



Denominazione del Corso di Studio: INGEGNERIA NUCLEARE

Classe del Corso di Studio: LM30

Dipartimento: Ingegneria Civile e Industriale

Composizione del Gruppo di Riesame

Componenti obbligatori:

Prof. Walter AMBROSINI (Presidente del CdS) – Responsabile del Riesame

Sig. Danilo FERRETTO (Rappresentante degli studenti)

Sig. Gianpaolo ROINA (Rappresentante degli studenti)

Altri componenti:

Prof. Riccardo CIOLINI (Docente del CdS) – Responsabile AQ del CdS

Prof. Francesco D'ERRICO (Docente del CdS)

Prof. Sandro PACI (Docente del CdS)

Dr.ssa Francesca NANNELLI (Tecnico Amministrativo con funzione di Responsabile dell'Unità Didattica)

Sintesi dell'esito della discussione del Consiglio del Corso di Studio

Il Consiglio concorda con il Gruppo del Riesame circa la principale criticità del Corso di Studio, ovvero la bassa numerosità studentesca, e propone lievi modifiche al testo presentato e discusso al riguardo. Il Consiglio concorda inoltre nell'evidenziare la necessità di una pianificazione adeguata del turnover generazionale dei docenti allo scopo di mantenere le competenze dell'Ingegneria Nucleare pisana nei settori tradizionali ed in quelli emergenti. In relazione a questi ultimi, il Consiglio concorda sulla necessità di mantenere alto il livello della discussione sulle possibili evoluzioni della figura professionale in uscita.

In breve, tutte le osservazioni proposte dal Gruppo del Riesame nella bozza del Rapporto del Riesame Ciclico sono sostanzialmente condivise dal Consiglio, nonostante vengano proposte precisazioni ed apportate lievi correzioni al testo per la sua approvazione finale.

Il Gruppo di Riesame si è riunito e ha operato come segue:

- 1) **16 luglio 2018:** il Presidente del CdS distribuisce ai membri del Riesame via e-mail una bozza dei primi quattro quadri della relativa relazione, in previsione di una prossima riunione del Gruppo del Riesame;
- 2) **26 luglio 2018:** Riunione del Gruppo del Riesame: revisione dei primi quattro quadri del Rapporto del Riesame Ciclico e prime considerazioni sugli indicatori di monitoraggio;
- 3) **27 luglio 2018:** Il Presidente del CdS distribuisce ai membri del Gruppo del Riesame via e-mail una bozza rivista del documento, che include anche i commenti agli indicatori di monitoraggio aggiornati al 30 giugno 2018;

- 4) **19 settembre 2018:** Il Gruppo del Riesame si riunisce per esaminare i questionari degli studenti ed elaborare i documenti da produrre entro la fine di settembre (quadri della SUA CdS, entro il 27 settembre) e metà ottobre (Rapporto del Riesame Ciclico e Scheda di Monitoraggio entro il 15 ottobre); nella riunione, però, ci si limita a discutere in dettaglio i questionari degli studenti e i quadri della SUA, rimandando la discussione sugli altri due documenti ad una riunione successiva;
- 5) **3 Ottobre 2018:** Il Presidente invia per posta elettronica ai membri del Gruppo del Riesame una bozza avanzata del Rapporto per il Riesame Ciclico e della Scheda di Monitoraggio;
- 6) **4 Ottobre 2018:** Riunione del Gruppo del Riesame per l'analisi definitiva del Documento per il Rapporto del Riesame Ciclico e della Scheda di Monitoraggio

Il presente Rapporto di Riesame Ciclico è stato presentato, discusso e approvato dal Consiglio del Corso di Studio in data: **10.10.2018**

Ordine del giorno n. 4. Documento per il Riesame Ciclico

Il Presidente propone integralmente al Consiglio il documento che costituisce la bozza del Rapporto del Riesame Ciclico, così come messa a punto dal Gruppo del Riesame in via pre-finale nella sua seduta del 4 ottobre scorso. Il documento è stato inviato a tutti i membri del Consiglio nella giornata di ieri, in funzione di istruttoria, insieme alla bozza del verbale della riunione odierna.

Sulla base di questa documentazione, viene aperta la discussione che si svolge durante la lettura integrale e che verte sugli aspetti di merito del testo del Rapporto, con particolare riferimento anche alle azioni proposte per mitigare le criticità più importanti individuate dal Gruppo del Riesame. Durante la discussione vengono apportate lievi modifiche al Rapporto che viene infine approvato all'unanimità così come riportato in Allegato I, parte integrante del presente verbale.

(Del. N.37 del 10.10.2018)

1 – DEFINIZIONE DEI PROFILI CULTURALI E PROFESSIONALE E ARCHITETTURA DEL CDS**1-a SINTESI DEI PRINCIPALI MUTAMENTI RILEVATI DALL'ULTIMO RIESAME**

Non si compila perché il presente rapporto è il primo Riesame Ciclico sul corso di studio.

1-b ANALISI DELLA SITUAZIONE SULLA BASE DEI DATI***La figura professionale in uscita***

Come evidenziato nella SUA degli ultimi anni, il corso di laurea Magistrale in Ingegneria Nucleare, i cui corsi sono impartiti in lingua inglese, forma laureati con capacità tecnico-scientifiche nei settori della tecnologia nucleare e delle radiazioni. In particolare, le competenze in relazione all'energia nucleare derivano da decenni di esperienza accumulata nel settore da parte dei docenti coinvolti negli insegnamenti e dal gran numero di contatti da essi stabiliti con la realtà industriale e di ricerca nel nostro Paese e all'estero.

La Laurea Magistrale in Ingegneria Nucleare garantisce una preparazione specialistica di particolare interesse per le esigenze degli elettro-produttori e dell'industria nucleare nazionale ed internazionale; tale preparazione è articolata ed organizzata per rispondere alle iniziative comunitarie tendenti a fornire un titolo aggiuntivo internazionale in Ingegneria Nucleare, l'European Master of Science in Nuclear Engineering (EMSNE, <http://www.enen-assoc.org/en/activities/for-students/master.html>).

La versatilità della preparazione meccanico-nucleare impartita dal corso consente di spendere il titolo anche nel più generale settore dell'ingegneria industriale e in quello della tecnologia delle radiazioni. Al corso di Laurea magistrale si accede tramite qualunque laurea triennale del settore industriale (in particolare, in Ing. Aeronautica e Aerospaziale, Chimica, Energetica, Meccanica). Recentemente è stato attivato anche un percorso nella laurea in Fisica che consente l'iscrizione senza debiti formativi alla laurea Magistrale in Ingegneria Nucleare.

E' stato inoltre attivato uno specifico Curriculum Nucleare nella Laurea in Ingegneria Meccanica (<http://www.unipi.it/index.php/lauree/corso/10290>), che anticipa alcune competenze tipiche del settore nucleare, per ottenere una formazione perfettamente in linea con le tradizioni meccanico-nucleari del Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare attivato a Pisa sin dagli anni '60.

A questo proposito è necessario ricordare che il CdS Magistrale in Ingegneria Nucleare è nato dalla riformulazione in tre fasi (1) DM 509, 2) DM 270, 3) revisione dei corsi a seguito della disattivazione della laurea triennale) degli obiettivi e dei contenuti della Laurea Vecchio Ordinamento in Ingegneria Nucleare, attiva sin dagli anni '60, adattata ai nuovi paradigmi della convenzione di Bologna. Al tempo della formulazione del corso secondo il DM 509, i presidenti della laurea triennale e della laurea specialistica coinvolsero attivamente molte parti interessate, anche per il particolare valore a livello nazionale dei curricula che si richiamavano alla Sicurezza Industriale, oltre che alla Sicurezza Nucleare. Con il DM 270, si è abbandonato, in parte, il carattere professionalizzante della laurea (triennale) che preludeva alla Magistrale, sotto la sollecitazione normativa che dette un maggiore risalto ai curricula metodologici. Infine, la disattivazione della laurea triennale (2012) per bassa numerosità studentesca, ha richiesto un conseguente adattamento, con un indirizzo ulteriormente internazionalizzato ed autonomo rispetto al percorso triennale, tramite l'offerta dei corsi in lingua inglese e la lieve ristrutturazione degli studi magistrali per mantenere alcune competenze nucleari precedentemente fornite alla triennale.

La Laurea Magistrale attuale nasce quindi da un processo di evoluzione che, pur essendo conseguente a variazioni normative e di contesto decisamente intrusive, è riuscito a mantenere gran parte delle caratteristiche iniziali del corso, insieme all'apprezzamento di importanti stakeholder a livello industriale (per esempio Ansaldo, AREVA, ora Framatome, ITER che hanno continuato a ricevere studenti e laureati) e accademico (European Nuclear Education Network, ENEN, di cui l'attuale presidente del CdS è stato presidente per tre anni, 2013-2016). Verifiche periodiche anche recenti circa il giudizio degli stakeholder sul corso e i suoi laureati hanno dato esito largamente positivo.

