



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Dipartimento Fusione e Tecnologie
per la Sicurezza Nucleare
Il Direttore

Frascati, 08/04/2022

ENEA/2022/26040/ FSN

Ministero della Transizione Ecologica
Direzione Generale Valutazioni Ambientali
Portale delle Valutazione e Autorizzazioni
Ambientali VIA-VAS-AIA

va@pec.mite.gov.it

Oggetto: Valutazioni relative alla Consultazione Pubblica nel Procedimento di valutazione di impatto ambientale transfrontaliera relativa all'estensione del ciclo di vita dal 2023 al 2043 della centrale nucleare di Krško, ricadente sotto l'autorità della Repubblica di Slovenia.

Rif.: *Vs. Protocollo nr: 33879 - del 16/03/2022*

Con la presente si trasmette il documento riportante l'analisi della documentazione relativa all'estensione di 20 anni della vita utile (Long-Term Operation, LTO) dell'impianto nucleare di Krško (Nuklearna Elektrarna Krško, NEK), inizialmente prevista in 40 anni, prorogandola dal 2023 al 2043.

Qui di seguito i punti salienti e le conclusioni: per una trattazione più approfondita si rimanda al documento allegato.

- In funzione della LTO, è stata richiesta all'IAEA dal NEK una missione ufficiale di analisi sulla sicurezza per la LTO dell'impianto: il team IAEA ha potuto identificare una serie di buone pratiche e buone performance e ha anche fornito alcune raccomandazioni per migliorare ulteriormente la preparazione alla LTO stessa.
- In generale, il livello di sicurezza di NEK può dirsi molto elevato: dal settembre 2011 al dicembre 2021 la Slovenia ha fornito annualmente ad ENSREG i necessari documenti a supporto dei cosiddetti Stress Test post-Fukushima, ed ha fornito evidenza delle varie migliorie tecniche apportate nel tempo, necessarie non solo alla manutenzione ordinaria dell'impianto, ma anche a quella funzionale all'estensione della vita utile.
- Sono state fatte importanti migliorie di sicurezza (sistemi passivi e attivi e bunker antisismico per l'alloggiamento di ulteriori sistemi di sicurezza con alimentazione indipendente).

- Per quanto riguarda le analisi di **impatto transfrontaliero**, quelle tipicamente richieste sono due: quella legata al normale funzionamento del reattore, e quella legata alle conseguenze di ipotetici incidenti nucleari.
 - In relazione al **normale funzionamento del reattore**, le conclusioni riportate nel rapporto sloveno (EIA §6.3) appaiono assolutamente condivisibili.
 - In relazione alle conseguenze di **ipotetici incidenti nucleari**, le considerazioni riportate nel rapporto sloveno (EIA §6.4) appaiono condivisibili nelle conclusioni; nel rapporto vengono presi in esame due scenari incidentali: in entrambi i casi non possono verificarsi conseguenze transfrontaliere verso l'Italia, né sulla salute della popolazione, né sull'ambiente.

Le conseguenze radiologiche nulle per l'Italia per entrambi gli scenari risultano pienamente in linea con i molti calcoli effettuati da ENEA negli ultimi dieci anni, una volta che i Termini Sorgente siano opportunamente riscaldati a quelli del rapporto di EIA.

- Nel rapporto di EIA sloveno non appaiono molto sviluppati e trattati scenari incidentali che vedano coinvolte le piscine di combustibile. Tuttavia, l'incidente di Fukushima ha messo in evidenza le potenziali vulnerabilità legate ad incidenti innescati dal possibile danneggiamento strutturale su base sismica delle piscine, qualora questo avvenga in concomitanza con lo svuotamento del nocciolo e la mancanza di energia elettrica. Le piscine di combustibile non sono all'interno del contenimento, ma in un edificio ausiliario con proprietà meccaniche e di ritenzione dei radionuclidi nettamente inferiori a quelle dei contenimenti primari. Va però menzionato che nel 2023 è prevista la costruzione di un deposito a secco per il combustibile esausto, che permetterà di alleggerire l'inventario di prodotti di fissione a lunga vita nella piscina di combustibile di Krsko.

