesi dell'Europa dell'Est: 40-50%
- Unione europea: 35%
- Paesi OCSE: 25%
- USA: 17-20%

L'Europa soddisfa mediamente il 35% del proprio fabbisogno energetico interno, in particolar modo grazie ai reattori nucleari francesi.

Gli ultimi eventi ed i recenti dati favorevoli relativi alla politica energetica internazionale (proiezione IAEA 2008 che stima una futura crescita nella produzione di energia nucleare pari al 3,2% anno) hanno smentito la previsione IAEA datata 2004, secondo la quale il peso dell'energia nucleare rispetto alle altre fonti di energia era destinato a ridursi entro il 2020. Infatti la produzione di energia elettrica nucleare è cresciuta negli ultimi anni (vedi Fig. 2) di oltre il 50% non solo grazie alle migliori capacità di gestione dei reattori, il cui fattore di carico medio è passato dal 70% al 90%, ma anche alla cantierizzazione di nuovi impianti nucleari conseguenti alla crescita di domanda di energia mondiale (es. Cina e India).

Le aspettative di crescita sono periodicamente valutate, fin dal 1981, dalla IAEA che redige periodicamente dei documenti in cui prefigura possibili scenari per il mercato dell'energia nucleare del mondo. I risultati per le proiezioni 2008 sono illustrati in Fig. 4: per quanto attiene la proiezione più "bassa", la capacità nucleare prevista nel 2030 sarà di 473 GW(e), circa il 27% superiore a quella odierna, mentre nella proiezione più "alta", la capacità nucleare prevista nel 2030 sarà di GW(e) 748 quasi doppia rispetto a quella attuale [4]. Inoltre in Fig. 5 e 6 si osservano come le proiezioni siano cambiate dal 2003 ad oggi.

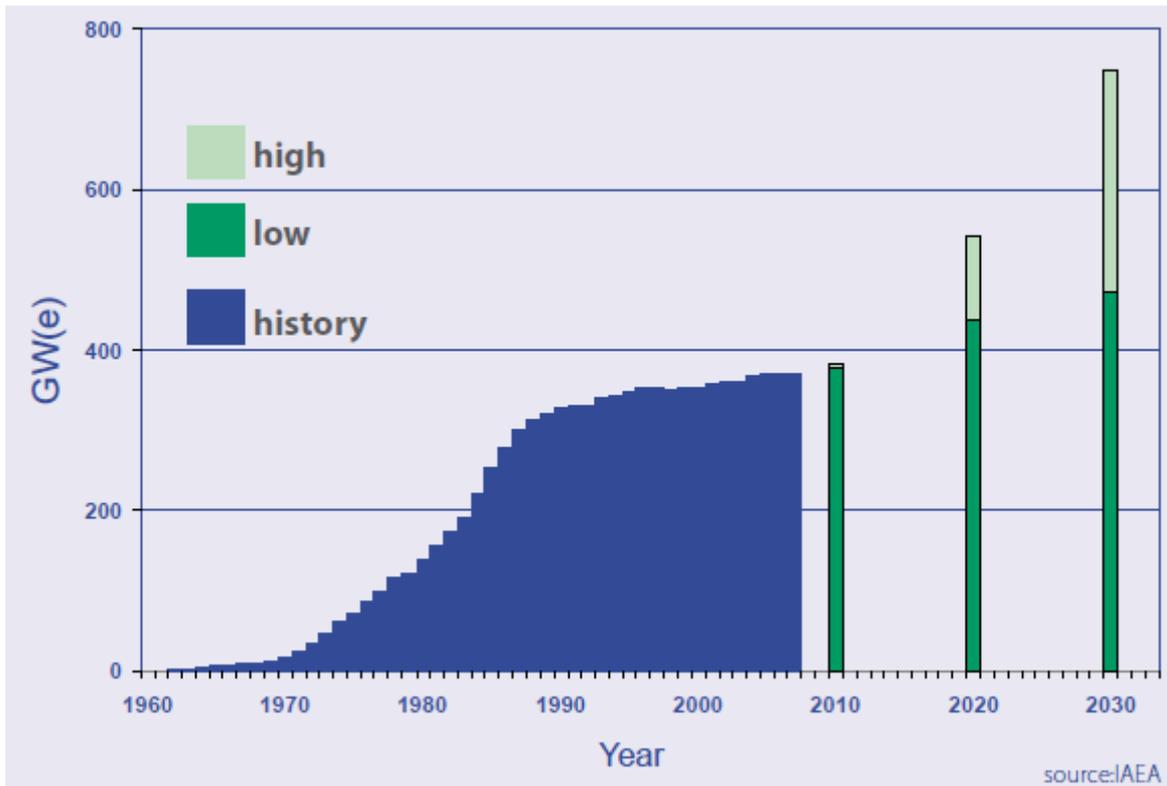


Fig. 4 – Produzione di energia globale da fonte nucleare (in blu) e stima di crescita futura nel caso di “bassa” e “alta” proiezione (verde scuro e verde chiaro) [4]

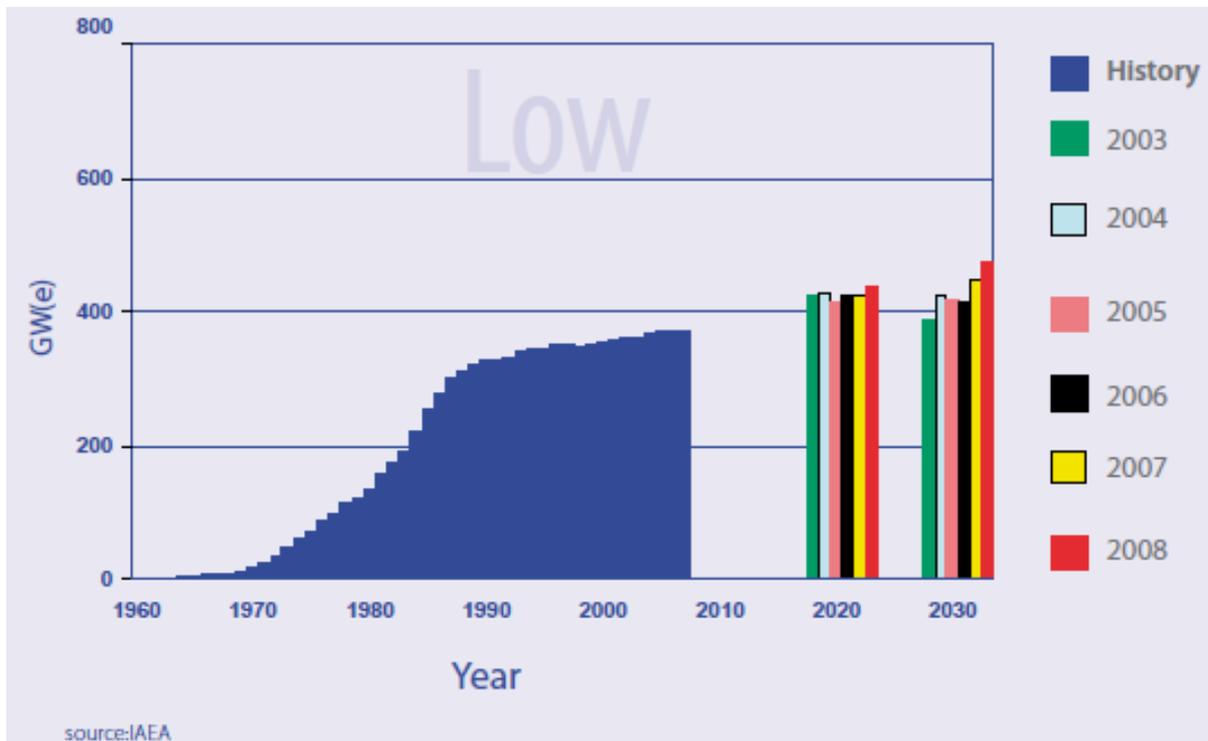


Fig. 5 – Stima di crescita del nucleare nel caso di “bassa” proiezione [4]

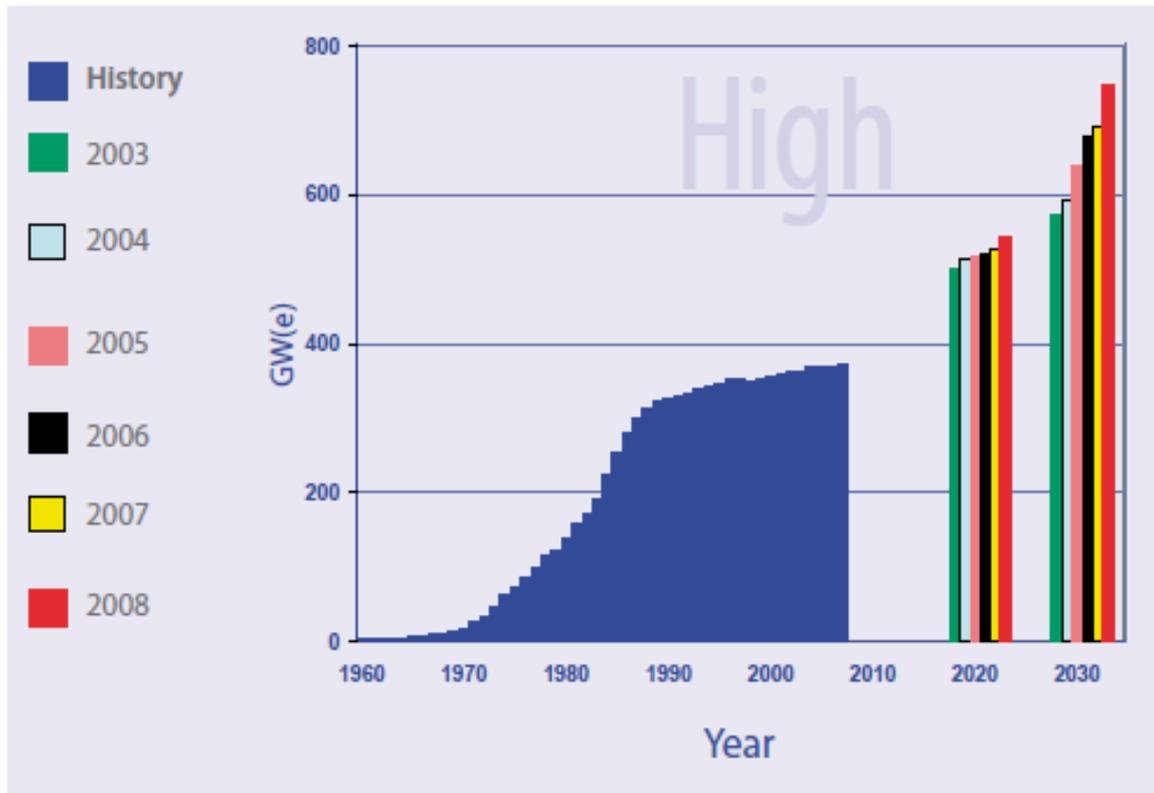


Fig. 6 – Stima di crescita del nucleare nel caso di “alta” proiezione [4]

Le figure 5 e 6 indicano che ogni anno a partire dal 2003 le capacità di energia nucleare è stata rivista al rialzo, come conseguenza dell’incremento della domanda globale di energia, di cui il nucleare rappresenta una parte importante, e della nuova situazione politico-energetica (programmi energetici nel medio - lungo termine) di Paesi come Cina, India, Regno Unito e Stati Uniti.

In particolare, in Cina, dove sono attualmente operative 3 impianti nucleari con un totale di 9 reattori funzionanti per una potenza totale installata di 6100 MWe, nel 2003 è stato promulgato un programma di sviluppo nucleare a lungo termine che prevede la realizzazione di 36 GWe entro il 2020, il che equivale a costruire 2 grandi impianti nucleari da oltre 1000 MWe ogni anno: tale impegno consentirà alla Cina di portare solamente dal 2.2% al 4% la produzione di energia elettrica per via nucleare. Questo scenario globale ha influenzato anche gli USA ed il Canada, dove la Ontario Power Authority canadese ha proposto la realizzazione-installazione di 12 nuovi impianti nucleari per facilitare la dismissione di vecchie centrali di potenza a carbone nell’area.

Infine una panoramica completa ed aggiornata dello status del parco reattori nel mondo e la prospettiva di sviluppo, redatta dalla World Nuclear Power Reactor, è riportata nella Tabella 1.