Gli ingegneri che completano gli studi nel corso di Laurea Magistrale non hanno riscontrato problemi di inserimento nel mondo del lavoro, grazie alla generale spendibilità del titolo in Ingegneria nelle discipline industriali, inclusa quella nucleare, ma anche alla versatilità della formazione specifica nei settori nucleari che includono gli aspetti impiantistici per i reattori a fissione e a fusione, quelli radioprotezionistici e quelli di applicazione delle tecnologie nucleari al settore medico.

Lo scenario nazionale ed internazionale

Come detto, gli studi in Ingegneria Nucleare sono attivi presso l'Ateneo Pisano dagli anni '60 e in questo lungo periodo si sono succeduti numerosi cambiamenti negli scenari nazionale ed internazionale relativi al settore nucleare. L'espansione che la tecnologia nucleare da fissione ha avuto dagli anni '70 fino a circa gli anni '90 ha subito successivamente un processo di ridimensionamento e delocalizzazione. Mentre negli anni '70 e fino agli anni '90 i paesi occidentali (Stati Uniti, Canada, Europa) hanno visto una considerevole crescita del numero degli impianti operanti nel loro territorio, soprattutto in seguito alla crisi energetica dei primi anni '70, successivamente la parziale saturazione del mercato interno ed una generale avversione dell'opinione pubblica all'utilizzo dell'energia nucleare per la produzione di energia elettrica, dovuta alla strumentalizzazione ed amplificazione mediatica di un numero ridotto di eventi incidentali, hanno prodotto un notevole rallentamento nella costruzione di nuove unità di potenza. Questo rallentamento che si è riscontrato nel mondo occidentale è stato accompagnato da uno scenario di crescita delle competenze e delle realizzazioni in Russia, Cina, India, Corea, Emirati Arabi Uniti, ecc., con un conseguente forte pericolo di perdita di competitività in occidente ed in Europa in particolare.

Le iniziative a favore del mantenimento e dello sviluppo delle competenze in campo nucleare

Nell'area Europea si sono quindi moltiplicate le azioni, soprattutto in ambito Euratom, miranti a garantire una workforce nucleare consistente in termini numerici e di qualità, per gestire in sicurezza gli impianti esistenti (circa 130 in Europa) e preparare nuove leve per la costruzione di nuovi impianti. Allo scopo di contrastare il fenomeno di una minore attrattiva delle carriere nel settore nucleare, sono state create reti per la collaborazione negli studi universitari ("higher education") sia per il settore della fissione (European Nuclear Education Network) che in quello della fusione (FuseNet).

Una direttiva comunitaria del 2009 emendata nel 2013 (detta comunemente "Nuclear Safety Directive") prescrive quanto segue: "*Member States shall ensure that the national framework requires all parties to make arrangements for the education and training for their staff having responsibilities related to the nuclear safety of nuclear installations so as to obtain, maintain and to further develop expertise and skills in nuclear safety and on-site emergency preparedness.*" (Art. 7, COUNCIL DIRECTIVE 2014/87/EURATOM of 8 July 2014). Ciò si applica sia ai paesi che hanno impianti di potenza che a quelli che in vario modo utilizzano l'energia nucleare nelle applicazioni industriali e mediche. A questa direttiva si aggiunge l'altra detta "Nuclear Waste Directive" che sancisce inoltre quanto segue: "*Member States shall ensure that the national framework require all parties to make arrangements for education and training for their staff, as well as research and development activities to cover the needs of the national programme for spent fuel and radioactive waste management in order to obtain, maintain and to further develop necessary expertise and skills.*" (Art. 4 COUNCIL DIRECTIVE 2011/70/EURATOM, of 19 July 2011).

A queste direttive della Comunità Europea, che rappresentano un forte richiamo a mantenere alti livelli di competenze nel settore nucleare nei paesi membri, si è aggiunto recentemente il deferimento dell'Italia all'Alta Corte di Giustizia Europea, inter alia per una non adeguata risposta ai problemi legati al trattamento e alla custodia dei rifiuti radioattivi di origine industriale e medica. Questo evento deve essere messo in relazione con la promessa e continuamente procrastinata realizzazione di un deposito nazionale dei rifiuti radioattivi, con annesso centro scientifico-tecnologico di cui si è in attesa ormai da anni, di governo in governo. Si tratta di un'opera importante che darebbe impulso agli studi e alle applicazioni nel settore, la cui realizzazione richiede una visione politica stabile nel lungo periodo che non sembra sia stata ancora raggiunta.

L'impegno per il mantenimento delle competenze nel settore nucleare

L'Università di Pisa è insieme al Politecnico di Milano l'unico Ateneo italiano ad offrire una laurea in Ingegneria Nucleare. Altri Atenei (Bologna, Politecnico di Torino, Roma "La Sapienza" e Palermo) offrono corsi in Energetica o Energetica e Nucleare, meno decisamente orientati al settore nucleare. L'Università di Pisa è stata anche il primo Ateneo a proporre i propri corsi in Ingegneria Nucleare completamente in inglese a partire dall'anno accademico 2012-2013, seguendo e sviluppando ulteriormente l'esempio del Politecnico di Torino, che ne offre alcuni in lingua italiana e alcuni in lingua inglese da più di un decennio.

In ambito nazionale, il consorzio CIRTEN, che raggruppa le competenze nucleari sotto un'unica egida nel campo della ricerca, fornisce anche l'occasione per una cooperazione a livello nazionale in campo didattico che potrebbe probabilmente essere meglio sviluppata. Ciononostante, in passato questo inserimento nel CIRTEN dell'Università di Pisa ha permesso una stretta collaborazione con il Politecnico di Torino nelle azioni svolte nell'ambito della European Nuclear Education Network (ENEN), alla quale l'Università di Pisa ha fornito la Presidenza nel triennio 2013-2016, insieme alla presenza nel Board dell'Associazione di un suo rappresentante nel periodo 2010-2016.

Il confronto con le parti interessate

Questa attività condotta in ambito ENEN ha permesso un continuo confronto con il paradigma Europeo dell'European Master of Science in Nuclear Engineering (EMSNE), tramite una presenza costante di

laureati pisani nell'elenco di coloro che ogni anno ricevono questa importante certificazione; ciò conferma di anno in anno l'aderenza del *curriculum studiorum* della Laurea Magistrale in Ingegneria Nucleare dell'Università di Pisa al paradigma della figura di "ingegnere nucleare europeo", messo a punto più di un decennio fa nell'ambito di uno specifico progetto finanziato dalla Comunità Europea. Da questo punto di vista, non vi è quindi dubbio che la figura di ingegnere nucleare prodotta dall'Università di Pisa sia conforme ai più elevati standard a livello europeo ed internazionale, cosa confermata anche dall'apprezzamento ricevuto dagli studenti durante i loro stage di tesi all'estero e dalla facilità con cui, una volta ottenuto il titolo di ingegnere, si collocano nel mondo del lavoro nel settore nucleare o in quello industriale più in generale, in Italia e all'estero, andando a ricoprire spesso ruoli di assoluta rilevanza.

Due campagne di rilevazione dell'opinione delle parti interessate in relazione alle competenze fornite dalla Laurea Magistrale sono state svolte nel 2015 e nel 2018, in quest'ultimo caso in preparazione dell'Audit del Nucleo di Valutazione che si è tenuto lo scorso 22 maggio 2018. Da queste indagini, adeguatamente documentate, che hanno raccolto il parere delle parti interessate, così come dalle interviste che il Nucleo di Valutazione ha avuto con alcuni dei loro rappresentanti, è emersa una assoluta soddisfazione per la qualità degli studi in Ingegneria Nucleare presso l'Università di Pisa.

Da alcune di queste parti interessate è venuto il suggerimento di potenziare gli studi nel settore della fusione nucleare, già presenti nel curriculum con un esame a scelta. In relazione a questo suggerimento, che collima con il crescente impegno che i docenti del corso di laurea dedicano attualmente alle ricerche nel settore della fusione, è necessario notare quanto segue:

- il settore della fusione nucleare, grazie alla costruzione dell'apparecchiatura ITER e alla progettazione dell'impianto DEMO, ha riconosciuto recentemente la necessità di rivolgersi al settore della fissione per attingere al bagaglio delle competenze sviluppate in campo ingegneristico ed acquisirle per la realizzazione delle apparecchiature prototipiche; le sfide tecnologiche coinvolte nella costruzione di tokamak richiedono ora un processo di "nuclearizzazione" di un settore che, ormai uscito dai laboratori, sta per avvicinarsi alle realizzazioni commerciali;
- l'attenzione all'integrazione delle competenze degli ingegneri nucleari nel settore della fusione deve essere comunque rapportata ad una richiesta del mercato del lavoro in questo settore che si prevede crescente in un prossimo futuro, ma che al momento è ancora limitata; infatti, il mercato del lavoro nel settore nucleare è ancora prevalentemente legato alla fissione, che è la sola forma di energia nucleare che contribuisce attualmente alla produzione di energia elettrica (per circa il 27% in Europa).