In conclusione, si ritiene di poter quindi avallare le valutazioni tecnico-scientifiche riportate nel rapporto di EIA di NEK e di concludere che un LTO per altri 20 anni non comporterà aggravati di rischi in termini di impatto transfrontaliero.

Alessandro Dodaro

Firmato digitalmente da: Alessandro Dodaro
Organizzazione: ENEA/01320740580
Data: 08/04/2022 14:30:29

Analisi della documentazione relativa all'estensione di vita utile dell'impianto nucleare di Krsko

Federico Rocchi, Antonio Cervone, Antonio Guglielmelli
Dipartimento Fusione e tecnologie per la Sicurezza Nucleare - ENEA

Slovenia e Croazia, in considerazione del parere favorevole espresso dall'Autorità di Sicurezza Nucleare slovena, hanno deciso congiuntamente di supportare l'estensione di vita utile (Long-Term Operation, LTO) dell'impianto nucleare di Krsko (più comunemente NEK, dal nome dell'operatore Nuklearna Elektrarna Krško), inizialmente prevista in 40 anni, per ulteriori 20, ovvero prorogandola dal 2023 al 2043. In relazione a ciò, ed in accordo con la Direttiva europea **Environmental Impact Assessment Directive** (Directive 2011/92/EU) e la **Convenzione di Espoo** (Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context), la Slovenia ha sottoposto ai propri paesi confinanti la documentazione relativa, tra cui il rapporto di Valutazione di Impatto Ambientale (Environmental Impact Assessment, **EIA**).

I casi di controversie legate alla mancanza di predisposizione di un EIA prima dell'autorizzazione di LTO sono numerosi, molti dei quali sono stati portati da alcune ONG all'esame dell'Implementation Committee della Convenzione di Espoo: reattore di Borssele in Olanda, reattori 1 e 2 di Doel e 1 di Tihange in Belgio, i reattori di Dukovany in Repubblica Ceca, alcuni reattori in Ucraina, due reattori a Kozloduy in Bulgaria, ecc.

Le suddette Direttiva e Convenzione lasciano purtroppo molti punti in sospeso relativamente all'obbligatorietà o meno di produrre un EIA transfrontaliera in relazione alla LTO degli impianti nucleari, pertanto, per ovviare a queste problematiche, nel 2020 è stata pubblicata la "Guidance on the Applicability of the [Espoo] Convention to the lifetime extension of nuclear power plants". Benchè questa Guidance chiarisca molti aspetti, rimangono tuttavia soggetti ad interpretazione alcuni elementi importanti. Risulta dunque decisamente apprezzabile che la Slovenia abbia prodotto la EIA transfrontaliera oggetto di consultazione pubblica.