Tab. 1 - World Nuclear Power Reactor

Paese	Nucleare produzione energia 2009		Reattori in esercizio Agosto 2010		Reattori in costruzione Agosto 2010		Reattori previsti Agosto 2010		Reattori proposti Agosto 2010		Uranio richiesto 2010
	miliardi di kWh	E %	n°	MWe	n°	MWe	n°	MWe	n°	MWe	ton. U
Argentina	7,6	7,0	2	935	1	692	2	767	1	740	123
Belgio	45	51,7	7	5.943	0	0	0	0	0	0	1052
Brasile	12,2	3,0	2	1901	1	1270	0	0	4	4.000	311
Bulgaria	14,2	35,9	2	1906	0	0	2	1900	0	0	272
Canada	85,3	14,8	18	12.679	2	1500	4	4.400	3	3.800	1675
Cina	65,7	1,9	12	9624	24	26550	33	37450	120	120000	2875
Rep. Ceca	25,7	33,8	6	3.686	0	0	2	2400	1	1200	678
Finlandia	22,6	32,9	4	2721	1	1600	0	0	2	3.000	1149
Francia	391,7	75,2	58	63.236	1	1630	1	1630	1	1630	10.153
Germania	127,7	26,1	17	20.339	0	0	0	0	0	0	3.453
Ungheria	14,3	43	4	1880	0	0	0	0	2	2200	295
India	14,8	2,2	19	4.183	4	2572	20	16.740	40	49.000	908
Iran	0	0	0	0	1	915	2	1900	1	300	148
Italia	0	0	0	0	0	0	0	0	10	17.000	0
Giappone	263,1	28,9	55	47.348	2	2756	12	16.532	1	1300	8.003
Messico	10,1	4,8	2	1310	0	0	0	0	2	2000	253
Paesi Bassi	4,0	3,7	1	485	0	0	0	0	1	1000	107
Pakistan	2,6	2,7	2	400	1	300	2	600	2	2000	68
Polonia	0	0	0	0	0	0	6	6.000	0	0	0
Romania	10,8	20,6	2	1310	0	0	2	1310	1	655	175
Russia	152,8	17,8	32	23.084	10	8.960	14	16.000	30	28.000	4.135
Slovacchia	13,1	53,5	4	1760	2	840	0	0	1	1200	269
Slovenia	5,5	37,9	1	696	0	0	0	0	1	1000	145
Sudafrica	11,6	4,8	2	1842	0	0	3	3.565	24	4.000	321
Spagna	50,6	17,5	8	7.448	0	0	0	0	0	0	1458
Svezia	50,0	34,7	10	9.399	0	0	0	0	0	0	1537
Svizzera	26,3	39,5	5	3.252	0	0	0	0	3	4.000	557
Ucraina	77,9	48,6	15	13.168	0	0	2	1900	20	27.000	2031
UK	62,9	17,9	19	11.035	0	0	4	6.600	6	8.600	2235
USA	798,7	20,2	104	101.216	1	1180	9	11.800	22	31.000	19.538

Fonti: dati WNA da 1/7/10 AIEA per la produzione di energia elettrica nucleare e percentuale di energia elettrica e da WNA: Global Nuclear Fuel market

Negli ultimi anni, la spinta più consistente verso il settore nucleare negli USA è stata data dal rinnovato interesse di natura economica delle utilities americane, che, dopo un lungo periodo, hanno preparato le richieste Combined Construction and Operating License (COL), per la realizzazione di circa 30 nuovi reattori, da sottoporre all’Autorità di Sicurezza e Controllo (NRC). Un altro aspetto interessante nel settore nucleare è rappresentato dalle operazioni di “life extension”: le utilities americane come Exelon, Entergy, ecc., hanno tratto notevoli benefici economici dal ricondizionamento di alcuni impianti nucleari a fine ciclo di vita (ad es. sostituzione dei generatori di vapore ed aggiornamento dei sistemi di sicurezza) ottenendo dall’Autorità di Controllo (NRC) il permesso per proseguire la produzione oltre il termine nominale di esercizio, tipicamente per un periodo ulteriore di 5-10 anni. Lo stesso tipo di azione si prevede accadrà in Europa con evidenti vantaggi soprattutto per gli esercenti, quali la francese EDF, che hanno già previsto una strategia di intervento combinato di estensione di vita e sostituzione degli impianti obsoleti con reattori di nuova generazione (Fig. 7).

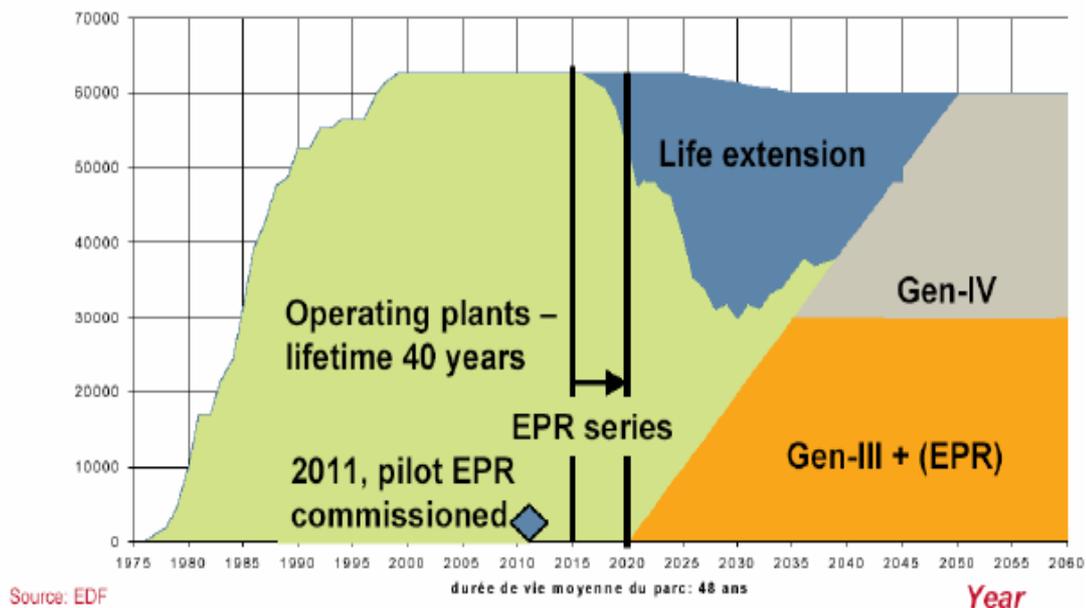


Fig. 7 – Previsione di rinnovo del parco reattori francesi (EDF)

Come è stato già accennato di ripresa del nucleare si parla intensamente anche in Europa, dove in Francia, Svezia (il cui governo è intenzionato ad abolire la moratoria sulla costruzione di centrali nucleari in vigore dal 1980 ed autorizzare la sostituzione dei dieci reattori esistenti), Gran Bretagna, Finlandia ecc. sono stati avviati programmi che prevedono la costruzione di nuovi

reattori, mentre la Germania e Svizzera stanno riconsiderando le loro decisioni circa il phase-out dal nucleare.

La Romania ha avviato da tempo il processo autorizzativo per il raddoppio delle unità di Cernavoda, mentre la Polonia ha approvato il documento di programmazione energetica 2005-2025 con il quale conferma l'intenzione del paese di dotarsi del suo primo reattore nucleare entro il 2021. Inoltre nel marzo '06 Lituania, Lettonia ed Estonia hanno siglato un Memorandum per la costruzione congiunta di un altro reattore nucleare.

Come è noto, la Finlandia è stata la prima degli stati europei a dare inizio alla ripresa del nucleare in Europa con l'inizio della costruzione del terzo gruppo della centrale di Olkiluoto, nel 2005, e a pianificare la realizzazione di un terzo gruppo da 1000-1800 MW per la centrale di Loviisa, il cui completamento è previsto entro il 2020.

Per quanto riguarda, invece, il contesto italiano, il rinnovato interesse verso il settore nucleare si è manifestato con l'intento di realizzare almeno 4 centrali nucleari di III+ Generazione (cui se ne potrebbero aggiungere altri 6 per raggiungere lo share di potenza precedentemente accennata).

La realizzazione di queste centrali comporterà inevitabilmente la risoluzione di problemi legati all'accettabilità ed al consenso da parte dell'opinione pubblica (tema strettamente connesso soprattutto con la gestione dei rifiuti radioattivi), alla riorganizzazione del settore nucleare nonché quelli relativi alla formazione di personale qualificato, poiché un programma nucleare inizia la pianificazione della costruzione di una centrale e si estende fino alla fase di smantellamento dell'impianto.

3. Le necessità del mercato nucleare

Nel mondo sono attualmente in funzione circa 439 reattori nucleari, la maggior parte dei quali concentrati nel continente nordamericano (Usa e Canada), in Europa (compresi i Paesi dell'Est, quelli scandinavi e la Svizzera) e in Giappone. Gli USA sono di gran lunga il paese con il maggior numero di centrali attive sul proprio territorio, in totale 104, mentre il primato europeo spetta alla Francia con circa 59 reattori [5].

Lo scenario energetico globale, nel medio e lungo periodo (fino al 2050), prevede che dovrebbero essere ordinati e costruiti nel mondo fino a 1000 nuovi impianti nucleari di potenza, a cui si aggiungono gli impianti e le infrastrutture relative al ciclo del combustibile, dall'estrazione del minerale in miniera a quelli per il trattamento, trasporto e stoccaggio dei rifiuti radioattivi: 28 centrali nucleari saranno costruite solo negli Stati Uniti, mentre in Cina ai 5 nuovi reattori attualmente in fase di costruzione, si aggiungeranno 30 nuove centrali nucleari (al momento in fase di progettazione) e 86 da realizzare nel futuro prossimo. Inoltre secondo le ultime previsioni del governo americano, la sola realizzazione di due impianti termonucleari (WEC®) in Georgia produrrà vantaggi per l'occupazione: 800 posti a centrale completata e 8000 per la fase di costruzione.

Come è noto, la progettazione di una centrale nucleare si basa sul concetto di sicurezza, aspetto peculiare che deve essere/è garantito non soltanto dall'utilizzo di tecnologie e salvaguardie ingegneristiche innovative ma anche dal comportamento/attitudine degli operatori che devono esercire l'impianto (che deve riflettere la "cultura" della sicurezza). Alcuni esempi tipici di tali principi (informativi), utilizzati nella maggior parte delle organizzazioni coinvolte nella realizzazione degli impianti, sono [6]:

- a) "Tutti hanno un impatto sulla sicurezza dell'impianto;
- b) I gestori e i leader devono dimostrare il loro impegno per la sicurezza;
- c) La protezione e la comunicazione devono essere un caposaldo nella gestione dell'impianto;
- d) Incoraggiare la formazione del personale e l' apprendimento organizzativo".

Pertanto la costruzione dei nuovi impianti e la gestione delle facilities attualmente in esercizio, sono/saranno strettamente connesse alla formazione ed alla disponibilità di differenti figure professionali quali ingegneri, fisici, personale addetto alla manutenzione, ecc. Inoltre la presenza di persone qualificate è di fondamentale importanza per il funzionamento sicuro di un impianto

poiché la sicurezza della centrale nucleare dipende dall'interazione fra l'esperienza del personale e la tecnologia.

Infatti “...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 standards, all'interno di un appropriato sistema di gestione integrato...” [7].

In tale contesto è bene ricordare che la Nuclear Technology Review 2009 ha rilevato che, a tale data, il numero di persone preparate/risorse umane disponibili risultava insufficiente per supportare adeguatamente i programmi di sviluppo dell'energia nucleare in tutto il mondo.

Pertanto, una delle problematiche di maggior interesse che deve essere affrontata, in prospettiva della realizzazione e gestione delle centrali nucleari, è la necessità di lavoratori esperti e qualificati per il funzionamento e mantenimento, nonché smantellamento della centrale stessa. Tale esigenza si pone non solo per la realizzazione di nuove centrali nucleari ma anche per gli impianti esistenti. Quindi, è opportuno che vi sia un'adeguata pianificazione delle risorse umane che tenga conto dei seguenti aspetti:

- 1) Personale necessario (quanti lavoratori)
- 2) Competenze (quali lavoratori)

La gestione delle risorse umane deve prendere in considerazione gli effetti dell'invecchiamento della forza lavoro, garantire che rimanga a disposizione sufficiente personale competente e pianificare in dettaglio il turn-over (le persone che vanno in pensione portano via il bagaglio di conoscenze dettate dall'esperienza), in modo da reclutare e formare nuovi tecnici, in particolare quelli che operano nei settori chiave di un impianto, quali ad es. gli operatori del reattore.