Pur nell'incertezza generata dalla mancanza di una decisione operativa circa il deposito nazionale dei rifiuti radioattivi in Italia, un settore al quale è stata data adeguata attenzione nel corso di laurea è quello dello smantellamento ("decommissioning") degli impianti nucleari. Si tratta di un mercato che avrà sempre più importanza nel prossimo futuro, qualunque siano le decisioni relative al mix energetico che sosterrà lo sviluppo, in un contesto di cambiamenti climatici che rendono urgente il processo di decarbonizzazione del settore energetico. Valutazioni relative al futuro di questo settore in Europa prevedono che il mantenimento di un 20% dell'energia elettrica prodotta per via nucleare nel 2050 richieda lo smantellamento e la ricostruzione di circa 100 impianti entro quella data. Anche nell'ipotesi di una ulteriore radicalizzazione dell'attuale politica energetica, che considera un tabù l'energia nucleare in molti paesi europei, sarà necessario mantenere le conoscenze per l'estensione della vita degli impianti attuali (necessaria per coprire un gap energetico che potrebbe altrimenti manifestarsi nel tentativo di transizione alle rinnovabili) e per il loro smantellamento finale. Queste competenze dovranno quindi essere mantenute per decenni, senza considerare la necessità di disporre di un adeguato numero di specialisti che si occupino degli aspetti più strettamente attinenti al settore nucleare per sostenere la ricerca anche in relazione ai problemi di "sicurezza e salvaguardia" legati al mercato e al trasporto di materiali nucleari soggetti a restrizioni da parte dell'International Atomic Energy Agency (IAEA).

Aspetti di criticità

In questo contesto di minore attrattiva per le carriere nel settore nucleare tra le nuove generazioni, il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Nucleare dell'Università di Pisa coopera strettamente con le reti Europee ENEN e FuseNet per il mantenimento e lo sviluppo degli studi universitari nei settori della fissione e della fusione nucleari, rispettivamente. La bassa numerosità studentesca in ingresso, dovuta anche alla disattivazione della laurea di riferimento (nel 2012-2013), pone un ovvio problema di sostenibilità. Ciononostante, con lo scorso anno accademico si è registrata una diversificazione delle provenienze in ingresso che sembra preludere ad una possibile stabilizzazione del bacino di attrazione, con apporti sia dalle lauree triennali in ingegneria industriale dell'Ateneo pisano, che da quelle di altri atenei. Questi apporti, come si è verificato nei colloqui con gli studenti in fase di ammissione, sono talora dettati dal carattere prettamente "nucleare" del corso di studio che, come detto, è offerto solo dal corso magistrale dell'Università di Pisa e da quello del Politecnico di Milano.

Le azioni messe in atto per mitigare il problema della bassa numerosità studentesca sono state

molteplici e includono: a) una costante pubblicizzazione del corso tramite le iniziative di Ateneo a favore dei corsi di laurea in lingua inglese; b) la messa a bando di contributi di studio per incentivare l'iscrizione di studenti italiani e la loro pubblicizzazione tramite i servizi del Consorzio AlmaLaurea; c) la pubblicizzazione del corso di laurea tramite i social network, con pagine e gruppi dedicati su Facebook e LinkedIn; d) la partecipazione alle iniziative di orientamento in ingresso della Scuola di Ingegneria (Open Days); e) la pubblicizzazione delle opportunità di stage per tesi magistrali presso università e centri di ricerca europei ed internazionali (spesso remunerati dell'ente ricevente); f) l'attivazione di due corsi a scelta da 6 CFU nella laurea in Fisica per fornire competenze ingegneristiche ai relativi laureati, favorendone l'iscrizione alla laurea magistrale in Ingegneria Nucleare; g) la partecipazione alle iniziative messe in atto a livello internazionale per attrarre e trattenere studenti nelle carriere nucleari, tra cui il progetto H2020 ENEN+ nel quale sono attualmente coinvolti quattro docenti del corso di laurea magistrale; h) le iniziative seminariali che, oltre ad arricchire i contenuti trasmessi agli studenti in corso, hanno l'effetto di suscitare interesse anche in studenti di corsi di laurea limitrofi dal punto di vista disciplinare; i) erogazione in "blended e-learning" di corsi, come sta avvenendo per due corsi a scelta nell'ambito del progetto H2020 EU ANNETTE, così da pubblicizzare il corso di laurea magistrale ad un numero maggiore di studenti, costituendo un'ulteriore aspetto di attrattiva.

L'analisi delle carriere degli ex-allievi, anche in seguito alla seconda moratoria nucleare in Italia, mostra che molti di essi permangono nel settore nucleare, in Italia o all'estero. Esiste infatti ancora una industria del nucleare in Italia, che ovviamente lavora principalmente per il mercato estero o è coinvolta a livello internazionale in progetti di sviluppo tecnologico dei nuovi concetti di reattore. Accanto all'Ansaldo Nucleare, infatti, vi sono anche aziende che producono forgiati (ad esempio, Mangiarotti, ATB Riva Calzoni, Fucina Italia) ed altri servizi. La ricerca nel settore nucleare è inoltre ancora attiva presso l'ENEA e la SOGIN, sia nel settore dei reattori a fissione di quarta generazione che nel settore della fusione, in cui l'Italia si sta particolarmente impegnando in supporto ad ITER (molte commesse di componenti importanti sono state assegnate a ditte italiane) e con la futura costruzione del Divertor Tokamak Test Facility (DTT), un'apparecchiatura concepita per supportare lo sviluppo tecnologico necessario per la realizzazione delle più grandi macchine nel settore. Al di là dello scenario italiano, la vocazione internazionale degli studi in ingegneria nucleare ha fornito a molti ex-allievi opportunità di grande valore nelle carriere nucleari all'estero. Molti di loro, infatti, ricoprono ruoli rilevanti nel settore industriale e della ricerca nucleare in tutto il mondo, venendo apprezzati per le approfondite conoscenze di base in ingegneria industriale e in quella nucleare: l'Università di Pisa è ancora un riconosciuto "brand" nel settore nucleare, grazie all'attività dei suoi docenti e alla qualità degli ex-allievi.

Su queste tematiche si è riflettuto ripetutamente tra i membri del Consiglio di Corso di Laurea e del Gruppo del Riesame, giungendo alla conclusione che il ruolo dell'Università di Pisa nel settore nucleare debba essere mantenuto e sviluppato ulteriormente, seguendo le tendenze più promettenti che si manifestano nel settore e coniugandole con la tradizione di un corso di eccellenza.

A questo proposito, l'Audit svolto dal Nucleo di Valutazione (NdV) nel Maggio scorso ha rilevato in fase di report il carattere tradizionale della figura di Ingegnere Nucleare in uscita dal corso. Di fatto, oltre ad esistere nel corso di studio insegnamenti relativi alle tematiche più innovative nel settore (decommissioning, applicazioni mediche e fusione, per esempio), nel 2015 si prese seriamente in considerazione la possibilità di affiancare all'indirizzo principale del corso, il cui mantenimento è legato anche al riconoscimento di Master Europeo assegnato ai laureati, un indirizzo più improntato all'ingegneria e alla scienza delle radiazioni. La proposta fu oggetto di un attento esame da parte del Consiglio di CdS, documentato nei suoi verbali, ma non dette l'esito sperato in quanto considerata prematura da una parte consistente dei docenti. E' necessario osservare che, ciononostante, si segue con notevole attenzione lo sviluppo a livello nazionale ed internazionale delle tematiche emergenti nel settore (decommissioning, realizzazione del deposito nazionale dei rifiuti radioattivi, fusione, applicazioni mediche, tematiche di "safety and security") in modo da potenziare prontamente le linee didattiche già presenti al loro riguardo.

Un altro aspetto rilevato dall'Audit riguarda l'opportunità di istituire un archivio documentale delle interazioni con gli Stakeholder. Il NdV, infatti, ha apprezzato le caratteristiche di elevata internazionalizzazione del corso e anche il contatto con gli Stakeholder, suggerendo però la misura citata allo scopo di rendere sistematico e verificabile il contatto con gli Enti che sono utilizzatori finali del prodotto dell'attività didattica.

1-c OBIETTIVI E AZIONI DI MIGLIORAMENTO

Obiettivo n. 1: Incrementare la numerosità studentesca in ingresso (priorità massima)**Aspetto critico individuato:** Bassa numerosità**Azioni da intraprendere:**

Dal momento che questo aspetto di criticità è per gran parte indipendente dalle scelte specifiche del corso di laurea ed è comune a tutta l'area Europea, sembra opportuno continuare con le azioni elencate in precedenza e che vengono nuovamente segnalate:

- a) costante pubblicizzazione del corso tramite le iniziative di Ateneo a favore dei corsi di laurea in lingua inglese;
- b) messa a bando di contributi di studio per incentivare l'iscrizione di studenti italiani e loro pubblicizzazione tramite i servizi del Consorzio AlmaLaurea;
- c) pubblicizzazione del corso di laurea tramite i social networks, con pagine e gruppi dedicati su Facebook e LinkedIn;
- d) partecipazione alle iniziative di orientamento in ingresso della Scuola di Ingegneria (Open Days);
- e) pubblicizzazione delle opportunità di stage per tesi magistrali presso università e centri di ricerca europei ed internazionali;
- f) pubblicizzazione presso gli studenti della laurea in Fisica dei due corsi a scelta recentemente attivati per fornire competenze ingegneristiche ai relativi laureati, favorendone l'iscrizione alla laurea magistrale in Ingegneria Nucleare;
- g) partecipazione alle iniziative messe in atto a livello internazionale per attrarre e trattenere studenti nelle carriere nucleari;
- h) iniziative seminariali e di discussione su aspetti rilevanti per le tematiche nucleari;
- i) valutare ed, eventualmente, estendere l'esperienza di erogazione dei corsi in e-learning.