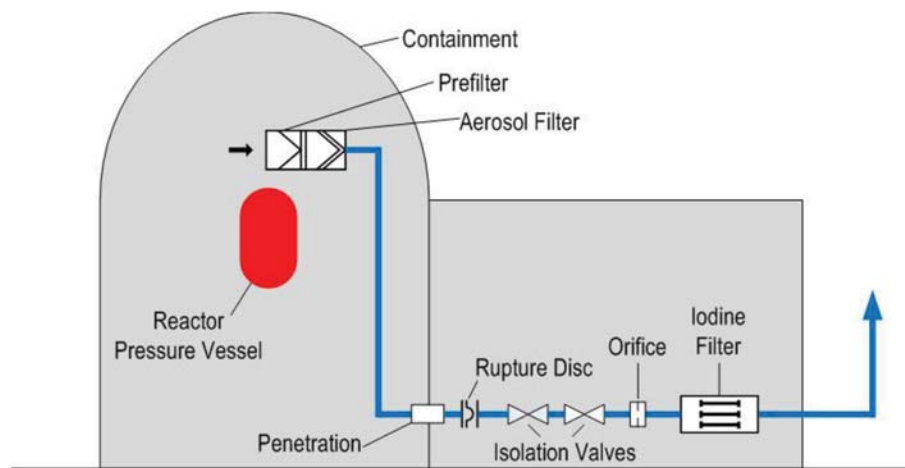
In funzione della LTO, NEK ha recentemente ed ufficialmente richiesto ad IAEA una **SALTO** (Safety Aspects of Long-Term Operation) **Review Mission**. Una **Pre-SALTO Review Mission** si è svolta a Krsko dal 4 al 14 ottobre dello scorso anno. In relazione alla LTO di NEK, il team IAEA ha potuto identificare una serie di buone pratiche e buone performance che saranno condivise a livello internazionale con tutta l'industria nucleare. Il review team ha anche fornito alcune raccomandazioni per migliorare ulteriormente la preparazione alla LTO, tra cui la predisposizione di un piano dettagliato in previsione della **terza Periodic Safety Review**, che inizierà tra fine 2022 ed inizio 2023, proprio a supporto della sicurezza della LTO stessa. Per quanto riguarda i necessari programmi di **aging management (Aging Management Program, AMP)**, IAEA ha anche puntualizzato che quanto già in essere soddisfa gli standard di sicurezza IAEA.

In generale, il livello di sicurezza di NEK può dirsi molto elevato: dal settembre 2011 al dicembre 2021 la Slovenia ha fornito annualmente ad ENSREG i necessari documenti a supporto dei cosiddetti **Stress Test** post-Fukushima, ed ha fornito evidenza delle varie migliorie tecniche apportate nel tempo, necessarie non solo alla manutenzione ordinaria dell'impianto, ma anche a quella funzionale all'estensione della vita utile. Degni di menzione per il prosieguo del discorso sono due importanti sistemi di mitigazione delle conseguenze di incidenti severi: l'installazione di 20 Passive Autocatalytic Recombiners (**PARs**), specifici per condizioni di Design Extension Condition di tipo B (DEC-B), in grado di proteggere il contenimento da rischi legati all'accumulo di gas combustibili (ad esempio idrogeno), che vanno ad aggiungersi ad altri due PARs pensati invece per condizioni di Design Basis Accident (DBA), e l'installazione, alla fine del 2013, di un Passive Containment Filtered Venting System (**PCFVS**), del tipo a secco, dotato di filtri per aerosol e iodio. Tale sistema è interamente passivo, nel senso che è in grado di sfogare verso l'esterno tramite un "disco a rottura" tarato opportunamente per non far superare le pressioni di progetto del contenimento stesso. Lo sfogo avviene tramite un condotto (indicato dalla freccia rossa nella figura seguente) installato lungo una

direttrice del cilindro di involucro del contenimento. Nel caso specifico di NEK, il prefiltro ed il filtro per gli aerosol, realizzati a fibre metalliche, sono stati installati nel contenimento, mentre il filtro a setaccio molecolare con zeoliti per lo iodio (elementale ed organico) è nell'edificio ausiliario. Tale sistema non richiede manutenzioni particolari, od altri sistemi a supporto (quali ad esempio controllo chimico, riscaldamento, essiccazione, ecc.); le valvole di isolamento sono ovviamente sempre Aperte.



Il sistema, denominato commercialmente DFM (cfr. schema seguente), è stato fornito da Westinghouse ed è stato recentemente installato anche in altri impianti europei.