Altro aspetto da prendere in considerazione, in particolare anche nei paesi in cui non si pianifica la costruzione di nuove centrali nucleari, è la capacità di mantenere/preservare il livello di conoscenza e competenze esistenti, per un periodo di oltre 50 anni, e/o sviluppare nuove capacità e competenze nei settori della disattivazione degli impianti e lavoratori esistenti e la gestione dei rifiuti radioattivi.

Le prospettive di realizzazione di nuove centrali nucleari sono vincolate alla disponibilità di personale altamente qualificato per ogni fase del processo e di migliaia di posti di lavoro in tutto il mondo, data la corsa da parte delle maggiori industrie nucleari internazionali ad assicurarsi i giovani più preparati e promettenti.

La formazione è molto importante nell'industria nucleare dove i lavoratori devono continuamente affinare ed ampliare le loro conoscenze e competenze, nonché apprendere di nuove, anche per espandere le responsabilità o cambiare mansione lavorativa.

Oltre agli ingegneri nucleari, che rivestono un ruolo centrale che investe tutte le fasi del processo produttivo di un impianto nucleare nella attuale fase di sviluppo e gestione delle tecnologie nucleari correlate, le necessità professionali si estendono anche al campo dell'ingegneria civile, della meccanica, della chimica, dell'elettronica, dell'informatica ecc. e, non da ultimo, della comunicazione, per migliorare la comprensibilità e quindi l'accettabilità da parte di un pubblico sempre più vasto e desideroso di avere coscienza delle implicazioni delle scelte energetiche di un Paese.

In quanto segue, si riporta un elenco di alcune figure professionali lavorative necessarie per supportare la rinascita globale del nucleare redatto dal Nuclear Energy Institute (NEI) [8]:

a) Ingegneri:

Civili/strutturali

Elettrici

Materiali

Meccanica

Nucleare

Computer

Strumentazione e controllo

Protezione antincendio

Sistemi

Gestione del progetto

b) Professionisti:

Esperti contabili

Analisti

Esperti di gestione aziendale

Chimici

Esperti di controllo documento

Fisici

Esperti di tecnologia di informazioni

Sicurezza sul lavoro, compresi gli esperti di sicurezza di radiazione
Statistiche/probabilistico
esperti di valutazione del rischio
Specialisti di formazione

c) Tecnici ed operai qualificati:

Carpentieri
Elettricisti
Operatori di attrezzature pesanti
Tecnici di manutenzione
Agenti di sicurezza
Saldatori,
Ecc.

Per quanto attiene la domanda di tecnici o figure professionali, che rappresenta la vera necessità del mercato nucleare, si ritiene utile ricordare, a titolo di esempio, che l'impianto EPR di Flamanville (sito in cui sono già in esercizio altri due reattori di tipo PWR), impiega circa 3.800 figure professionali specialistiche per il solo esercizio degli impianti nucleari e più di 150 ingegneri nucleari per la realizzazione dell'impianto [9].

Ne consegue, quindi, che il ritorno del nucleare in Italia, nell'ipotesi che vengano realizzate almeno 4 centrali nucleari tipo EPR, potrebbe richiedere migliaia posti di lavoro, sia per l'impiego diretto in centrale che legati all'indotto ad esso riconducibile.

La pianificazione della forza di lavoro diventerà, quindi, un punto chiave nel programma di realizzazione di centrali di produzione di energia nucleare, che accompagnerà lo sviluppo temporale secondo le tre fasi del lavoro di realizzazione delle centrali nucleari stesse, indicate in quanto segue.

Durante la fase preliminare di pianificazione delle necessità di mano d'opera, è importante acquisire una comprensione della possibile evoluzione del flusso di lavoro necessario per la costruzione dell'impianto e, di conseguenza, individuare le risorse necessarie e le competenze associate allo sviluppo del programma. Secondo la IAEA il programma nucleare si dipana su un arco temporale di circa 15 anni, come indicato in Fig. 8, e si articola nelle 3 fasi seguenti [10]:

1. Fase di pianificazione nazionale: in questa fase sono coinvolte direttamente almeno circa 20-30 persone, anche se tale numero potrebbe crescere qualora si ravvisasse la necessità di un supporto supplementare da parte di esperti esterni nazionali/internazionali (in Fig. 8 si riporta a titolo di esempio una composizione tipo di tale gruppo di progettazione).

Nell'ipotesi che si avvii un programma nucleare con una disponibilità quasi nulla di figure professionali (Fig. 5), il personale necessario o richiesto per le fasi 2 e 3 (indicate in quanto segue) avrà avuto l'opportunità di sviluppare le competenze iniziali ed l'esperienza richiesta durante la fase 1. In alternativa si può adottare un approccio combinato fatto di esperienza internazionale a supporto del programma che preveda la formazione del personale all'estero ("esperienza da importazione").

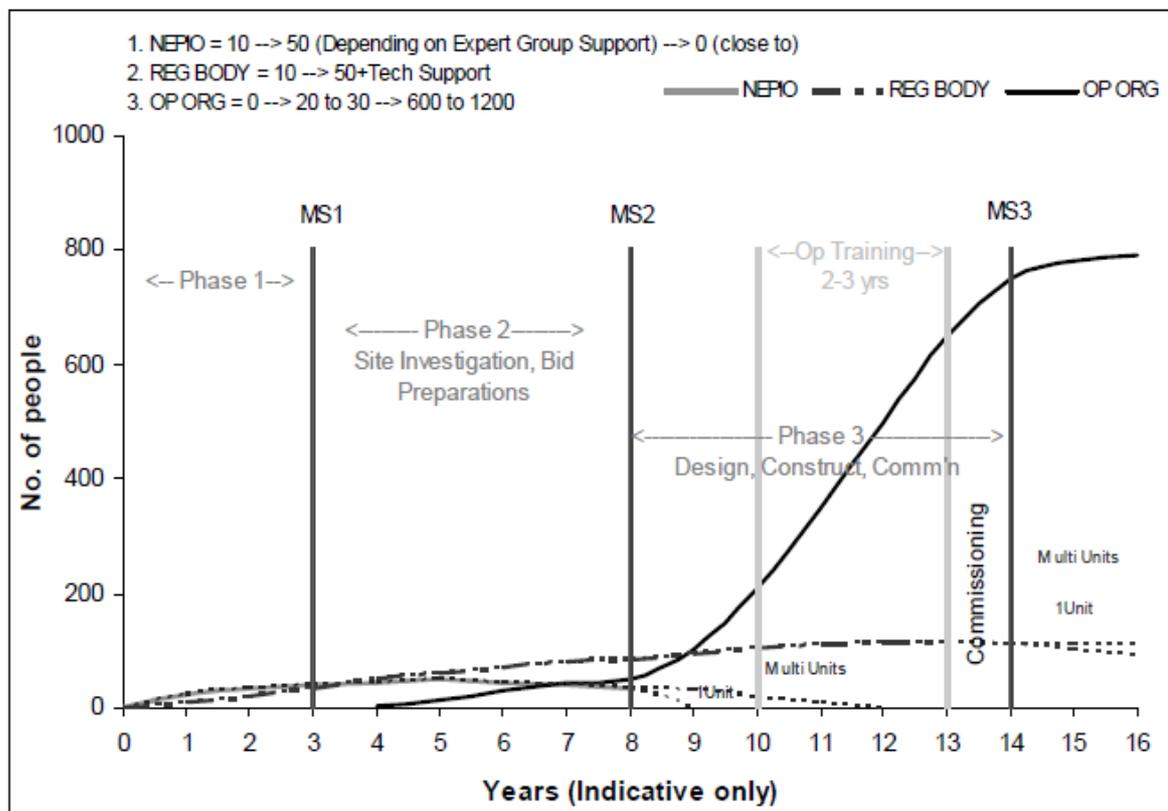


Fig. 8 – Evoluzione della richiesta di personale durante la realizzazione di un impianto nucleare[10]

2. Fase di preparazione alla realizzazione: questa fase si esplicita in un intervallo temporale, che va dalla preparazione del sito alla costruzione del reattore ed è caratterizzato dall'assunzione pianificata delle differenti figure professionali e di mano d'opera necessarie alla costruzione della centrale, dal trasferimento delle conoscenze da parte degli esperti esterni alle

organizzazioni competenti che dovranno esercire e regolamentare l'impianto. Ultimata la costruzione della centrale nucleare (singola) o delle serie di centrali nucleari il Nuclear Energy Program Implementing Organization (NEPIO), che coordina il "Workforce Planning" [10] può cessare di esistere.

Secondo la IAEA, il numero di persone che si prevede possano essere impiegate nella fase di realizzazione della singola centrale è di circa 800 unità, mentre l'Ente di controllo può essere costituito da 40-60 persone, aventi incarico di sviluppare e verificare l'adozione dei regolamenti di sicurezza, sviluppare ed implementare i processi di autorizzazione, esaminare e valutare la documentazione sulla sicurezza ed ispezionare l'impianto.

3. Fase di completamento della costruzione e messa in esercizio: durante questa fase dovrebbe essere reclutata la maggior parte del personale, soprattutto il personale tecnico, operativo e completamente addestrato. In realtà, il reclutamento del personale necessario in un impianto varia in relazione alla tipologia di impianto ed al ruolo e responsabilità dell'operatore (in Fig. 9 si riporta l'evoluzione temporale del reclutamento del personale prima della messa in esercizio dell'impianto stesso): i livelli di assunzione di personale variano da circa 700 unità per un impianto/singola unità a 1000 per un'unità gemelle.

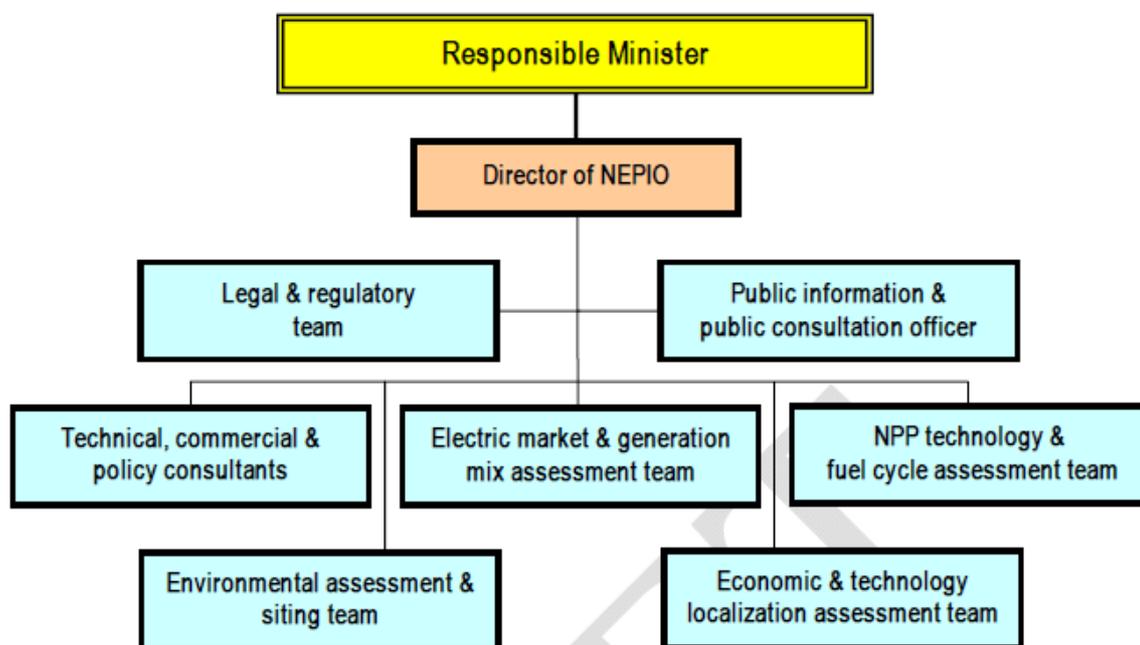


Fig. 9 – Esempio di Organizzazione delle attività della fase 1 [10]

Infine l'esercizio della centrale nucleare, dopo una fase operativa di 40-60 anni, sarà seguita inevitabilmente dalla fase disattivazione: questa fase sarà caratterizzata da una varietà di attività specialistiche quali la gestione dell'impianto durante il phase-out, il decommissioning, il trasporto e lo stoccaggio dei rifiuti radioattivi, ecc. Riassumendo si può concludere che i tempi caratteristici che servono a delineare le fasi del settore nucleare sono indicati nella Tabella II nelle cui lettura si deve osservare che molte di tali fasi possono anche svilupparsi in parallelo.