Modalità di attuazione dell'azione: implicita nella descrizione di cui sopra.**Scadenza prevista:** Annuale**Responsabili:** Presidente del Corso di Laurea Magistrale**Risorse:** Impegno dei docenti, risorse finanziarie e di personale assegnate al Corso di Laurea Magistrale dal Dipartimento di afferenza**Risultati attesi:** Mantenimento di un adeguato livello di attenzione in relazione alle tematiche del nucleare e maggiore attrazione di studenti dalle lauree triennali.**Obiettivo n. 2: Mantenere il carattere "up-to-date" delle materie del corso****Aspetto individuato:** Necessità di monitorare i trend prevalenti nel settore e di incorporare gradualmente i nuovi indirizzi nelle materie di insegnamento**Azioni da intraprendere:**

- a) proseguire con i contatti e la partecipazione attiva nelle network internazionali per l'istruzione accademica nel settore nucleare;
- b) discussione tra i docenti incaricati dei corsi circa gli indirizzi emergenti a livello internazionale e loro incorporamento tra le tematiche trattate;
- c) possibile modifica o attivazione di corsi specifici.

Scadenza prevista: Annuale**Responsabili:** Presidente del Corso di Laurea Magistrale e docenti**Risorse:** Impegno dei docenti, risorse finanziarie e di personale assegnate al Corso di Laurea Magistrale dal Dipartimento di afferenza, coinvolgimento in progetti relativi all'education nel settore nucleare**Risultati attesi:** Graduale e continuo sviluppo dei contenuti del corso in conformità ai trend emergenti**Obiettivo n. 3: Costituire un archivio documentale dei rapporti con le terze parti****Aspetto individuato:** Suggerimento del Nucleo di Valutazione dell'Ateneo per rendere più sistematico e verificabile il contatto con le terze parti, soprattutto in vista di possibili cambiamenti nell'orientamento del Corso di Laurea in relazione alla figura professionale in uscita.**Azioni da intraprendere:**

- a) preparare un breve questionario da fornire agli enti che ricevono studenti per tesi, chiedendo loro non solo un giudizio sul lavoro da essi svolto, ma anche valutazioni circa le competenze possedute dagli studenti ricevuti;

- b) raccogliere i questionari ed utilizzarli per un monitoraggio della qualità degli studi, ad esempio da parte del Gruppo del Riesame, in conformità con le leggi vigenti in tema di privacy;
- c) consultazione periodica degli enti che ricevono studenti per stage per ricevere giudizi sul Corso di Laurea che prescindano dalla performance dei singoli studenti (azione già intrapresa nel 2015 e nel 2018);
- d) mantenimento e aggiornamento dei record già presenti sul sito del CdS relativi al rilascio del titolo EMSNE agli ex-allievi del Corso di Laurea (<http://nucleare.ing.unipi.it/it/emsne>);
- e) nel caso di cambiamenti sostanziali del piano di studi, consultare le terze parti interessate e mantenere un record delle loro opinioni riguardo ai cambiamenti proposti.

Scadenza prevista: Periodica / annuale.

Responsabili: Presidente del Corso di Laurea Magistrale e docenti

Risorse: Impegno dei docenti, risorse finanziarie e di personale assegnate al Corso di Laurea Magistrale dal Dipartimento di afferenza

Risultati attesi: Documentazione sistematica dei contatti con le terze parti e monitoraggio più stretto dell'evoluzione delle competenze ottenute dagli studenti

2 - L'ESPERIENZA DELLO STUDENTE

2-a SINTESI DEI PRINCIPALI MUTAMENTI INTERCORSI DALL'ULTIMO RIESAME

Non si compila perché il presente rapporto è il primo Riesame Ciclico sul corso di studio.

2-b ANALISI DELLA SITUAZIONE SULLA BASE DEI DATI

Orientamento e tutorato

Come detto nella sezione precedente, il corso viene pubblicizzato in maniera costante, facendo uso di molteplici strumenti. Oltre al sito istituzionale (<https://www.unipi.it/index.php/lauree/corso/10621>) vengono utilizzati il sito del corso di laurea (<http://nucleare.ing.unipi.it/>), una pagina Facebook (<https://www.facebook.com/NuclearEngineeringPisa/>) e i due gruppi LinkedIn "Studiare Ingegneria Nucleare a Pisa - Nuclear Engineering Studies in Pisa" e "Nuclear Engineers from the University of Pisa, Italy". Il sito istituzionale descrive le modalità di accesso ed i requisiti curriculari nel modo formale richiesto, mentre il sito del Corso di Laurea, recentemente rinnovato, ha sezioni che descrivono il corso e le sue materie, con pagine dedicate agli studenti italiani e a quelli stranieri. In questo sito, sono anche presenti gallerie di ex-studenti (<http://nucleare.ing.unipi.it/it/past-students-testimonials>) che sono stati stimolati negli anni passati ad inviare una fotografia con un commento circa la loro riuscita nella carriera post-lauream, fornendo così esempi tangibili di collocamento nel mondo del lavoro successivamente agli studi per gli studenti del corso. La pagina Facebook riporta materiale vario tra cui, nei momenti chiave del reclutamento (ad esempio, in estate), si aggiungono slideshows con la descrizione della Laurea Magistrale e dei suoi corsi, ponendo anche l'accento sulle possibilità di stage all'estero per tesi e sul profilo in uscita. I due gruppi LinkedIn (con circa 100 membri ciascuno) contribuiscono a mantenere aggiornate le informazioni sulle carriere dei laureati, con la stessa frequenza con cui gli stessi aggiornano i propri profili.

Trattandosi di una Laurea Magistrale del settore industriale, le competenze in ingresso sono quelle tipiche di questo settore, riguardanti le materie di base (Matematica, Fisica e Chimica) e applicate (Fisica Tecnica, Scienza delle Costruzioni, Disegno Tecnico). E' bene ricordare che negli anni passati il Corso di Laurea ha scelto di includere nella Laurea Magistrale tutte le materie tipiche del settore nucleare, aprendosi quindi a tutti i laureati del settore industriale. Questo ha permesso di chiarire in modo cristallino che gli studenti provenienti dalle lauree in ingegneria aerospaziale, chimica, energetica (o energia) e meccanica sono ammessi senza debiti alla Laurea Magistrale in ingegneria nucleare; si tratta di un messaggio chiaro che è possibile comunicare in modo efficace. Recentemente, ci si è aperti anche alle provenienze dalla laurea in Fisica, cosa che ha determinato la partecipazione alle occasioni di orientamento attivate presso il relativo Dipartimento, per comunicare le opportunità offerte dal Corso di Laurea Magistrale.

E' bene sottolineare che queste azioni, attualmente svolte in modo sistematico come attività correnti, sono state stimolate dal monitoraggio svolto negli anni passati circa la principale criticità del corso di laurea, relativa alla bassa numerosità studentesca. Le stesse azioni di promozione del Corso tramite il Consorzio Almalaurea e la continua pubblicizzazione dell'assegnazione dell'European Master of Science in Nuclear Engineering (EMSNE) ai laureati (si veda la pagina riportata al sito <http://nucleare.ing.unipi.it/it/emsne>) sono state programmate di volta in volta in seguito ad ogni monitoraggio, rispondendo alla criticità principale riscontrata dopo la disattivazione della laurea (triennale) di riferimento. Il vasto quadro di azioni per l'orientamento è quindi il risultato di un lavoro costante dei docenti e del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale nel suo complesso che si è verificato proprio negli anni che sono oggetto del presente Riesame Ciclico.

In questo periodo, ma anche negli anni precedenti, si è progressivamente migliorata l'attrattiva del corso, proprio considerando le carriere dei laureati che spesso sono il risultato dell'attività di job-placement legata alla scelta della tesi. A questo riguardo, è bene precisare che il Corso di Laurea favorisce l'esecuzione di tesi presso Università, Industrie e centri di ricerca in Italia e all'estero, cosa che si è rivelata fondamentale nel favorire il job-placement. I laureati, infatti, spesso supportati economicamente durante il periodo di tesi da coloro che li ricevono, da organizzazioni internazionali (NUGENIA, ENEN, FuseNet) o da contributi erogati dall'Ateneo, hanno facilmente trovato occasioni per la continuazione dei loro studi nei corsi di Dottorato o sono stati assunti come ingegneri o ricercatori. Il monitoraggio degli esiti di questa azione ha confermato la bontà delle scelte fatte al riguardo; l'aspetto di job-placement è infatti uno dei punti di forza del corso di laurea, in più occasioni manifestato nei giudizi degli studenti come un suo aspetto estremamente positivo e peculiare.