Altre importanti migliorie di sicurezza rilevanti per le analisi EIA transfrontaliere e degne di essere menzionate sono quelle implementate nella cosiddetta terza (ed ultima) fase della **safety upgrade**. Tale fase, iniziata nel settembre 2017 e conclusasi nel 2021, è stata appaltata all'italiana ANSALDO Nucleare, ed è consistita nella costruzione di un edificio bunkerizzato ed antisismico per l'alloggiamento di due ulteriori sistemi di sicurezza, con alimentazione indipendente (generatore diesel da 2 MW), in grado di fornire un'ulteriore linea di difesa e prevenzione/protezione contro gli incidenti severi: un sistema di *alternative auxiliary feedwater (AAF)* in grado di fornire acqua demineralizzata ai due generatori di vapore, ed un sistema di *alternative safety injection (ASI)* in grado di fornire fino a 1600 m³ di acqua borata al vessel del reattore tramite una pompa ad alta pressione. Entrambi i sistemi sono dotati di serbatoi di acqua che

possono essere riempiti e riforniti da un pozzo sotterraneo in prossimità dell'edificio bunkerizzato o tramite mezzi mobili esterni in caso di emergenze. Sia l'AAF che l'ASI possono essere operati sia dalla sala controllo principale che dalla sala di controllo di emergenza. La seguente figura mostra l'edificio bunkerizzato.



Sempre nel 2021, ma tra le modifiche previste nella seconda fase di safety upgrade, NEK ha completato l'installazione di un altro sistema di sicurezza aggiuntivo per la prevenzione dei DEC-B, ovvero un Alternate Residual Heat Removal System (**ARHR**). Tale sistema preleva refrigerante dalle gambe calde del primario, lo raffredda tramite un opportuno scambiatore di calore, e lo reinietta in gamba fredda; in aggiunta è in grado di ricircolare acqua nel primario prelevandola dalla sump del contenimento ed eventualmente di utilizzarla per gli spray del contenimento stesso.

Per quanto riguarda le analisi di **impatto transfrontaliero**, quelle tipicamente richieste sono due: quella legata al normale funzionamento del reattore, e quella legata alle conseguenze di ipotetici incidenti nucleari.

In relazione al **normale funzionamento del reattore**, le conclusioni riportate nel rapporto sloveno (EIA §6.3) appaiono assolutamente condivisibili. Le necessarie modifiche apportate all'impianto negli ultimi 20 anni circa, al fine di garantire e migliorare le condizioni di safety nucleare anche in relazione ad un'estensione della vita operativa dello stesso, portano a ritenere che il normale funzionamento dell'impianto avrà i medesimi impatti attuali od addirittura impatti inferiori agli attuali. Poiché tali impatti sono attualmente nulli per l'Italia, tali continueranno ad essere anche in caso di operatività dell'impianto per ulteriori 20 anni. Analoghe considerazioni valgono per le attività connesse al futuro **decommissioning** dell'impianto e la gestione in sicurezza del **combustibile esausto**.

In relazione alle **conseguenze di ipotetici incidenti nucleari**, le considerazioni riportate nel rapporto sloveno (EIA §6.4) appaiono condivisibili nelle conclusioni, anche in relazione a quanto detto più sopra, ma meritano alcune precisazioni ed alcuni commenti. Sono questi, infatti, i casi da analizzare più approfonditamente, in quanto solamente in caso di incidente nucleare severo (DEC-B) si potrebbe avere un impatto transfrontaliero sull'Italia.

Nel rapporto EIA vengono presi in esame due scenari incidentali con possibile emissione di contaminanti radioattivi aerotrasportabili: un DBA (**Large-Break Loss of Coolant Accident**) ed un DEC-B (**Loss of all AC Power Supply + 24h Loss of Operating Crew**).

Per entrambi gli scenari, i calcoli presentati nell'EIA sono fatti con strumenti computazionali adeguati, sia per la parte di incidente severo che per la parte di conseguenze radiologiche. Alcuni dati, potenzialmente

necessari ad una più completa valutazione delle metodologie di calcolo adottate, sono apparentemente riportati in un documento spesso citato in bibliografia (Calculation of doses at certain distances for Design Basis (DB) and Beyond Design Basis (BDB) accidents at NPP Krško (No. FER-ZVNE/SA/DA-TRO3/21-0), FER-MEIS, 2021) che però non è disponibile. Sarebbe utile poterne **avere copia**, anche tramite stipula di un opportuno **Non-Disclosure Agreement**, qualora necessario, tra ENEA e l’Autorità di Sicurezza Slovena.