Tab. II - tempi caratteristici delle fasi di realizzazione di un impianto

Fase	Anni
Pianificazione-Progettazione	
• Reattore	10 a
• Nuovo Combustibile	15 a
Licenza progetto	3 a
Licenza sito	2 a
Licenza costruzione	2 a
Licenza costruzione	2 a
Licenza gestione operativa	2 a
Costruzione	4-7 a
Operatività	40-60 a
Licenza decommissioning	2 a
Inizio decommissioning	20 a

Da quanto evidenziato [10], emerge che, per avviare un programma nucleare, occorre, oltre ad una buona progettazione generale (elettrica, meccanica, controllo, processo, ecc.), una struttura di base preposta (meglio se esistente) all'educazione e formazione tecnologica di laureati di alto livello o in modo tale da offrire una risposta alla crescente domanda di professionalità nelle discipline nucleari: se uno in uno Stato esiste già un programma di ricerca nucleare è evidenziato che, tali attività di ricerca possono fornire un buon supporto alla pianificazione energetica nucleare [10], essendo i percorsi di formazione nucleare 'applicata', anche post-laurea, uno delle maggiori necessità/ricieste industriali. Pertanto è importante che sia l'industria che le istituzioni e le Organizzazioni accademiche lavorino a stretto contatto per sviluppare "undergraduate/post-graduate programs" che rappresentano una parte di un programma nazionale di energia nucleare; in particolar modo la formazione universitaria che attraverso un

approccio sistematico alla formazione (SAT), può garantire il soddisfacimento anche delle esigenze dell'industria (Fig. 10). Questo aspetto può influenzare in maniera rilevante le strategie di pianificazione di assunzione del personale delle utilities, che operano nel settore nucleare, che prevede di affiancare ad un mix di personale esperto i nuovi tecnici o laureati per garantire il trasferimento del know-how.

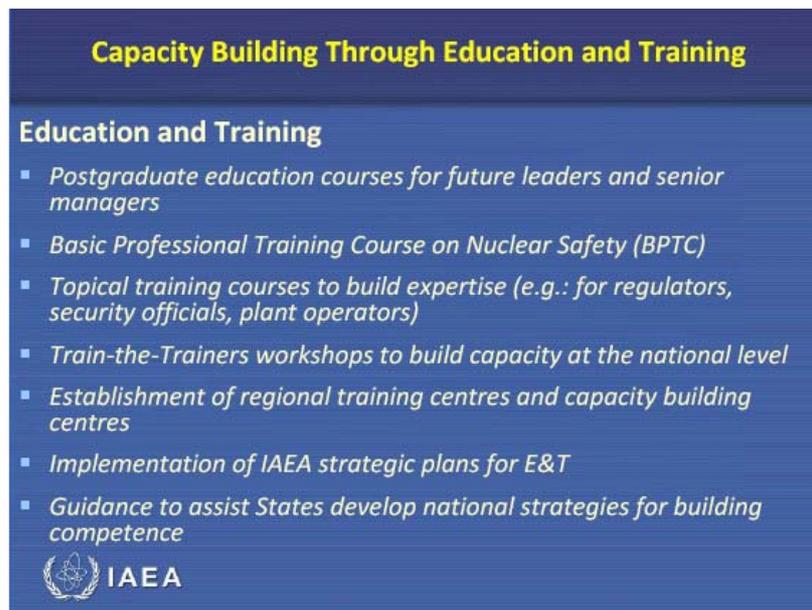


Fig. 10 – Tipologia di offerta formativa (IAEA)

Infine in Tabella III si riportano le qualifiche ed i requisiti di formazione richiesti dalle utilities, in base alla tipologia di incarico ed alla formazione [10].

Tab. III- Qualifiche e requisiti di formazione richiesti in base alla tipologia di incarico [10]

Nuclear Work Function	Competencies/Experience Requirements	Educational Requirements	Training Requirements	Lead Time Required
Admin/Clerical	Basic Computer Software competence (word processing, presentations, etc.)	Secondary/High School Diploma or equivalent	NPP General Employee Training (GET)	N/A
ALARA/Radiological Engineering	Basic computer competence; Experience at commercial nuclear power plants; health physics experience	Bachelor degree in Sciences, Health Physics or related discipline	NPP General Employee Training (GET)	5 years
Budget/Accounting	Basic computer competence; Financial and analytical capabilities	Bachelor degree in business, finance, accounting, or related field	Government and/or NPP owner requirements for accounts reporting systems	N/A
Chemistry	3 years work experience in chemistry field	Secondary/High School Diploma or equivalent, University level chemistry and mathematics	Certification such as ANSI 3.1 1978 Chemistry, NPP plant specific systems training	3 Months
Communications	Excellent written and verbal communications competencies; Knowledge of local language and grammar, human relations, internet technology and industry trends.	Bachelor degree in journalism, public relations or related field	N/A	N/A
Computer Engineering	Basic computer competence; Nuclear power plant experience; Technical understanding of nuclear plant process computer and full scope simulator	Bachelor degree in engineering or a related technical field	Plant technical training	2 years
Contracts	Basic computer competence; Knowledge of contracting concepts; Good communications competence; Financial analysis skills; Negotiation skills.	Bachelor degree	Government and/or NPP owner requirements for contracting and contracts reporting systems	1 Year
Decontamination/Rad waste Processing	2 years radwaste process experience	Secondary/High School Diploma or equivalent	Radwaste worker course, Waste treatment and radwaste operators course	1 month
Design/Drafting	Basic computer competence; Experience with reading and interpreting schematic drawings	Secondary/High School Diploma or equivalent; Some requirements for Bachelor degree in a technical field	Plant technical training; Computer Aided Design (CAD) systems training	1 year
Document Control/Records	Basic computer competence; understanding of document control and records management	Secondary/High School Diploma or equivalent	Government and/or NPP owner requirements Document Control/Records management systems	3 months

Nuclear Work Function	Competencies/Experience Requirements	Educational Requirements	Training Requirements	Lead Time Required
Emergency Preparedness	Experience in Operations and/or Radiation Protection	Bachelor degree or professional certification	NPP General Employee Training (GET); Operations certification required in some cases	5 years
Environmental	Experience in environmental science, sample collection, and reporting requirements	Bachelor degree or professional certification	Government and/or NPP owner requirements for environmental safety and reporting requirements	6 months
Facilities	Physical fitness; Basic mechanical competence	N/A	NPP General Employee Training (GET)	N/A
Fire Protection	Knowledge of fire protection engineering principles, including fire hazard analysis, fire protection technology, fire system design, codes and regulations	Bachelor degree in engineering technology or a similar discipline	NPP General Employee Training (GET)	1 year
Health Physics Applied	Physical fitness requirements; Understanding of physical sciences	Secondary/High School Diploma or equivalent	Rad worker training	1 month
Health Physics Support	Understanding of physical sciences	Secondary/High School Diploma or equivalent	Rad worker training	1 month
Human Resources	Basic computer competence; Experience with retirement plans, and health & welfare benefits; Must be familiar with national labor laws	Bachelor degree in Human Resources, Business, Mathematics, or Finance	NPP General Employee Training (GET)	N/A
Information Management	Advanced computer competence; Experience with computer hardware and software systems, including database administration, cyber security, and network administration	Bachelor degree in computer science, information management, or related field	NPP General Employee Training (GET)	3 months
Licensing/Regulatory Affairs	2+ years experience in nuclear industry, basic computer competence, nuclear engineering	Bachelor degree in a technical field	NPP General Employee Training (GET)	6 months
Maintenance/Construction	Physical fitness; basic mechanical competence; Good communications competence	Secondary/High School Diploma or equivalent	Apprentice, journeyman, master level discipline skill level training required (mechanical, electrical, instrumentation & controls); certification training for non-discipline craft such as crane and rigging operators.	Varies (for discipline craft): some national governments require a 3 year apprentice training program prior to initial work at the nuclear plant; others allow OJT provided by the plant owner

Nuclear Work Function	Competencies/Experience Requirements	Educational Requirements	Training Requirements	Lead Time Required
			fork lift operators, scaffolding and insulation, etc.	with initial training times as short as 6 weeks prior to OJT
Maintenance/Construction Support	Planner: Experience in nuclear power plant operations and basic computer competence; Other support roles: Experience in basic plant operations and industrial safety	Secondary/High School Diploma or equivalent	OJT within specific area, i.e. scaffolding assembly and disassembly, insulation removal and replacement, work package plan development, etc.	Planner: 5 years; Other support roles: 1 – 3 months
Management	Understanding of design and operation of power plant systems;	Bachelor degree normally required	Supervisory, management, and or leadership training, typically provided by the NPP owner	Years, when considering hiring a new employee and developing that employee into a position of responsibility at least one level above first line supervisor
Management Support	Varies by the role as defined by the NPP Owner; May include basic computer competence, good communications competence, project management experience, etc.	Secondary/High School Diploma or equivalent; Some positions require a Bachelor degree	NPP General Employee Training (GET); some will require operations training or engineering technical training	Varies, but typically less than 1 year
Materials Management	Experience with inventory management approaches and systems	Secondary/High School Diploma or equivalent;	NPP owner provided training for the NPP's/Owners supply chain inventory management systems	1 Month
Modifications Engineering	Understanding of design and operation of power plant systems and knowledge of applicable codes, standards and environmental regulations; Experience with project management often required	Bachelor degree in mechanical, electrical, or civil engineering	Plant Technical Training, Professional Engineer License often required	3-5 Years
Nuclear Fuels	Engineering economics or other formal financial experience; Nuclear fuel cycle and financial analysis experience	Bachelor degree in engineering, business administration, or a related field	Plant Technical Training	5 years
Nuclear Safety Review	Experience with root cause analyses, human performance evaluations, collection and analysis of industry operating event reports	Secondary/High School Diploma or equivalent; Some positions require a Bachelor degree	Plant technical training	5 years
Operations	Basic mechanical and computer competencies	Generally required a Secondary/High School Diploma or equivalent; some governments and/or nuclear plant owners	Plant equipment and nuclear plant control room operations training, typically provided by	2-5 years depending on job position

Nuclear Work Function	Competencies/Experience Requirements	Educational Requirements	Training Requirements	Lead Time Required
		require a Bachelor degree	either a government agency or the nuclear plant owner	
Operations Support	Basic mechanical and computer competencies; Nuclear power plant experience.	Bachelor in engineering or other technical discipline; or 2 year college/technical degree with additional direct job experience; or Secondary/High School Diploma or equivalent with several more years of additional direct job experience in nuclear plant operations	Initial operator training or reactor operator training or senior reactor operator trains	6-10 years depending on educational background
Outage Management	Basic computer competence; Nuclear power plant experience; Technical understanding of nuclear generation principles and operations	Bachelor in engineering or other technical discipline	NPP Owner provided training in plant scheduling systems	5 years
Plant Engineering	Basic computer competence; Nuclear power plant experience; Technical understanding of nuclear generation principles and operations	Bachelor degree in engineering or a related technical field	Plant technical training	2 years
Procurement Engineering	Basic computer competence; Nuclear power plant experience; Technical understanding of nuclear plant equipment and design	Bachelor degree in engineering or a related technical field	Plant technical training	2 years
Project Management	Basic computer competence; Project management competence; Good communications and Negotiation competencies; Data analysis competence;	Bachelor degree in a technical or management related field	Basic project management training course	3 years
Purchasing	Basic computer competence; Knowledge of category and supply management concepts; Good communications; Data analysis and Negotiation competencies	Bachelor degree in engineering, business administration, or a related field	Government and/or NPP owner requirements for procurement and procurement reporting systems	3-5 years
Quality Assurance	Experience in nuclear power plant design, operations, maintenance, or other nuclear related activities; Experience in quality assurance programs and concepts; Senior Reactor Operator license or certification preferred for Operations area; Design or	Bachelor degree in a technical field	Government and/or NPP owner requirements for quality assurance reporting systems	6 years