Il rapporto tra docenti e studenti per tutorato, grazie alla bassa numerosità, è continuo ed è improntato ad una frequentazione spesso informale che facilita gli scambi di opinioni e il supporto. Il Nucleo di Valutazione ha considerato questo aspetto come un fatto positivo, ma ha rilevato la necessità di una formalizzazione di questo processo e di una valutazione della sua efficacia, ai fini di un miglioramento complessivo del corso. Questa osservazione, verrà tenuta in debito conto sebbene siano già numerose le possibilità che gli studenti hanno di manifestare eventuali necessità in modo formale (questionari anonimi, coinvolgimento nel Gruppo del Riesame, nella Commissione Didattica Paritetica e rappresentanza in Consiglio di CdS).

Conoscenze richieste in ingresso e recupero delle carenze

Come detto al punto precedente, le attività di orientamento chiariscono in modo cristallino le competenze richieste in ingresso a coloro che si iscrivono alla laurea magistrale. Il portale “esami” dell’Ateneo permette di conoscere nel dettaglio il syllabus dei programmi dei corsi della laurea magistrale in Ingegneria Nucleare (https://esami.unipi.it/esami2/programmi_insegnamenti.php?did=2&cid=57). Normalmente gli studenti di formazione italiana che si iscrivono alla laurea magistrale possiedono i requisiti curriculari necessari e sono anche in possesso di un’adeguata preparazione personale. Solo in alcuni casi, è stato loro richiesto in anni recenti di compensare alcune carenze sulle materie di base, tramite corsi di transizione. Recentemente, viene svolto obbligatoriamente un colloquio per l’accertamento della preparazione personale, anche in relazione ai requisiti relativi alla lingua inglese.

La situazione degli studenti stranieri è certamente più complessa. La loro pre-ammissione, svolta seguendo le direttive riguardanti l’internazionalizzazione impartite dall’Ateneo, viene recentemente fatta solo dopo lo svolgimento di un colloquio (in teleconferenza) atto ad accertare che, oltre al soddisfacimento di requisiti curriculari, lo studente abbia una sufficiente padronanza delle materie di base ed applicate che sono richieste per l’ammissione. E’ infatti esperienza comune che questi colloqui, seppure basati sulla richiesta di possedere minime competenze di base, abbiano spesso esito negativo, riducendo il numero dei pre-ammessi ad una percentuale esigua (intorno o inferiore al 10%) di coloro che fanno domanda di pre-enrollment. Questo problema è dovuto per gran parte alle differenze sostanziali esistenti tra il sistema educativo italiano a livello universitario e quello vigente in molti dei paesi di provenienza dei “prospective students”. Molti di questi studenti, infatti, non hanno mai sostenuto un esame orale in cui si verificasse la “comprensione” dei concetti fondamentali alla base delle materie studiate. Interviste con studenti di formazione straniera che hanno in seguito avuto successo negli studi presso la nostra laurea magistrale hanno chiarito che questa differenza dei sistemi educativi si manifesta nello stesso tempo come la difficoltà più importante da superare e come l’aspetto più “prezioso” del sistema educativo italiano, che privilegia l’ “understanding” rispetto alla mera esecuzione di esercizi standard, sulla base dei quali vengono spesso esaminati gli studenti stranieri nei loro Paesi di provenienza. Per la sua stessa natura, quindi, questo problema si presenta di difficile soluzione, consigliando un’attenta selezione in ingresso: mantenere un livello adeguato di conoscenze, abilità e attitudini è ovviamente imprescindibile per evitare il degenerare del nostro sistema educativo, ma nel contempo questo potrebbe limitare le possibilità di successo degli studenti stranieri.

In una recente discussione in Consiglio di Corso di Laurea, si è considerata l’opportunità che gli studenti stranieri, spesso vincolati ai requisiti delle borse che li supportano finanziariamente, possano fruire di un anno di “transizione” o, se si vuole, di ambientamento, nel quale possano recuperare le abilità mancanti nella loro preparazione pregressa, tra cui quella, fondamentale, di saper difendere la propria preparazione tecnico-scientifica in un colloquio orale. Si tratta evidentemente di una proposta che va ben al di là dei mezzi a disposizione del Corso di Laurea e che richiede una riflessione a livello di Ateneo, simile a quella che ha portato alla istituzione di un “foundation year” per il recupero dei requisiti di scolarità mancanti in ingresso alle lauree triennali.

Organizzazione di percorsi flessibili e metodologie didattiche

Tradizionalmente, i Corsi di Laurea in Ingegneria dell’Ateneo Pisano lasciano uno spazio ridotto per la personalizzazione del curriculum individuale, limitando generalmente la libertà di scelta a 12 CFU. Ciò è dettato dalla necessità di mantenere fedeltà alla figura professionale di riferimento, evitando di edulcorarla a danno dei laureati stessi, i quali potrebbero trovarsi con una formazione alle spalle corrispondente ad un pout-pourri di difficile spendibilità.

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Nucleare non fa eccezione a questa regola, sebbene vi sia stata in un passato recente una profonda riflessione su questo argomento da parte di docenti e studenti, proprio in relazione alla criticità più importante della bassa numerosità studentesca. In questa riflessione si era proposta la creazione di curricula in parallelo o di “rose” di esami a scelta che

permettessero un'adeguata flessibilità del percorso, anche per meglio adattarsi alle esigenze dello scenario nazionale ed internazionale descritto in precedenza in relazione alle applicazioni di potenza dell'energia nucleare. Le relative proposte non sono state infine approvate, avendo registrato una sostanziale difformità di vedute tra i docenti, insieme ad una mancanza di chiarezza sulle eventuali figure professionali che sarebbero emerse da una eccessiva flessibilità dei percorsi. Il profilo professionale di riferimento, pertanto, resta quello precedentemente descritto, che collima con sovrabbondanza di requisiti con quello già menzionato dell'European Master of Science in Nuclear Engineering (EMSNE).

Ciononostante, le elaborazioni citate hanno condotto all'approvazione di una modifica dei regolamenti didattici, tramite l'introduzione di una frase che apre a possibili giustificate sperimentazioni: *"Il Consiglio di Corso di Laurea, allo scopo di permettere una ragionevole diversificazione dei profili professionali dei laureati nel settore delle applicazioni dell'energia nucleare, considererà con attenzione piani di studio individuali proposti dagli studenti o che si rendano opportuni per poter fruire di occasioni di scambio con Enti nazionali ed internazionali di formazione."* Questa frase, seppure non si sia tradotta ancora in casi concreti di approvazione di curricula sostanzialmente difformi da quello di riferimento, si traduce però in una porta aperta verso le transizioni che potrebbero rendersi necessarie per adeguarsi a possibili mutamenti dello scenario generale delle applicazioni dell'energia nucleare e/o per stipulare accordi di doppio titolo.

La bassa numerosità studentesca, pur essendo il problema fondamentale, permette però di supportare gli studenti in modo del tutto particolare nei loro bisogni e nelle difficoltà specifiche che incontrano durante gli studi. Pur non essendo quindi previsti percorsi particolari per studenti con specifiche problematiche, i docenti dedicano tempo e risorse a ricevimenti individuali atti a comprendere le eventuali difficoltà e a supplire con attività di tutorato.

Il Nucleo di Valutazione dell'Ateneo Pisano, nell'Audit citato in precedenza, ha rilevato un'impostazione tradizionale del corso di laurea, legata ad una ben precisa figura professionale. A questo proposito, oltre a quanto già detto in relazione agli sforzi fatti in passato per assicurare una maggiore flessibilità al percorso di studio, sembra proficuo mantenere alto il livello della discussione interna al Consiglio di CdS su possibili modifiche della figura di riferimento, in modo da includere prontamente le competenze richieste in futuro dal mercato del lavoro nel settore nucleare.

Internazionalizzazione della didattica

Il corso di Laurea Magistrale è, per sua natura, altamente internazionalizzato. Gli studi condotti nel settore dell'Ingegneria Nucleare dai suoi docenti si inquadrano frequentemente in collaborazioni internazionali in cui vengono coinvolti anche gli studenti. La già citata appartenenza ad ENEN e FuseNet ha nell'ultimo decennio potenziato a dismisura le già vaste possibilità di stage all'estero, cosa della quale si è già parlato altrove. La decisione di erogare i corsi in lingua inglese ha permesso inoltre di attrarre studenti internazionali e di offrirsi a scambi che possano condurre a schemi di doppio titolo.

Al momento sono attive varie convenzioni per lo scambio di studenti, messe a punto negli ultimi anni con Università straniere, tra cui quella con l'Università di Ljubljana (Slovenia), la National Research Nuclear University (MEPhI, Russia), l'Odessa National Polytechnical University (ONPU, Ucraina). Altri accordi sarebbero possibili e sono stati considerati per la eventuale stipula. Tuttavia, l'elevata mobilità degli studenti per tesi sulla base dei contatti già esistenti non ha stimolato a proseguire in tale direzione, anche perché sia la diversità tra i curricula nella nostra e nelle altre università che le peculiarità del sistema educativo italiano pongono seri problemi nella stipula di accordi di doppio titolo, più volte presi in considerazione anche con università degli Stati Uniti, ma poi non portati a termine per difficoltà oggettive.