Nel primo scenario si ipotizza correttamente, come per ogni incidente DBA, l’integrità del contenimento, e dunque la fuoriuscita di radionuclidi verso l’ambiente avviene con ratei molto bassi (natural leak rate) e con quantitativi molto modesti. Gli spray del contenimento sono supposti funzionare correttamente. Sotto tali ipotesi il Termine Sorgente che si ottiene è dunque modesto, e non è in grado di produrre conseguenze transfrontaliere verso l’Italia, né sulla salute della popolazione, né sull’ambiente. Si rammenta che la distanza tra Krsko ed il confine italiano è di circa 130 km.

Il secondo scenario ipotizza un Loss of Off-Site Power Supply, il fallimento dei generatori diesel di emergenza, e perdite dalle valvole delle pompe del circuito primario. In conseguenza di ciò, avviene anche un incidente di LOCA per il quale sono ipotizzati l’incapacità di compensazione di inventario di acqua primaria, il conseguente scoprimiento del nocciolo, la sua fusione, il fallimento del reactor vessel e il successivo MCCI. Si tratta di un DEC-B particolarmente severo. La pressione nel contenimento aumenta sino a 6 bar, oltre i quali viene ipotizzato funzionare il nuovo sistema passivo **PCFVS**, descritto più sopra, in grado di sfogare il contenimento verso l’esterno, riducendo però moltissimo le emissioni in atmosfera grazie alla filtrazione di aerosol e iodio. I fattori di filtrazione usati nel calcolo riportato nell’EIA **appaiono alti**, ma va detto che le conclusioni non variano molto se anche questi dovessero essere ridotti di un ordine di grandezza. Entro 24 ore dall’inizio dell’incidente è calcolata avvenire la rottura del disco del PCFVS, con un unico rilascio in atmosfera di circa 3 ore. Dopo 24 ore dall’inizio dell’incidente, è dato credito all’avvio del sistema attivo **ARHR**, descritto più sopra, in grado di raffreddare il contenimento stesso per lunghi periodi. Il risultato, sotto tali ipotesi, è che anche in questo scenario il contenimento del reattore rimane intatto. Il Termine Sorgente che si ottiene per questo incidente è quindi modesto, e non è in grado di produrre conseguenze transfrontaliere verso l’Italia, né sulla salute della popolazione, né sull’ambiente.

Le conseguenze radiologiche nulle per l’Italia per entrambi gli scenari risultano pienamente in linea con i molti calcoli effettuati da ENEA negli ultimi dieci anni, una volta che i Termini Sorgente siano opportunamente riscalati a quelli del rapporto di EIA.

In generale si può dire che la forte riduzione delle emissioni in atmosfera per i due scenari usati a riferimento nell’EIA deriva dalla conclusione che, in entrambi, il contenimento rimane intatto; nel primo caso grazie alle salvaguardie tipiche di uno scenario DBA, nel secondo grazie alle migliorie apportate all’impianto negli ultimi anni.

L’ipotesi di contenimento completamente intatto nelle analisi slovene potrebbe a prima vista apparire contraddittoria con quanto assunto nel Piano Nazionale per la Gestione delle Emergenze Radiologiche e Nucleari che considera il sito di Krsko, e non solo, tra quelli frontaliere a riferimento per le analisi delle conseguenze. Il Termine Sorgente utilizzato nel Piano Nazionale è riconducibile ad un incidente classificabile come INES 7, e con rilasci in atmosfera, derivanti dalla perdita (parziale) della funzione del contenimento, ad esempio dell’ordine di $1E16$ Bq di $137Cs$, ovvero 3-4 ordini di grandezza maggiori di quelli riportati nell’EIA sloveno. Ciò non deve tuttavia sorprendere, poiché lo scopo del Piano Nazionale per la Gestione delle Emergenze Radiologiche e Nucleari, in linea con quello degli altri paesi europei, è proprio quello di creare i presupposti per poter gestire situazioni che vadano oltre ciò che è ragionevole pensare e prevedere sulla base dei soli dati tecnico-scientifici di status pre-emergenza di un impianto nucleare. Si condivide pertanto appieno la frase nell’Appendice 9 del Piano Nazionale per la Gestione delle Emergenze Radiologiche e Nucleari: “La scelta di confermare l’assunzione fatta nel 2006 [relativa al Termine Sorgente] è oltremodo supportata dagli esiti dell’incidente di Fukushima del marzo 2011, che ha confermato come gli