Nuclear Work Function	Competencies/Experience Requirements	Educational Requirements	Training Requirements	Lead Time Required
	system engineering experience preferred for Engineering area; Maintenance or Work Control experience preferred for the Maintenance area			
Quality Control/Non-Destructive Exam	Physical fitness; Basic computer competence; General knowledge of QC and NDE inspection and examination techniques	Secondary/High School Diploma or equivalent	ANSI qualification training program: combination of classroom training and field work	Varies by level of certification: up to 8 years for a Level IV certified inspector
Reactor Engineering	Basic understanding of physical sciences; Advanced computer competence; Understanding of nuclear and reactor physics	Bachelor degree in Engineering	Nuclear plant reactor-specific training (PWR, BWR, CANDU, AGR, VVER, etc.)	2 years
Safety/Health	Ability to interpret, implement and communicate occupational health codes and standards; Demonstrated skills in the application of personal protective equipment, industrial hygiene monitoring and sampling, risk assessment and mitigation of workplace safety, health and environmental issues	Bachelor degree in Environmental Science, Engineering, Industrial Hygiene, Public Health or other physical science	Industrial safety training program: first aid/first responder training	6 months
Scheduling	General power plant experience in maintenance, operations or engineering including plant system knowledge; Good communications competence	Bachelor degree in a technical field	NPP Owner provided training in plant scheduling systems	8 years of nuclear plant experience in maintenance, operations, or engineering
Security	Physical fitness and/or agility requirements; psychological testing fitness may be required	Secondary/High School Diploma or equivalent	Basic plant operations principles; Fire arms training may be required	3 - 6 months
Technical Engineering	Basic computer competence; Nuclear power plant experience; Technical understanding of nuclear generation principles and operations	Bachelor degree in engineering or a related technical field	Plant technical training	2 years
Training	Detailed knowledge of plant procedures and regulations in assigned area; Detailed	Secondary/High School Diploma or equivalent; Senior Reactor Operator	Instructional training	5 years, due to on the job experience requirements

Nuclear Work Function	Competencies/Experience Requirements	Educational Requirements	Training Requirements	Lead Time Required
	knowledge of plant systems and processes; Working knowledge of computer software programs supporting assigned area	certification for Operations training; Master level competency in required discipline (mechanical, electrical, or instrumentation & controls) for maintenance training; Bachelor degree in an engineering field for engineering/technical training		
Warehouse	Physical fitness; heavy lifting safety	Secondary/High School Diploma or equivalent	Industrial Safety training; Fork lift operations	1 month

In fine, a solo titolo indicativo, occorre ribadire ancora che nel prossimo decennio, si prevede la costruzione di 180 impianti nucleari, dei quali un terzo saranno costruiti da AREVA® (75.000 lavoratori fra Francia, Cina, Medio Oriente e Stati Uniti). Per sostenere tale programma AREVA® [11] sta reclutando ed intende assumere complessivamente 10.000-12.000 lavoratori (di cui circa 1000 ingegneri preferibilmente nucleari o introdotti all'ingegneria nucleare) a livello mondiale per anno, di cui 4.000 in Francia (una tipica offerta di lavoro è mostrata nella Fig. 11): Hervé Hottelart, direttore dell'impianto di Chalon, conferma che l'organico del suo impianto è cresciuto da 500 a 1.140 lavoratori, dal 2004 ad oggi.

Inoltre AREVA® ha sviluppato programmi di formazione "in-house" per i nuovi assunti: il "Campus Cycle" è stato progettato per tutti i nuovi manager ed ingegneri, da formare sulle principali tecnologie e prospettive di sviluppo e per consolidare la cultura della sicurezza nucleare e sul lavoro.

NDE, Level III: Nuclear Plant Maintenance Specialist I-SER00494

Description

**LOOKING FOR AN EXCITING OPPORTUNITY?
ENJOY A NEW EXCITING CAREER IN A GROWING INDUSTRY!**

AREVA is seeking a Nuclear Plant Maintenance Specialist. This NDE Level III responsibilities include:

- Prepare, review and approve NDE procedures.
- Development of NDE techniques for complex applications.
- Review/Approve NDE requirements identified in Components, Structure and Systems fabrication drawings.
- Develop, Review/ and Approve NDE Final Reports
- Provide instruction to junior NDE Personnel
- Interface with external and internal customers concerning NDE related items and issues
- Interface with Regulatory personnel on NDE issues
- Provide ASME Code interpretations on NDE issues
- Researches, interprets and explains inspection results.
- Develops, implements and maintains in-service inspection, testing and maintenance program
- Maintains documentation to meet customer obligations and ensure proper test methodologies are in place.

Typical Projects Your Group May Work On:

- R&D project NDE support in the qualification of equipment, processes and procedures.
- Execution of NDE of customer contracts on Components, Structures and Systems in both BWR and PWR units.
- NDE internal support to R&D and Maintenance Center for Reactor Control System

Fig. 11- Tipico annuncio AREVA per selezione di candidati

Parimenti in Francia è stato istituito il French Council for Education and Training in Nuclear Energy (CFEN), presieduto dall'Alto Commissario per l'energia atomica- IAEA, per migliorare l'offerta formativa anche in relazione alle crescenti esigenze dell'industria. Infatti le utilities FES, AREVA, GDF-SUEZ, le agenzie nazionali, come l'Agenzia nazionale per la gestione di rifiuti radioattivi (ANDRA) o come la Commissione per le energie alternative (CEA) ecc., prevedono nei prossimi anni, di assumere circa 13.000 ingegneri (aventi titolo di laurea specialistica o dottorato) e 10.000 tecnici e/o operatori (aventi titolo di laurea magistrale).

In Germania, prima del recente annuncio del governo tedesco di adottare un programma di life-extension per gli impianti nucleari attualmente in esercizio, era stato registrato un calo del numero di studenti e programmi educativi in campi nucleare, come evidenziato nel diagramma riportato in Fig. 12.

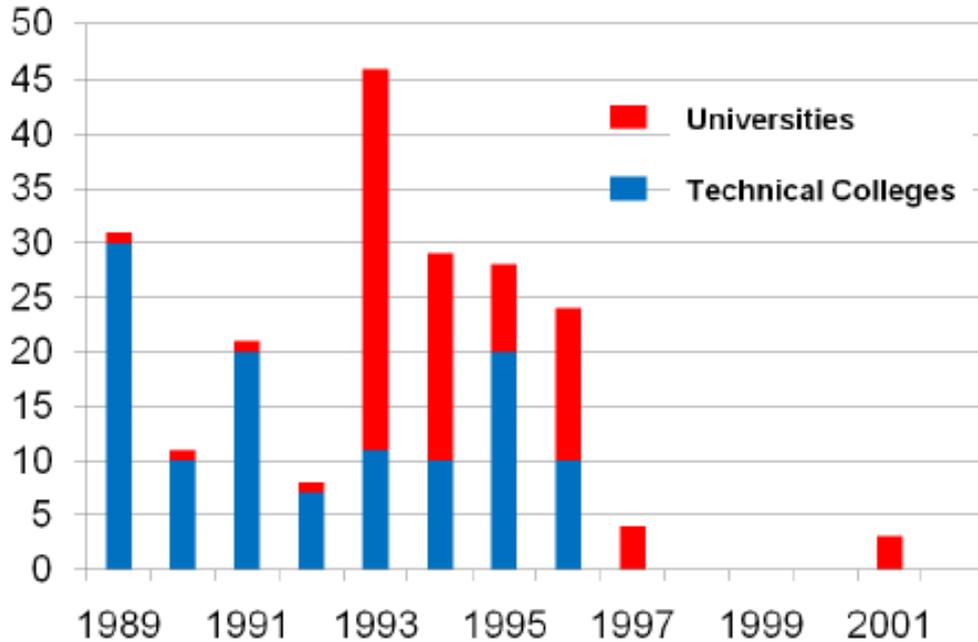


Fig. 12- Laureati in ingegneria nucleare [10]

In Inghilterra l'industria nucleare impiega attualmente circa 50.000 persone (24.000 figure tipicamente nucleari e 20.000 appaltatori) di cui 7500 sono impiegati direttamente nella generazione di energia elettrica. In particolare, come risulta dal documento Cogent sul "nuclear skill, 2007" in UK, tali figure professionali sono distribuite come indicato nella figura (Fig. 13) seguente e in maggior dettaglio in quanto riportato nell'Allegato B:

The Nuclear Industry Workforce ⁴	
Workforce Distribution	
Number of Employers	200
SET Employees	50,000*
– Fuel Processing	13,000
– Decommissioning	12,000
– Defence	9,000
– Power Production	13,000
– Waste Management	3,000
Age of workforce⁵	
– 16-24	6%
– 25-34	28%
– 35-44	35%
– 45-54	21%
– 55+	10%
Ethnicity⁶	
– White	96%
– Non-white	4%
Gender⁶	
– Female	18%
– Male	82%
Occupation Distribution⁶	
Managers and Senior Officials	4%
Professional Occupations	38%
Associate Professional and Technical	13%
Administrative and Secretarial	11%
Skilled Trades Occupations	24%
Sales and Customer Service Occupations	0%
Process, Plant and Machine Operatives	5%
Elementary Occupations	5%

* Industry estimates can exceed ABI employee data due to contractor workforce and SIC limitations

Fig. 13 – UK figure professionali impiegate nel nucleare [12]

Nel 2009, in seguito all'indagine nazionale, condotta dal “Sector Skills Council (SSC) for the Chemicals and Pharmaceuticals, Oil and Gas, Nuclear, Petroleum and Polymer Industries” (Cogent) è emerso che gli aspetti più importanti erano:

- invecchiamento della forza lavoro;
- abilità necessarie per lo smantellamento;
- nuova domanda di competenze per la costruzione ed esercizio delle nuove centrali nucleari.

Inoltre, sebbene le stime prevedevano una diminuzione del 58% entro il 2025 della domanda di lavoratori, la nuova politica energetica, con la costruzione di nuove centrali nucleari, ha invertito il dato suddetto. Infatti la costruzione delle nuove centrali ha creato 4600 nuovi posti di lavoro (Fig. 14).

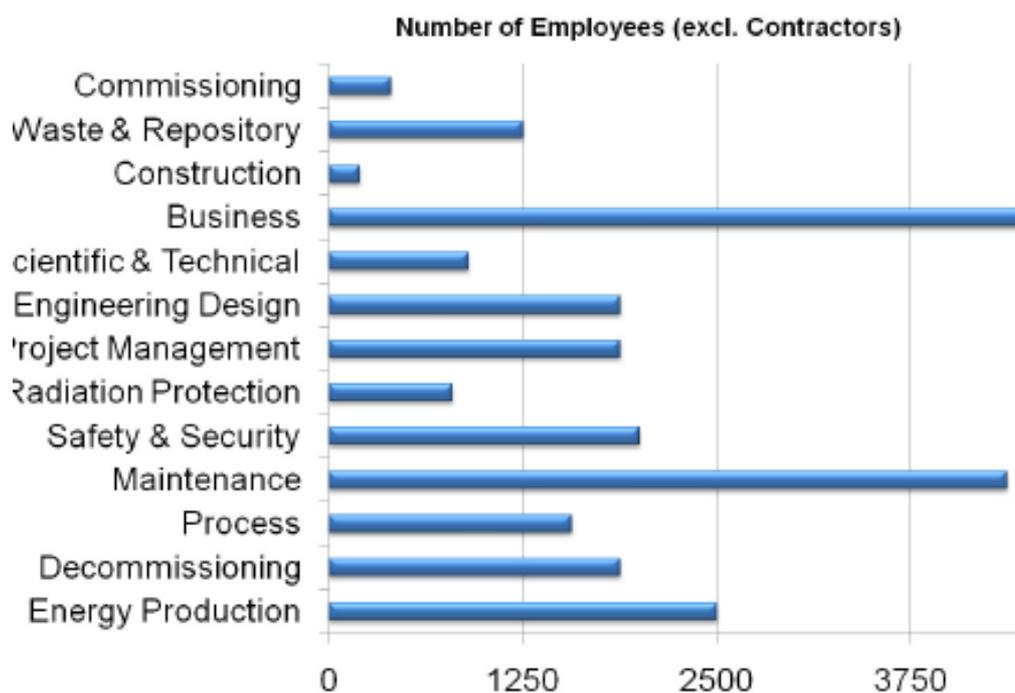


Fig. 14- Professionalità richieste

Un altro tipo di pianificazione delle risorse umane è invece rappresentato dal caso del Vietnam, Paese che ha stanziato ingenti risorse per formare ed incrementare, nei prossimi dieci anni, il numero di lavoratori qualificati, di livello universitario, per il settore dell'energia nucleare, in vista della costruzioni di due centrali nucleari nella provincia centrale di Ninh Thuan (4.000

MW) entro il 2020 e di 6 impianti supplementari nella regione centrale entro il 2030 [13]. Per conseguire tale obiettivo si vogliono formare almeno 2.400 ingegneri nucleari, finanziare 350 nuove docenze e riformare il settore dell'Università ed istruzione adottando politiche di insegnamento ed incentivazione che puntino ad incrementare il numero di laureati in ingegneria nucleare: l'obiettivo da conseguire è di circa 250 laureati all'anno.