In sintesi, l'elevata internazionalizzazione degli studi rappresenta un aspetto più che soddisfacente al momento attuale, sebbene le potenzialità per la stipula di accordi di doppio titolo siano restiate per gran parte inesprese. Si nota che il Nucleo di Valutazione nel recente Audit ha valutato positivamente gli interventi in atto per migliorare il grado di internazionalizzazione del corso di laurea magistrale.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Le modalità di verifica dell'apprendimento sono descritte formalmente sul portale dedicato (https://esami.unipi.it/esami2/programmi_insegnamenti.php?did=2&cid=57). Ciononostante, la bassa numerosità studentesca rende decisamente informale ed efficace la comunicazione tra studenti e docenti agli scopi dell'informazione sulle modalità d'esame.

Come già detto in precedenza, le difficoltà incontrate dagli studenti stranieri nel prepararsi alle prove orali sono per gran parte dipendenti dalle differenze tra il sistema educativo di provenienza e quello italiano. In questo caso, il tutorato erogato a favore degli studenti che hanno mostrato maggiori difficoltà ad adeguarsi e il carattere pubblico degli esami si sono mostrati un valido aiuto a permettere a molti studenti stranieri di superare queste difficoltà, apprendendo anche dagli studenti italiani le

metodologie di preparazione che risultano efficaci a superare soddisfacentemente le verifiche di profitto.

2-c OBIETTIVI E AZIONI DI MIGLIORAMENTO

Obiettivo n. 1: Ulteriore valutazione di fattibilità della attivazione di doppi titoli
Aspetto critico individuato: Mancanza di accordi di doppio titolo
Azione da intraprendere: Valutare la possibilità di ulteriori sinergie con Università straniere ai fini della realizzazione di uno o più accordi di doppio titolo
Modalità di attuazione dell'azione: Scambi con docenti stranieri e valutazione degli accordi in essere e di nuovi accordi
Scadenza prevista: Anno accademico 2020-2021
Responsabili: Presidente e Vice Presidente del Corso di Laurea Magistrale
Risorse: Fondi per eventuali trasferte e collaborazione dei docenti del CdS
Risultati attesi: Analisi delle possibilità di accordi di doppio titolo, con evidenziazione delle difficoltà e delle opportunità. Se possibile, attuazione di un accordo.

Obiettivo n. 2: Monitorare attentamente le competenze richieste dal mercato del lavoro nel settore nucleare ed adeguare, se necessario, il corso di laurea magistrale, introducendo possibilmente maggiore flessibilità nei profili in uscita.
Aspetto critico individuato: Suggerimento del Nucleo di Valutazione
Azione da intraprendere: Aggiungere sistematicamente uno specifico argomento di discussione nelle sedute del Gruppo del Riesame e, quando opportuno, proseguire la discussione in sede di riunione del Consiglio di CdS
Modalità di attuazione dell'azione: Implicita nel punto precedente
Scadenza prevista: Azione continua
Responsabili: Presidente del Corso di Laurea Magistrale, Gruppo del Riesame
Risorse: Impegno dei docenti e dei rappresentanti degli studenti
Risultati attesi: Analisi delle opportunità per il miglioramento della rispondenza del Corso di Laurea alle richieste del mercato nazionale ed internazionale.

3 – RISORSE DEL CDS

3-a SINTESI DEI PRINCIPALI MUTAMENTI INTERCORSI DALL'ULTIMO RIESAME

Non si compila perché il presente rapporto è il primo Riesame Ciclico sul corso di studio.

3-b ANALISI DELLA SITUAZIONE SULLA BASE DEI DATI

Dotazione e qualificazione del personale docente

Il Corso di Laurea è recentemente passato indenne attraverso un processo decisamente intrusivo di turnover generazionale, che ha visto il pensionamento di un'intera generazione di docenti, soprattutto professori di prima fascia, che ha costituito per decenni il nocciolo didattico del Corso di Laurea del vecchio e dei nuovi ordinamenti. Ciononostante, in nessuna fase di questo processo vi è stato alcun serio problema nel reperire i docenti di riferimento e la copertura dei corsi è stata sempre assicurata con docenza di ruolo, anche con gradualità affiancamenti che hanno favorito la continuità dei programmi degli insegnamenti.

Le tre aree della Fisica dei Reattori Nucleari, SSD ING-IND/18, degli Impianti Nucleari, SSD ING-IND/19, e di Misure e Strumentazione Nucleari, SSD ING-IND/20, hanno fornito in questi anni docenti di ruolo in numero sufficiente alla copertura degli insegnamenti del corso di Laurea Magistrale, anche se, principalmente per ragioni storiche e di consuetudine, si è mantenuta una minima attività didattica esterna, in termini di interventi seminariali, erogata da docenti che sono stati ex-allievi del corso di laurea e che hanno avuto un ripetuto coinvolgimento nelle attività di ricerca del Dipartimento.

Al momento attuale, i corsi sono tutti erogati da docenti dei tre settori suddetti, con l'eccezione del corso di Materiali Nucleari, erogato da due docenti con lunga esperienza nei settori della Chimica e della Metallurgia (di cui un laureato in Ingegneria Nucleare ed uno in Fisica), che sono stati tradizionalmente coinvolti in attività di ricerca anche nel settore nucleare. Come contropartita, i docenti dei tre settori "nucleari" precedentemente menzionati svolgono servizio anche presso altri corsi di laurea della Scuola di Ingegneria e all'esterno di essa. In particolare, i docenti del corso di laurea svolgono compiti di docenza per i corsi di Laurea e Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Energia, Energetica, Biomedica, Meccanica e anche presso la Laurea in Fisica e la Laurea Magistrale in Scienze per la Pace.

Gli avanzamenti nella carriera accademica di docenti dei tre settori che si sono verificati recentemente, insieme alle abilitazioni scientifiche conseguite da altri tra di essi, manifestano l'eccellente qualificazione del personale docente, cosa che ha evidenti riflessi in una generale soddisfazione espressa dagli studenti nei questionari di valutazione della didattica.

Ciononostante, vi è preoccupazione per il reclutamento di future nuove leve. La situazione del corso di laurea in termini di numerosità studentesca rappresenta un fattore di incertezza circa la sua evoluzione ed il suo mantenimento che, nonostante il citato impegno dei docenti del corso per affrontare adeguatamente il problema a livello nazionale ed Europeo, propone incognite al mantenimento di una scuola illustre di docenti dell'Ateneo pisano. L'attrazione di giovani da parte degli studi dottorali nel settore nucleare in Italia e all'estero è ancora elevata, date le ottime opportunità di svolgere ricerca per gli impianti innovativi a fissione e a fusione, ma sarà necessario assicurare adeguate opportunità di reclutamento nei tre settori per garantire un ricambio generazionale graduale e ben pianificato negli anni a venire.

Come risulta ovvio da quanto precedentemente detto circa la bassa numerosità studentesca, si è ben lontani da problematiche relative a quozienti sfavorevoli tra numero di docenti e di studenti. A questo proposito si sottolinea che tradizionalmente, anche in tempi di maggiore attrattiva delle carriere nel settore nucleare (per esempio, negli anni '80) la numerosità degli studenti agli ultimi anni della laurea in Ingegneria Nucleare è sempre stata ridotta, anche a causa della severa selezione tradizionalmente operante nel campo degli studi ingegneristici presso l'Ateneo pisano. Il corso di Laurea in Ingegneria Nucleare è quindi da sempre un corso "di nicchia", con una illustre tradizione ed ex-allievi che occupano posizioni di rilievo nel settore nucleare in Italia e in tutto il mondo.

La corrispondenza tra settori dell'attività didattica e della ricerca dei docenti è molto stretta, permettendo una ricaduta diretta delle loro attività scientifiche su ciò che propongono nelle lezioni accademiche. Ciononostante, non sono mancate negli anni attività di servizio su corsi affini a quello

della propria attività di ricerca, cosa che ha permesso la copertura dei corsi tramite docenza interna, dando luogo allo stesso tempo ad un arricchimento interdisciplinare nella formazione didattica di alcuni docenti. Non vi è un vero e proprio programma di mentoring per i docenti, ma l'assegnazione degli incarichi didattici è eseguita considerando l'esperienza e le specifiche connotazioni dei singoli docenti, soprattutto nel caso dei più giovani, in relazione ai corsi da erogare.

Dotazione di personale, strutture e servizi di supporto alla didattica

La Scuola di Ingegneria e i relativi poli didattici e bibliotecari offrono adeguato supporto alla didattica erogata nell'ambito del corso di laurea. La bassa numerosità studentesca facilita notevolmente la soluzione dei problemi logistici legati, ad esempio, al reperimento di aule per le verifiche di profitto.

L'Ufficio Didattico del Dipartimento di afferenza collabora attivamente con il Presidente del CdS e, quando possibile in relazione alla numerosità dei corsi serviti, partecipa anche alle riunioni del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale e al Gruppo del Riesame. Recentemente il Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale ha eseguito un'analisi sistematica dei processi che coinvolgono il personale del dipartimento nelle sue diverse funzioni, ivi incluso il supporto offerto ai corsi di laurea dall'Ufficio Didattico. I servizi di front-office per gli studenti vengono effettuati con regolarità; non si sono riscontrate lamentele da parte degli studenti in relazione a questi servizi.