incidenti severi classificabili al livello 7 della scala INES, non possano essere del tutto esclusi, **in particolare in materia di pianificazione di emergenza**, dove la risposta che deve essere prevista a seguito di una emergenza, costituisce di fatto **l'ultima barriera** a protezione della salute della popolazione”.

In definitiva, per gli scopi delle EIA transfrontaliere, le ipotesi riportate nel documento sloveno sono assolutamente condivisibili, poiché correttamente derivanti da probabilità o frequenze di accadimento (Probabilistic Safety Analysis, PSA, di livello 1 e 2) enormemente ridotte rispetto a quelle dell'impianto nella sua configurazione originaria, e tali da poter essere trascurate praticamente, consentendo quindi l'LTO stessa di NEK. Allo stesso tempo, tuttavia, non sono nulle e dunque giustificano le assunzioni tecniche alla base del Piano Nazionale per la Gestione delle Emergenze Radiologiche e Nucleari.

Nel rapporto di EIA sloveno non appaiono molto sviluppati e trattati scenari incidentali che vedano coinvolte le **piscine di combustibile**. Tuttavia, l'incidente di Fukushima ha messo in evidenza le potenziali vulnerabilità legate ad incidenti innescati dal possibile danneggiamento strutturale su base sismica delle piscine, qualora questo avvenga in concomitanza temporale ad outage con svuotamento del nocciolo e Complete Station Blackout. Si rammenta infatti che in un reattore di tipo PWR le piscine di combustibile non sono all'interno del contenimento, ma in un edificio ausiliario con proprietà meccaniche e di ritenzione dei radionuclidi nettamente inferiori a quelle dei contenimenti primari. In relazione a ciò, va menzionato che nel 2023 è prevista la costruzione di un deposito a secco per il combustibile esausto, che permetterà di alleggerire l'inventario di prodotti di fissione a lunga vita nella piscina di combustibile di Krško. In ogni caso, nella seconda fase di safety upgrade di NEK, sono stati installati un nuovo sistema di spray nella piscina, un sistema di raffreddamento alternativo con scambiatore di calore mobile per l'acqua della piscina stessa, ed un sistema di depressurizzazione dei locali in grado di limitare il carico meccanico strutturale in caso di generazione di vapore o gas. Le analisi sismiche condotte all'epoca degli Stress Test post-Fukushima indicano inoltre che la probabilità di danneggiamento strutturale della piscina di combustibile per terremoto è molto bassa, essendo la frequenza di ricorrenza di un sisma in grado di danneggiarla inferiore a 1 ogni 50000 anni. Più in generale, la probabilità di avere uno scenario DEC per la piscina di combustibile viene stimata essere di circa 1 a un miliardo di anni. Tale probabilità è riportata nel succitato documento non disponibile (Calculation of doses at certain distances for Design Basis (DB) and Beyond Design Basis (BDB) accidents at NPP Krško (No. FER-ZVNE/SA/DA-TR03/21-0), FER-MEIS, 2021).

In ultima analisi, si ritiene di poter quindi avallare le conclusioni tecnico-scientifiche riportate nel rapporto di EIA di NEK e di concludere che un LTO per altri 20 anni non comporterà aggravati di rischi in termini di impatto transfrontaliero.