Infine si riporta in allegato A il documento in materia di risorse umane della IAEA "A Global Analysis of HR for the Nuclear Power Industry Workforce" presentato all'International Conference on Human Resource Development for Introducing and Expanding Nuclear Power Programmes, nel marzo 2010 ad Abu Dhabi.

3.1 Il caso Italia

L'interesse mondiale del settore energetico verso il nucleare sta influenzando inevitabilmente anche il mercato Italiano, che inizia a rivalutare il ruolo dell'energia nucleare come soluzione ai problemi energetici nazionali, indotti dalla dipendenza dal petrolio e dal gas, e come mezzo per conseguire la riduzione delle elevate emissioni di CO₂.

La "rinascita" del nucleare in Italia (il Governo Italiano ha espresso il proponimento di ritornare entro il 2013 all'energia nucleare) porta necessariamente ad interrogarsi sulla tipologia e "numero" di competenze necessarie a supportare un intenso programma nucleare oltre che a confrontarsi con la crescente domanda di professionalità nelle discipline nucleari a livello internazionale. Pertanto la pianificazione delle risorse umane diventa un aspetto sistematico importante nel settore nucleare, i cui aspetti critici sono rappresentati, in accordo con quanto definito dalla IAEA [10], da:

1. Valutazione delle risorse umane attuali e loro possibile evoluzione futura;
2. Analisi delle risorse umane necessarie per il futuro e per rilanciare il nucleare: individuazione di quanti e quali figure professionali specifiche sono disponibili e saranno necessarie. Tale attività dovrà essere sviluppata in parallelo con la pianificazione strategica e le esigenze delle utilities;
3. Individuare le carenze/mancanza di professionalità che potrebbero insorgere tra le esigenze di manodopera attuale e quelle previste.

4. Sviluppare strategie a lungo termine per l'assunzione o il turn-over, la formazione di unità aggiuntive o riqualificazione del personale disponibile, adottando tecniche di valutazione basate sulla competenza.

A fronte di quanto esposto, si evince che le competenze richieste dal mercato nucleare possono essere suddivise, in funzione delle attività necessarie a supportare il rilancio del nucleare stesso, in tre gruppi principali: competenze autorizzative e di controllo, competenze operative e gestionali, competenze nella ricerca e nella formazione universitaria.

Le prime sono oggi rappresentate in Italia dall'Autorità/Enti governativi; le seconde, che includono le fasi di progettazione, realizzazione, esercizio, decommissioning, gestione dei rifiuti e back-end del combustibile, dovrebbero essere ricercate nel settore industriale - tecnologico dove sono presenti Sogin, Ansaldo Nucleare, Nucleco, ecc.

Le competenze nella formazione accademica e ricerca sono, infine, da ricercare nel mondo Universitario, che grazie alla propria disponibilità di competenze ed esperienza qualificata (know-how delle risorse umane) può garantire la formazione necessaria.

Per quanto concerne quest'ultimo aspetto, occorre sottolineare che prima del referendum del 1986 i laureati in ingegneria nucleare erano pari a circa 300 l'anno, mentre gli ingegneri dello stesso tipo attivi professionalmente che lavoravano nel comparto nucleare ammontavano a circa 5000. Alcune stime, inoltre, mostrano che se si fosse realizzato il programma nucleare previsto dal PEN 1985 (12 impianti) si sarebbero creati 20 mila posti stabili di lavoro aggiuntivi nel settore, con una punta di 35 mila durante la fase di costruzione.

Sebbene però negli ultimi 20 anni i tecnici qualificati si siano ridotti in numero e parte delle competenze siano andate disperse, il mantenimento e l'aggiornamento della formazione in campo nucleare, per gli aspetti di base e quelli applicativi dell'Ingegneria (e della Fisica), sono stati mantenuti dalle Università Italiane, in particolar modo da quelle che partecipano al Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare - CIRTEN [14]. In Italia, infatti, esistono ancora competenze disponibili e capaci di gestire il nuovo programma nucleare grazie all'impegno di queste Università, che hanno mantenuto, nel post - Chernobyl, corsi attivi in Ingegneria Nucleare, hanno preso parte attiva a progetti internazionali avanzati nonché intrecciato nel corso degli anni collaborazioni con Enti di Ricerca Nazionali ed Internazionali, quali ENEA, INFN, CNR, ecc., e con i partner Industriali, quali Ansaldo, Sogin, ENEL, AREVA, ecc., per le attività di R&D.

Pertanto, per realizzare gli obiettivi che il Governo Italiano si è posto, **tenendo conto della concorrenza straniera nel mercato del lavoro**, sarebbe opportuno potenziare da subito la

capacità formativa nel settore nucleare, in modo da poter offrire, almeno nel settore dell'Ingegneria Nucleare, ogni anno almeno 400-500 ingegneri nucleari, come nel passato, e tecnici altamente specializzati. A questi andrebbero poi sommate le figure professionali non prettamente nucleari, che hanno un ruolo attivo durante la fase di costruzione, per la quale dovrebbero essere impiegati almeno 600 ingegneri e/o tecnici specializzati ed almeno 25000 lavoratori in cantiere, e quelle legate all'indotto tecnologico.

Come evidenziato in precedenza, per supportare lo sviluppo industriale del nucleare sarà necessaria una specifica programmazione a sostegno della formazione universitaria, che prenda in considerazione che la formazione di un ingegnere nucleare richiede attualmente almeno 5 anni di preparazione iniziale.

Sarebbe meglio se questa fase di preparazione iniziale fosse seguita e completata da un Dottorato di ricerca di 3 anni o da un perfezionamento post-universitario (Master di 1 o 2 anni), in particolare necessario per coloro che saranno poi impiegati nel settore della ricerca e sviluppo presso Enti di ricerca, Università ed Industrie.

Anche limitando l'osservazione alle esigenze emergenti nel quadro Universitario attuale (che sconta un lungo periodo di contrazione) e considerando le esigenze dei C. di Laurea in Ingegneria Nucleare attivi nelle 6 Università del CIRTEN), tali esigenze potrebbero concentrarsi per la formazione nella predisposizione in 5 anni (2010-2015) di almeno 10 P.O, 15 PA, 35 Ricercatori.

In generale, inoltre, le Istituzioni ed i partner industriali, con il coinvolgimento delle Università e Centri di ricerca, devono/dovranno essere promotori di azioni miranti a promuovere lo sviluppo delle risorse umane, incrementare il numero di figure professionali qualificate formate e supportare la certificazione delle attività delle industrie italiane (per avvicinarle alle grandi industrie internazionali che realizzano i reattori nucleari), quali:

- Training o Stage di studenti universitari presso Enti e/o Organizzazioni internazionali, per un periodo variabile da alcune settimane fino a un anno, come parte del loro programma di corsi di laurea, per acquisire maggiore esperienza in campo nucleare;
- Finanziare la ricerca accademica nel settore nucleare per poter avere un supporto aggiornato di elevata qualità ed innovativo;
- Partenariati con Enti e/o Organizzazioni internazionali di Paesi, che hanno un consolidato programma nucleare, per sviluppare nuovi programmi o per ottenere l'accreditamento dei programmi esistenti;

- Promuovere l'organizzazione, in stretta collaborazione con l'Università, di attività/corsi di specializzazione e Master nel settore nucleare destinati a formare al nucleare tecnici e laureati di altra formazione.

4. Conclusioni

L'energia nucleare rappresenta una fonte di energia importante, nel mix energetico europeo e non, per conseguire la riduzione dei gas serra ed assicurare un approvvigionamento stabile di energia.

Nel presente lavoro sono state analizzate le necessità del mercato nucleare, evidenziando le richieste di ingegneri, tecnici esperti e/o altre competenze lavorative che accompagnano le singole fasi di un programma nucleare, dalla pianificazione alla progettazione e dalla realizzazione allo smantellamento, prendendo in considerazione anche l'aspetto del rinnovo delle competenze ed il "turn over", per i lavoratori che vanno in pensione, nonché quello dell'aggiornamento/adeguamento delle competenze stesse per poter adeguare il profilo professionale alla tecnologia dei nuovi reattori attualmente in costruzione.

Analizzando, sulla base dei dati Nazionali ed Internazionali accessibili, lo scenario globale di sviluppo del nucleare si può concludere che nell'area di maggiore interesse per l'Italia, la richiesta di mano d'opera nucleare qualificata per sostenere tale crescita energetica prevede l'impiego di decine di migliaia di lavoratori a livello mondiale per anno: solo AREVA® attualmente ha in programma l'assunzione di 10.000-12.000 lavoratori all'anno. Inoltre in UK il settore nucleare impiega circa 50.000 lavoratori, di cui il 38% figure professionali, il 4% di managers e dirigenti, il 24% di tecnici specializzati, ecc. (vedi Fig. 13) [12].

Per far fronte alle necessità industriali di mano d'opera, è importante prevedere la possibile evoluzione del flusso di lavoratori necessari per la costruzione degli impianti nucleari pianificati e, di conseguenza, individuare le risorse e competenze indispensabili per lo sviluppo di tale programma anche in Italia.

Considerando che le prospettive di realizzazione delle nuove centrali nucleari nazionali sono ovviamente vincolate alla disponibilità di idoneo personale qualificato in ogni fase del processo, si può ragionevolmente ipotizzare che per supportare un futuro rilancio del nucleare in questo Paese, senza dimenticare anche le operazioni di disattivazione e "decommissioning" degli impianti esistenti, saranno necessari migliaia di lavoratori, tenuto conto anche della già citata concorrenza internazionale nel settore specifico del mercato del lavoro, per i quali almeno:

- 400-500 ingegneri nucleari per anno, numero dello stesso ordine di quello di circa 300 dei laureati di questo tipo nel momento di massima espansione del nucleare nazionale, cioè negli anni '80;

- 2000 tecnici altamente specializzati di cui dovrebbero far parte 500 - 600 ingegneri non prettamente nucleari ma formati al nucleare ad esempio, mediante Corsi di Master di II livello o Corsi di Specializzazione a livello Universitario,
- 5000 lavoratori che possano operare sui cantieri e operatori dell'indotto tecnologico almeno nel periodo e per la durata delle costruzioni delle centrali previste.

In tale prospettiva, una formazione di qualità diventa molto importante specialmente se di livello universitario; tale aspetto è da valorizzare ed incentivare come sta avvenendo in Francia, Inghilterra, USA, Giappone e finanche nel Vietnam.

Per quanto attiene, in particolare, alla domanda di tecnici o figure professionali per un mercato italiano del nucleare, si ritiene utile ricordare per esempio che l'impianto EPR di Flamanville, impiega direttamente circa 4.000 unità di personale, di cui più di 150 ingegneri nucleari [9].

Ne consegue, quindi, che il ritorno del nucleare in Italia, nell'ipotesi che vengano realizzate 4 centrali nucleari tipo EPR, potrebbe richiedere il suddetto consistente numero di posti di lavoro, con le professionalità precedentemente elencate, sia per l'impiego diretto nei siti che per le attività direttamente legate all'indotto.

In questo contesto ed ai fini suddetti si vuole ricordare il ruolo positivo e di primaria importanza che è svolto dalle Università e dagli Organismi Universitari (ad es. il CIRTEN) e dagli Enti di ricerca Nazionali (come ENEA, CNR, INFN, ecc.).

In particolare si ricorda che il Consorzio Interuniversitario CIRTEN, anche nel lungo periodo di sospensione di ogni attività di produzione di energia da fonte nucleare e di realizzazione di impianti a fissione nel Paese, è stato, senza interruzioni, uno dei promotori delle attività di ricerca scientifica e tecnica, che costituiscono istituzionalmente parte fondamentale della formazione Universitaria nel settore dell'Ingegneria Nucleare in Italia.