Il Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale (DICI), la Scuola di Ingegneria e l'Ateneo pisano sono inoltre dotati di servizi agli studenti e ai corsi di laurea che forniscono supporto a vari livelli. In particolare, essendo gli insegnamenti del corso di laurea erogati in lingua inglese ed accogliendo studenti provenienti da altri paesi, sono di fondamentale supporto le interazioni con l'Ufficio Rapporti Internazionali dell'Ateneo, con cui vi sono scambi frequentissimi in occasione delle procedure di pre-ammissione degli studenti stranieri, e con il Coordinamento di Area per l'Internazionalizzazione del DICI.

3-c OBIETTIVI E AZIONI DI MIGLIORAMENTO

Obiettivo n. 1: Attenzione specifica al reclutamento di nuove leve nella docenza

Aspetto critico individuato: Turnover della docenza

Azione da intraprendere: Mantenere un turnover generazionale stabile nel tempo

Modalità di attuazione dell'azione:

- a) Porre specifica attenzione alle assegnazioni di budget per nuovi ingressi, soprattutto a livello di ricercatori di tipo B, e mantenere un buon livello nel settore della ricerca in modo da supportare nuove assegnazioni e progressioni di carriera
- b) Favorire il clima di collaborazione interdisciplinare tra i docenti dei tre settori scientifico-disciplinari nucleari (ING-IND/18, ING-IND/19 e ING-IND/20), allo scopo di mantenere e sviluppare ulteriormente il carattere di "scuola" del gruppo nucleare pisano
- c) Attrarre agli studi dottorali studentesse e studenti brillanti e formarli adeguatamente anche in vista di un possibile impiego accademico.

Scadenza prevista: Impegno continuo da verificare almeno annualmente

Responsabili: La responsabilità di questa azione è necessariamente da condividersi tra il Presidente di CdS, i docenti che partecipano alle Commissioni Risorse e quelli che fanno parte dei Consigli di Dottorato

Risorse: Nessuna risorsa specifica

Risultati attesi: Mantenimento e miglioramento dell'attuale compagine dei docenti, anche in previsione di futuri pensionamenti.

4 – MONITORAGGIO E REVISIONE DEL CDS

4-a SINTESI DEI PRINCIPALI MUTAMENTI INTERCORSI DALL'ULTIMO RIESAME

Non si compila perché il presente rapporto è il primo Riesame Ciclico sul corso di studio.

4-b ANALISI DELLA SITUAZIONE SULLA BASE DEI DATI

Contributo dei docenti e degli studenti

Tra i vantaggi della bassa numerosità studentesca, vi è anche un rapporto diretto tra studenti e docenti che permette di affrontare e risolvere prontamente ogni esigenza legata al miglioramento del corso di laurea. A titolo di esempio, si menziona che, nel momento in cui venne considerata una possibile sostanziale riformulazione del curriculum del corso di studio, non essendovi ancora sul portale “esami” una raccolta sistematica dei programmi, furono proprio i rappresentanti degli studenti a raccogliere il materiale necessario per operare un accurato cross-check degli argomenti dei vari corsi, allo scopo di meglio armonizzarne l’interazione.

L’organizzazione e la gestione degli appelli avvengono con flessibilità, cercando di accogliere le istanze degli studenti, pur nel rispetto delle normative vigenti, cosa che mantiene all’interno del corso di laurea un clima costruttivo di cordialità. Negli anni oggetto di questo riesame, gli studenti hanno ricevuto continua attenzione per le problematiche da essi sollevate, tanto dagli organi del Corso di Laurea Magistrale che dai singoli docenti.

I risultati dell’elaborazione dei questionari degli studenti vengono inviati dal Presidente ai singoli docenti nella loro forma integrale e vengono discussi dal Gruppo del Riesame e nelle riunioni del Consiglio e della Commissione Paritetica nelle forme suggerite dall’Ateneo. I reclami degli studenti sono normalmente gestiti dai docenti interessati, a meno che non ne venga investito il Presidente del Corso di laurea, che adotta i provvedimenti di sua competenza, sempre nel clima collaborativo che si è riusciti ad instaurare.

Pur non esistendo una procedura codificata per avanzare reclami da parte degli studenti, la presenza dei rappresentanti degli studenti nel Consiglio, nella Commissione Didattica Paritetica e nel Gruppo del Riesame, insieme alla frequentazione quotidiana e ai contatti informali via e-mail, fornisce numerose occasioni per avanzare richieste da parte degli studenti con la certezza di essere adeguatamente ascoltati nei modi e nelle sedi opportune. La presidenza del Corso di Laurea Magistrale, in particolare, è sempre disponibile a ricevere gli studenti per dare ascolto alle loro richieste.

L’Audit condotto recentemente dal Nucleo di Valutazione (NdV), pur rilevando il clima di franchezza e apertura che caratterizza lo scambio di opinioni sul corso di laurea tra docenti e studenti, ha dato luogo al seguente suggerimento: “Il positivo rapporto personale con gli studenti rischia di non permettere la realizzazione di un generale processo di miglioramento; il NdV auspica che si trovi il modo di formalizzare i contatti personali affinché diventino patrimonio comune”. Questa osservazione verrà certamente tenuta in debito conto, pur rilevando che le occasioni formali a disposizione degli studenti per avanzare le loro richieste in relazione al corso di studio sono numerose: aggiungere a tutto questo un clima di informalità favorito dalla bassa numerosità studentesca non toglie certamente valore a queste occasioni formali di scambio.

Coinvolgimento degli interlocutori esterni

Come menzionato in precedenza, gli interlocutori esterni che interagiscono con il Corso di Laurea Magistrale per fornire occasioni di stage e tirocinio agli studenti sono numerosi e gli esiti occupazionali sono soddisfacenti. Le occasioni di interazione con le parti esterne sono anche legate alle attività seminariali che vengono organizzate con adeguata frequenza, invitando rappresentanti nazionali e internazionali del mondo della ricerca e dell’industria a proporre i risultati delle proprie esperienze a studenti e docenti.

A valle degli stage per tesi, si richiede sempre una valutazione della performance dello studente, in modo da evidenziare l’andamento generale dell’apprendimento e del livello di maturità raggiunto da parte degli studenti. Come già menzionato, in più occasioni (anni 2015 e 2018) si sono richiesti pareri complessivi sugli studenti ricevuti per stage e sulla loro formazione, allo scopo di giudicare l’efficacia del Corso di Laurea nel raggiungimento degli obiettivi didattici.

Interventi di revisione dei percorsi formativi

Come detto in altri quadri, il problema di un possibile cambiamento del percorso formativo è stato affrontato con serietà, anche in relazione alla bassa numerosità studentesca ed alla possibilità di coinvolgere un più vasto intervallo di opzioni circa la figura professionale in uscita dal corso di laurea. Al momento attuale, si è mantenuto il profilo che fa capo al paradigma Europeo dell'EMSNE, più volte citato, anche se si è aperti a norma di regolamento a percorsi personalizzati che introducano una maggiore varietà. E' necessario comunque considerare a questo proposito che il profilo professionale attuale, dotato di competenze nei tre settori scientifico-disciplinari della Fisica dei Reattori, degli Impianti Nucleari e di Misure e Strumentazione Nucleari, è largamente flessibile e tale da garantire carriere in ciascuno di essi, con competenze interdisciplinari.

Una recente riflessione sulle abilità in uscita degli studenti ha condotto all'introduzione di un corso a scelta riguardante i "codici" di calcolo adottati per i reattori nucleari. Il corso, affidato ad una docenza relativamente giovane, ha lo scopo di fornire agli studenti capacità nell'utilizzazione di codici di calcolo termoidraulico, neutronico e meccanico-strutturale. L'esperienza del primo anno di erogazione del corso è stata positiva e sta fornendo indicazioni circa il suo futuro consolidamento.

Il monitoraggio degli esiti occupazionali viene effettuato sistematicamente tramite i risultati delle indagini del Consorzio AlmaLaurea messe a disposizione dall'Ateneo e tramite la pagina LinkedIn dedicata allo scopo. I dati ad esso relativi vengono discussi nel Gruppo del Riesame ed in Consiglio di Corso di Laurea.

L'attenzione nei confronti dei suggerimenti provenienti dagli studenti circa l'erogazione dei corsi è sempre presente. Recentemente alcuni rappresentanti degli studenti hanno avanzato la richiesta che i corsi da 12 CFU erogati su due semestri vengano tenuti in forma intensiva in un solo semestre. Si tratta di una proposta di non facile attuazione, per l'impegno intensivo che richiede ai docenti, coinvolti anche in attività di ricerca particolarmente impegnative e in impegni aggiuntivi di docenza, che certamente possono collidere con l'erogazione intensiva degli insegnamenti. La proposta è comunque all'esame dei membri del Consiglio e se ne discuterà a breve, valutandone gli aspetti positivi e quelli che risulterebbero controproducenti.