Bibliografia

1. James Lovelock, “Nuclear power is the only green solution”, The Independent, May 24, 2004
2. Patrick Moore, “Going Nuclear – A Green makes the Case”, Washington Post, April 16, 2006.
3. IAEA, “Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030”, VIENNA, 2009, IAEA-RDS-1/29, ISBN 978-92-0-109809-2.
4. IAEA, Projections of nuclear power around the world show an upward trend. Great Expectations, Bulletin 50-1, September 2008.
5. ENERGES, Centrali nucleari, http://www.energes.it/centrali_nucleari.html
6. IAEA, The Management System for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.5, October, 2009.
7. IAEA, Workforce Planning for New Nuclear Power Programmes, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.3, February 2009.
8. NEI, What Are Employers Looking For?, Careers in the Nuclear industry, 2010 <http://www.nei.org/careersandeducation/careersinthenuclearindustry/bepartofagrowingworkforce/>
9. ENEL, “Il Programma Nucleare Italia: gli accordi Enel-EDF “Il nucleare non è l’unica soluzione, ma senza nucleare non c’è soluzione”, position paper 2009 (http://www.sni.enel-edf.com/it-IT/doc/programma_nucleare_it.pdf);
10. IAEA, Workforce Planning for New Nuclear Power Programmes, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.3, February 2009.
11. The Sunday Times, Areva rushes to hire workers as demand for nuclear reactors explodes, http://business.timesonline.co.uk/tol/business/industry_sectors/engineering/article6851514.ece
12. National Skills Academy, Nuclear Estimates 2007, <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.berr.gov.uk/whatwedo/energy/sources/nuclear/index.html>
13. VNEconomyNews.com, “\$150 mln to train workers for nuclear power plants”, <http://www.vneconomynews.com/2010/08/150-mln-to-train-workers-for-nuclear.html>
14. CIRTEN home page; www.cirten.it

Allegato A

Global Analysis of HR for the Nuclear Power Industry Workforce

Tom MAZOUR
Team Leader, HR for Nuclear Power
Programmes
IAEA, Division of Nuclear Power

t.mazour@iaea.org



Global Analysis of HR for the Nuclear Power Industry Workforce

Goal:

- To better understand if there are sufficient human resources being developed to support the expected global growth in nuclear power.

Global Analysis of HR for the Nuclear Power Industry Workforce

Planned Activities:

- Global survey of the human resources of existing nuclear power plants and their contractors and suppliers.
- Global survey of HR needs/supply of Nuclear Regulatory Bodies
- Global survey of Educational Organizations that Support Nuclear Power
- HRD for R&D
- Workforce Planning Tools for Newcomer Countries to Estimate the HR needed to develop their programmes
- Include HR needs/supply for other parts of the industry, as available
- Integrate the Outputs from the Above Efforts into an Overall Database/Model of Global HR Needs/Supply



4

global survey of the human resources of existing NPP operating organizations

Planned Approach:

- Build upon existing surveys in the industry
- Focus on 4 key groups:
 - Operations
 - Radiation Protection
 - Engineering
 - Skilled Crafts



5

Allegato B

(contributo ENEA - Ing. G. Buceti)

L'esperienza inglese - Il rapporto Cogent

Di seguito vengono riportati ampi estratti del documento, soprattutto per le sezioni rilevanti dal punto di vista italiano (contributo ENEA, Ing. Buceti).

Nuclear Renaissance

“..Nella posizione assunta dal Governo non viene fissato un limite al numero di nuove centrali nucleari da costruire. Per quanto riguarda la pianificazione temporale, pubblicata dall'Ufficio per lo Sviluppo Nucleare, si prevede nel 2018 la generazione di elettricità dalla prima nuova stazione. Questa previsione assume che il primo sito venga licenziato nel 2011 e che i lavori di costruzione inizino nel 2013. Tutto ciò in un contesto in cui il governo si è impegnato a avviare il programma nucleare il prima possibile.

L'effetto delle azioni di promozione finora effettuate ha creato un reale interesse nelle compagnie energetiche che hanno annunciato di voler realizzare impianti per una capacità di 16 GWe. Per soddisfare la scadenza del 2018 la costruzione deve cominciare il prima possibile una volta che siano state concesse le autorizzazioni del caso.

Realizzare un programma di queste dimensioni richiederà un significativo numero di addetti nelle discipline più diverse, impresa non facile per dimensione e per demografia del settore.

La pianificazione delle competenze in ambito nucleare richiede periodi lunghi di incubazione per via dell'alto livello di training e di esperienza, combinati con una cultura del controllo della qualità e della sicurezza ai massimi livelli possibili, necessari per le posizioni di grande responsabilità.

Nel reperimento di queste risorse, occorre tenere in conto anche la competizione possibili con la realizzazione concorrente di altre infrastrutture di dimensioni paragonabili.

Lo scopo di questo rapporto è di identificare la probabile domanda di competenze a supporto della industria nucleare. In particolare, si vuole:

- chiarire al meglio possibile e quantificare la richiesta di risorse per la costruzione (progettazione, ingegneria, componentistica) e l'esercizio (addetti nucleari)*
- identificare l'insieme delle specifiche competenze per le quali esistono preoccupazioni quanto alla disponibilità e alla adeguatezza che, in assenza di interventi correttivi, possono avere effetti nel rispetto della agenda temporale di rilascio*

A questo scopo, governo e organismi con interessi nel nuovo programma nucleare hanno costituito un Nuclear Energy Skills Alliance con l'obiettivo di prendere in carico collettivamente il tema delle risorse umane per il nuovo programma nucleare.

Nella compilazione delle attuali stime, una qualche aleatorietà è dovuta alla scarsità di esperienze operative pregresse sul tipo di impianti che si intendono realizzare.

Next Generation

Questo capitolo quantifica la metrica della forza lavoro – numero di addetti, il livello di competenza, la distribuzione della forza lavoro, ecc...) - richiesta nell'arco temporale necessario alla costruzione di nuove stazioni nucleari del tipo di quelle previste nel programma nazionale. L'analisi viene effettuata per un singolo PWR che può essere scalato per modellizzare un programma di 16 Gwe. Lo scenario indicativo che qui viene presentato è in linea con il minimo della capacità che le aziende elettriche hanno dichiarato di voler installare.

Planning and design

Nel porre le fondamenta per la costruzione, la realizzazione di componenti e la gestione di un programma di queste dimensioni, le valutazioni che si operano nella fase iniziale di pianificazione e progettazione sono particolarmente critiche. Ovvero, si richiede una gestione manageriale di alto profilo e di grande esperienza. Oltre a ciò, nel caso della industria nucleare,

ci sono supplementari responsabilità relativi alla sicurezza e all'ambiente. L'eventuale indisponibilità di questo tipo di competenze metterebbe a rischio il rispetto della pianificazione temporale di tutto il programma.

Oltre alla gestione manageriale, una delle prime richieste di competenze verrà nell'area della regolamentazione attraverso il processo di Generic Design Assessment del disegno di reattore proposto e, in parallelo, nell'area della idoneità dei siti, attraverso lo Strategic Siting Assessment..

Construction

Complessivamente, la costruzione, considerata insieme ai lavori elettrici, meccanici e di preparazione del sito, costituirà la domanda aggregata più grande di forza lavoro, fino a costituire il 60% del totale. Questa forza lavoro servirà inizialmente alla preparazione della infrastruttura del sito, poi alla costruzione civile (edifici,...) e infine alla costruzione della parte "ingegneristica".

Una porzione piccola ma critica, di poco più di 300 addetti, viene verosimilmente coinvolta nello sviluppo iniziale dell'infrastruttura del sito. In questa fase le competenze saranno prevalentemente di livello di base (1 e 2). Il resto, la grande maggioranza della forza lavoro impegnata nella costruzione, sarà coinvolta nella fase della vera e propria costruzione. I profili della forza lavoro si sposteranno in questo caso verso il livello superiore (livello 3).

Poiché la costruzione è largamente vincolata al sito di localizzazione è da attendersi che molte delle competenze siano fornite all'interno del paese che ospita la centrale. Va comunque rilevato che i due reattori in discussione alludono a due diversi percorsi implementativi, dove l'AP1000 prevede l'utilizzo di moduli pre-fabbricati mentre l'EPR prevede che la costruzione avvenga in situ. Detto ciò, le valutazioni che qui verranno espresse non hanno motivo di differenziarsi a seconda del reattore adottato.

Una stazione con 2 reattori richiederà all'incirca 13.000 anni uomo, distribuiti in preparazione del sito, costruzione, lavori elettrici e meccanici su un periodo di 6 anni, assumendo una certa sovrapposizione tra i tempi di realizzazione dei singoli reattori. In questo modo ne viene un impiego di 2200 addetti per anno. Va comunque considerato che nella fase di costruzione molte occupazioni sono temporanee e sono disponibili per un periodo più breve del programma di costruzione. Il numero di persone che verrà quindi coinvolto sarà perciò significativamente maggiore

Manufacture

Con manufacturing si intende la fornitura di componenti di ingegneria civile, dei componenti nucleari più grandi e delle sezioni non-nucleari dell'impianto di generazione (il cosiddetto "balance of plant", consisting of the remaining systems, components, and structures that comprise a complete power plant or energy system that are not included in the prime mover and waste heat recovery like gas turbines, steam turbines, HRSG, waste heat boiler, etc.).

La realizzazione di questi componenti è la parte più complessa del modello, anche per via della dimensione e delle abilità richieste, specialmente nella fornitura di grandi forgiati e di vessels per i reattori a pressione.

Nondimeno, rapporti recenti dell'IBM e della Nuclear Industry Association sulle capacità industriali in ambito nucleare riportano che le industrie inglesi possono fornire la maggioranza dei componenti speciali necessari al programma nucleare ...

Fatto salvo un più alto grado di incertezza in questa area dovuta alla mancanza di dati attendibili, si stima, sulla base di dati forniti dalle aziende per la realizzazione di questo studio,

che la richiesta di personale coinvolta nella realizzazione di manufatti per una stazione a 2 reattori è di circa 3200 anni uomo, di cui

- 500 per componentistica di ingegneria civile,
- 2100 per componentistica nucleare e
- 600 nel balance of plant.

Sugli usuali 6 anni, questo implica 530 addetti per anno.

La distribuzione disaggregata per settore prevede

- 25% forgiati
- 60% manufatti pesanti (turbine, moduli,...)
- 15% manufatti leggeri (valvole piccole, controlli,...)

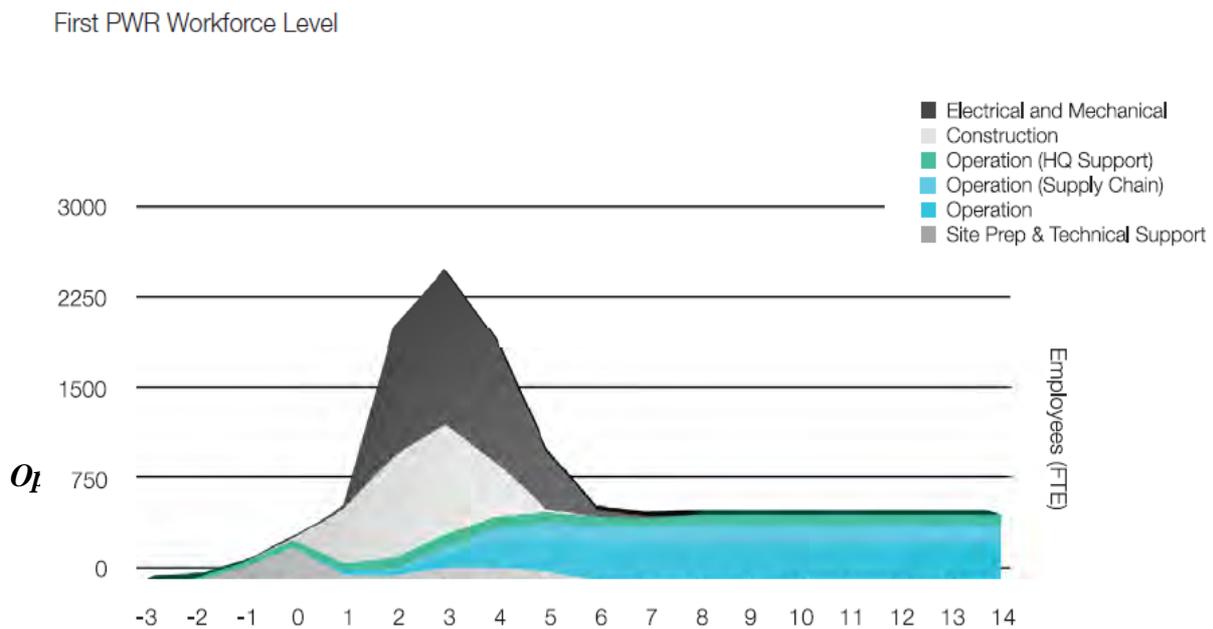


Fig. 3 Evoluzione temporale di ciascun segmento di forza lavoro necessario alla realizzazione di un PWR

Nel primo rapporto è stato stimato che l'attuale forza lavoro nucleare in UK è di 44000 unità comprendendo sia i 20000 che sono nelle ditte appaltatrici che i 12000 che sono nel decommissioning, oltre ai 7400 nella generazione di elettricità e 4600 nella lavorazione del combustibile. Tutto questo indica una forte tradizione inglese di competenze in ambito nucleare. Nello stesso rapporto veniva indicato che la sostituzione di personale in uscita per raggiunti limiti di età porrà una domanda di forza lavoro simile a quella richiesta dalla costruzione di nuove centrali. In particolare veniva stimato che la sostituzione di personale impegnato nelle operazioni di decommissioning, generazione e trattamento di combustibile, considerando le rispettive filiere nel loro complesso, porranno una domanda di 1000 addetti per anno tra turnover e nuovo organico.

Sulla base dei dati storici di Sizewell B, l'unica stazione con dati utili alla comparazione, le necessità di personale sono di 500 addetti per unità cui aggiungere eventuali altri 350 nel caso di secondo reattore nella stessa stazione.

I dati più recenti forniti dall'industria per la realizzazione di questo rapporto parlano di un numero di addetti leggermente inferiore per i reattori di ultima generazione, dell'ordine di 350 per il primo reattore e di un 25% in meno per il secondo reattore nella seconda stazione.. Ove si

tenga conto anche della occupazione indotta, si mostra che il 75% degli addetti sono impegnati direttamente nell'esercizio del reattore mentre un 25% è nella supply chain.

...Una stazione con 2 reattori richiederà, per giungere allo stato di commissioning, circa 5000 anni uomo in operazioni. Dopodiché, il numero di addetti si attesta intorno a 800...

La forza lavoro richiesta per costruire, operare e mantenere ciascun reattore può essere valutata, in prima approssimazione, non dipendere dalla specifica scelta tecnologica adottata (nel nostro caso *EPR* o *AP1000*). Una valutazione quantitativa, sottoposta a verifica degli operatori industriali, è illustrata in figura 3.

Il numero di addetti, per un singolo reattore, raggiunge il suo picco intorno a 2500 addetti all'incirca a metà del percorso di realizzazione. Proprio quando si ha il picco della forza per la costruzione, inizia il percorso di reclutamento per gli addetti che saranno impiegati nella fase di esercizio. In questo modo essi potranno essere addestrati in tempo e potranno giocare un ruolo attivo nella fase di commissioning. All'interno di un percorso di realizzazione di un parco di reattori, evidentemente la forza lavoro che avrà acquisito esperienza all'inizio potrà poi essere spesa per attività di training verso i nuovi addetti reclutati per le centrali successive...

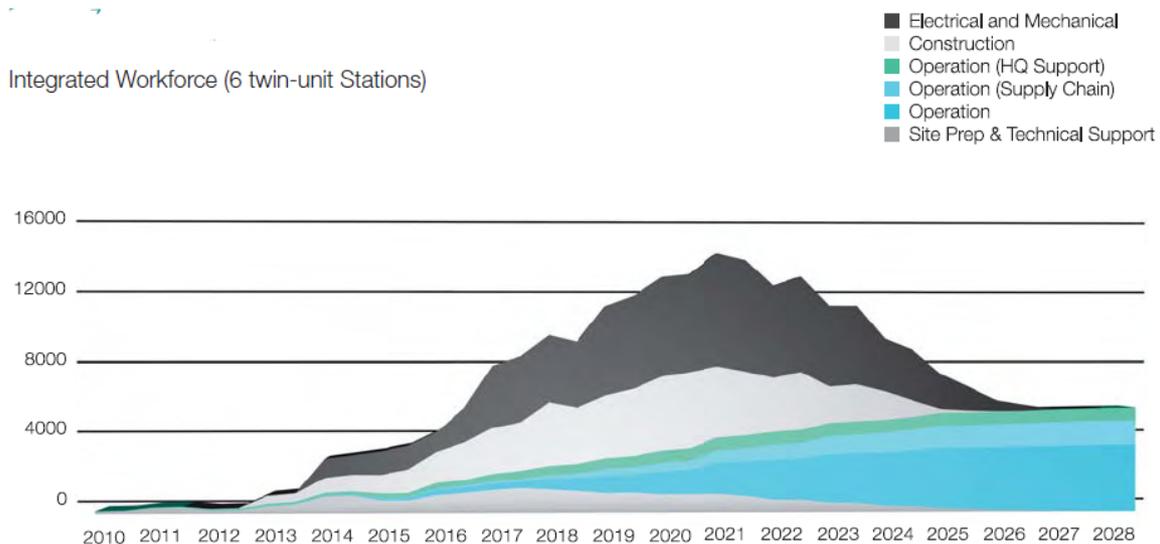


Fig. 4 Profilo temporale della domanda integrata di forza lavoro per uno scenario di

...Si discuterà qui uno scenario di 16 Gwe di nuovi impianti realizzati con una combinazione di 6 *EPR* da 1.6 Gwe + 6 *AP1000* da 1.2 Gwe. ..La velocità di realizzazione avrà evidentemente effetti nel profilo temporale della domanda di competenze. Su un arco temporale che va dal 2012 al 2025 questo scenario prevede, mantenendo escluso il manufacturing per le difficoltà di modellizzazione cui si è fatto cenno in precedenza, da 110.000 a 140.000 anni uomo, con un picco di 14.000 negli anni 2020-2022 (vedi fig. 4).

Questo picco è dovuto prevalentemente alla domanda nel campo elettrico, meccanico e della costruzione che in maniera aggregata conta per il 60%. Tuttavia, costruzione e operazioni trovano il loro picco in tempi diversi e con valori di 12.000 e 5.000 rispettivamente. Una analoga stima grossolana della richiesta in ambito manufacturing può essere di 1.000 unità. Questo implica una creazione di nuova occupazione (con un picco su 18.000 unità) per una decina di anni a partire da oggi, con una quota significativa che interesserà coloro che attualmente sono nella fascia di età 14-21 anni...

16 GWe (new)	6 Twin-Unit Stations	Station (twin unit)	Construction ^a (twin unit)	Manufacture (twin unit)	Operation (twin unit)
Person years	110,000 - 140,000	21,200	13,000 60%	3,200 15%	5,000 ^b 25%
Timeframe of build	13 years	6 years	6 years	6 years	6 years
Employment – per yrs per GWe	6,000	7,571 ^c	4,643 ^c	1,143 ^c	1,786 ^c
Employment - fte p.a.	10,000 ^d	3,533 ^d	2,167 ^d	533 ^d	833 ^d
Skill Levels			25% L2 60% L3 15% L4+	15-30% L2 30-40% L3 20-40% L4+	10% L2 ^e 40% L3 ^e 45% L4+ ^e
Workforce Split			40% Civil 45% Mechanical & Electrical 15% Management & Supervision	10% Civil 30% Major Nuclear 40% Balance of Nuclear island 20% Balance of Plant	60% Nuclear Operator 30% Supply Chain 10% Utility HQ etc
Other	18,000 combined peak employment of sectors (peaks at different times)		12,000 peak employment 2021 UK supply (most)	1,000 ^f peak employment UK supply (mostly)	5,000 peak employment 2026 UK supply

Tabella 1: Metrica della forza lavoro per un nuovo programma nucleare

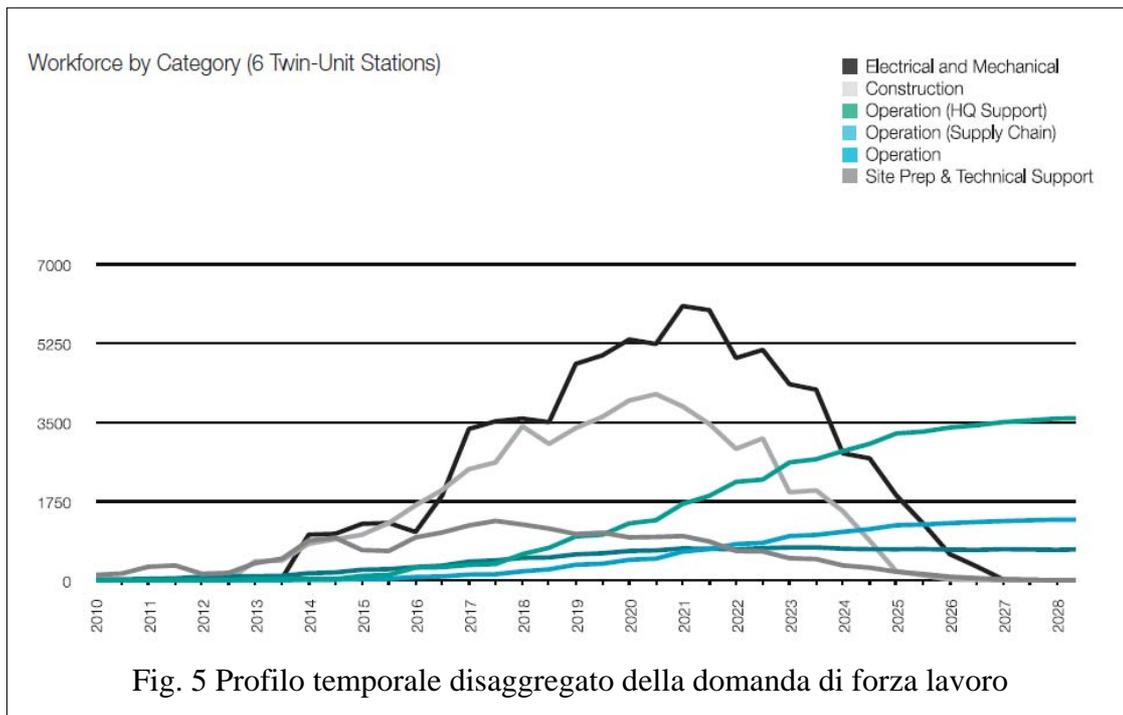
...In conclusione la costruzione di nuovi reattori nucleari combina le richieste classiche delle grandi infrastrutture civili con in più un alto grado di cultura di ingegneria della sicurezza. In tabella 1 viene proposta una possibile metrica della forza lavoro che permette di vedere a colpo il ruolo preponderante della fase di costruzione.

“...A valle di una estesa consultazione con le ditte interessate, è stato stilato un Risk Register (vedi appendice 2) con lo scopo di identificare le aree critiche delle competenze. La lista tiene conto sia di una criticità di disponibilità (Capacity), ovvero risorse che non sono tout court disponibili, che di adeguatezza (Capability), ovvero risorse che sono inadeguate per il livello richiesto)...

...Un problema di disponibilità può manifestarsi per la concorrenza con la realizzazione di grandi infrastrutture civili....”

In termini di disponibilità le preoccupazioni si concentrano sulle seguenti figure professionali:

1. Saldatori
2. Design engineers
3. Project managers e first line supervisors
4. Planners/estimators/cost control staff
5. Ingegneri nella produzione di componenti
6. ingegneri meccanici ed elettrici con competenze aggiornate alle ultime evoluzioni tecnologiche



Sul piano della adeguatezza, quantitativa e qualitativa, una lista analoga è invece la seguente:

1. *Programme and project managers with nuclear (or aligned sector) experience*
2. *Esperti di analisi non distruttive*
3. *Saldatori “High integrity” con almeno 5 anni di esperienza)*
4. *Ingegneri per il controllo e la acquisizione dati*
5. *Safety case authors/engineers*
6. *Ricercatori (in particolare chimici, fisici ed esperti di processi metallurgici)*
7. *Ingegneri geotecnici*
8. *Ingegneri ambientali.....”*