4-c OBIETTIVI E AZIONI DI MIGLIORAMENTO

Obiettivo n. 1: Maggiore razionalizzazione della distribuzione dei corsi nei semestri
Aspetto critico individuato: Esigenza di miglioramento della distribuzione evidenziata dagli studenti
Azione da intraprendere: Possibile revisione della distribuzione degli insegnamenti nei semestri
Modalità di attuazione dell'azione: Discussioni nelle Riunioni del Consiglio di CdS
Scadenza prevista: Anno Accademico 2019-2020
Responsabili: Presidente del Consiglio di Corso di Laurea Magistrale e Consiglio di CdS
Risorse: N/A
Risultati attesi: Esame delle opportunità di miglioramento

5 – COMMENTO AGLI INDICATORI DELLE SCHEDE DI MONITORAGGIO ANNUALE

5-a SINTESI DEI PRINCIPALI MUTAMENTI INTERCORSI DALL'ULTIMO RIESAME

Non si compila perché il presente rapporto è il primo Riesame Ciclico sul corso di studio.

5-b ANALISI DELLA SITUAZIONE SULLA BASE DEI DATI

Commento dettagliato agli indicatori

1. Gli indicatori relativi alla numerosità studentesca (iC00a, iC00b, iC00c, iC00d, iC00e, iC00f) mostrano chiaramente l'effetto della disattivazione della laurea di riferimento, che ha comportato una riduzione degli avvisi di carriera e dei parametri ad essi conseguenti; anche sulla base delle numerosità massime raggiunte nel periodo di riferimento, comunque, il corso di laurea si caratterizza come un corso di nicchia;
- Gli indicatori relativi alla didattica (Gruppo A) mostrano quanto segue:
 - iC01: si riscontra un andamento fluttuante degli iscritti con almeno 40 CFU, con valori inizialmente paragonabili alla media di ateneo, ma inferiori a quelli dell'area geografica;
 - iC02: la percentuale di laureati entro la durata nominale appare inizialmente buona, ma in decrescita;
 - iC04: la percentuale di iscritti al primo anno provenienti da altro ateneo è decisamente superiore alla media di ateneo e a quella dell'area geografica ed è in crescita;
 - iC05: il rapporto tra studenti e docenti conferma il problema della bassa numerosità;
 - iC06, iC06BIS, iC06TER: valori nulli in tutte le colonne, nessun commento rilevante;
 - iC07, iC07BIS, iC07TER: i dati del 2016 sono nulli o irrisori, cosa che evidenzia qualche problema di elaborazione statistica; i dati del 2017 rivelano una buona o totale occupabilità;
 - iC08: tutti i docenti degli anni considerati appartengono ai SSD caratterizzanti;
 - iC09: il valore di qualità della ricerca è 0.9 in tutti gli anni, identico a quello medio di ateneo, lievemente inferiore a quello dell'area geografica pari ad 1.
- Gli indicatori relativi alla internazionalizzazione (Gruppo B) mostrano quanto segue:
 - iC10: i valori bassi o nulli indicano il noto problema che, sebbene la maggior parte degli studenti abbia svolto tesi all'estero da circa un decennio, essa non è stata conteggiata in passato come periodo speso all'estero, perché normalmente al di fuori del programma ERASMUS: l'appartenenza ad ENEN e i contatti diretti dei docenti hanno indirizzato verso canali diversi di sponsorizzazione; solo recentemente si è provveduto a registrare anche questi crediti come svolti all'estero, come è accaduto in realtà; il dato non è quindi attendibile nella sostanza, pur essendolo nella forma;
 - iC11: idem come sopra;
 - iC12: i valori di questo indicatore sono un segno evidente dell'arrivo di studenti stranieri non appena si siano erogate lezioni in lingua inglese;
- Gli ulteriori indicatori relativi alla valutazione didattica (Gruppo E) mostrano quanto segue:
 - iC13: la percentuale di CFU conseguiti al primo anno è in linea (con piccolo difetto) con i valori di ateneo, i quali sono però inferiori a quelli di media regionale;
 - iC14: tutti gli studenti proseguono nel secondo anno; vi è evidentemente una singola eccezione nel 2016;
 - iC15, iC15BIS: la percentuale di studenti che proseguono al secondo anno con almeno 20 CFU fluttua con un valore inizialmente inferiore e poi superiore alla media di ateneo, entrambi inferiori ai valori regionali;
 - iC16, iC16BIS: la percentuale di studenti che proseguono al secondo anno con almeno 40 CFU cresce lievemente restando di poco inferiore ai valori medi di ateneo;
 - iC17: la percentuale di laureati entro un anno oltre la durata normale è in decrescita in controtendenza con i valori medi di ateneo, partendo però da valori ben superiori;
 - iC18: la percentuale di laureati che si iscriverebbero di nuovo allo stesso corso è decisamente più alta dei valori medi di ateneo e regionali;
 - iC19: la percentuale di docenza erogata da docenti a tempo determinato evidenzia un recente turnover generazionale (docenti in quiescenza che hanno continuato ad erogare didattica per pochi anni) e l'acquisizione di ricercatori a tempo determinato;
- Gli indicatori di approfondimento - percorso di studio e regolarità carriere mostrano quanto segue:
 - iC21: la percentuale di studenti che proseguono la carriera nel sistema universitario al secondo anno è sempre il 100%;

- iC22: la percentuale di studenti che si laureano entro la durata normale è notoriamente bassa per le lauree in ingegneria; si nota una crescita parallela a quella della media di ateneo;
- iC23: la percentuale di alunni che proseguono al secondo anno in ateneo differente è nulla;
- iC24: la percentuale di abbandoni, fatta salva la limitata numerosità su cui viene valutata, è nulla o pressoché tale;
- Gli indicatori di approfondimento – soddisfazione e occupabilità mostrano quanto segue:
 - iC25: la percentuale di laureandi complessivamente soddisfatti è elevata e più alta di tutti gli altri dati di confronto;
 - iC26, iC26BIS, iC26TER: la percentuale di occupati ad un anno dal titolo è più elevata dei dati di confronto, salvo un dato sorprendente e di difficile interpretazione in relazione all'anno 2015;
- Gli indicatori di approfondimento – consistenza e qualificazione del corpo docente mostrano quanto segue:
 - iC27: il rapporto iscritti/docenti è minore che nei dati di confronto, a causa della bassa numerosità studentesca;
 - iC28: come sopra, con riferimento al primo anno.

Commento generale

Nel complesso, gli indicatori dipingono un corso il cui unico aspetto critico è la bassa numerosità studentesca. Non vi sono anomalie sostanziali in relazione ad altri dati che non siano in diretta relazione con questo unico dato di sofferenza. Il problema è ben noto a tutti i docenti, che cooperano con il Presidente nelle iniziative in atto per aumentare l'attrattiva del corso. La soddisfazione dei laureandi è un dato importante che mostra che mostra il gradimento per il percorso di studio offerto.

Un numero molto ristretto di dati statistici è di difficile interpretazione e può essere probabilmente correlato alla bassa numerosità, che impedisce un'elevata significatività dal punto di vista statistico di alcuni dati.

5-c OBIETTIVI E AZIONI DI MIGLIORAMENTO

(si veda analogo obiettivo al punto 1c)

Obiettivo n. 1: Incrementare la numerosità studentesca in ingresso (priorità massima)

Aspetto critico individuato: Bassa numerosità

Azioni da intraprendere:

Dal momento che questo aspetto di criticità è per gran parte indipendente dalle scelte specifiche del corso di laurea ed è comune a tutta l'area Europea, sembra opportuno continuare con le azioni elencate in precedenza e che vengono nuovamente segnalate:

- a) costante pubblicizzazione del corso tramite le iniziative di Ateneo a favore dei corsi di laurea in lingua inglese;
- b) messa a bando di contributi di studio per incentivare l'iscrizione di studenti italiani e loro pubblicizzazione tramite i servizi del Consorzio Almalaurea;
- c) pubblicizzazione del corso di laurea tramite i social networks, con pagine e gruppi dedicati su Facebook e LinkedIn;
- d) partecipazione alle iniziative di orientamento in ingresso della Scuola di Ingegneria (Open Days);
- e) pubblicizzazione delle opportunità di stage per tesi magistrali presso università e centri di ricerca europei ed internazionali;
- f) pubblicizzazione presso gli studenti della laurea in Fisica dei due corsi a scelta recentemente attivati per fornire competenze ingegneristiche ai relativi laureati, favorendone l'iscrizione alla laurea magistrale in Ingegneria Nucleare;
- g) partecipazione alle iniziative messe in atto a livello internazionale per attrarre e trattenere studenti nelle carriere nucleari;
- h) iniziative seminariali e di discussione su aspetti rilevanti per le tematiche nucleari;
- i) valutare ed, eventualmente, estendere l'esperienza di erogazione dei corsi in e-learning.

Modalità di attuazione dell'azione: implicita nella descrizione di cui sopra.

Scadenza prevista: Annuale

Responsabili: Presidente del Corso di Laurea Magistrale

Risorse: Impegno dei docenti, risorse finanziarie e di personale assegnate al Corso di Laurea Magistrale dal Dipartimento di afferenza

Risultati attesi: Mantenimento di un adeguato livello di attenzione in relazione alle tematiche del nucleare e maggiore attrazione di studenti dalle lauree triennali.