



**13ª Commissione permanente (Territorio, ambiente, beni ambientali)**

**UFFICIO DI PRESIDENZA INTEGRATO**

**AUDIZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELLA  
CENTRALE NUCLEARE SLOVENA "KRŠKO"**

Martedì 11 ottobre 2016, ore 13:30

Via degli Staderari, 2 - 00186 Roma

Vengono auditi (a titolo personale):

Dott. Kurt DECKER  
(kurt.decker@univie.ac.at)

Dott. Geol. Livio SIROVICH  
(sirovich@ogs.trieste.it)

Prof. Peter SUHADOLC  
(suhadolc@units.it)



**Riassunto delle comunicazioni dei tre esperti**

**IL QUADRO GENERALE**

Fatte le debite proporzioni, la situazione della consapevolezza del rischio del reattore di Krško somiglia a quella della centrale di Fukushima ante 2011. In Giappone, tutti gli esperti sapevano che di fronte alla costa di Fukushima c'erano sorgenti sismiche tra le più pericolose al mondo, capaci di generare maremoti con onde molto alte, e sapevano che la centrale era stata imprudentemente costruita sulla riva dell'oceano, protetta rispetto a onde di soli 4 metri. Si sapeva però che i terremoti forti si riproducono a intervalli di tempo abbastanza lunghi (e non ben conosciuti). I gestori parevano avere assunto un atteggiamento cinico: speriamo che la catastrofe si verifichi dopo che la centrale sarà stata chiusa, "e comunque dopo che io sarò morto".

La similitudine Krško-Fukushima sta in questo: si sa che a Krško possono ripresentarsi terremoti forti almeno quanto quello già verificatosi nel 1917 (magnitudo Richter circa 6; vedi oltre), ma probabilmente anche ben più forti; e si sa che un terremoto così, proprio sotto la centrale, potrebbe avere conseguenze gravissime. Ma si spera. E per alimentare queste "speranze" si producono montagne di documenti e analisi, secondo noi in parte addomesticate.

Incidentalmente: il reattore di Krško non ha nulla a che fare con Černobyl, perché utilizza tecnologia Westinghouse (PWR 696 MWnet). È in esercizio dal 1983. Il governo sloveno del 1994 aveva programmato di chiuderlo. Poi venne deciso di portarlo al 2013 e recentemente al 2043.

## IL REATTORE DI KRŠKO NEL CONTESTO SISMICO EUROPEO E SLOVENO

I principali motivi di preoccupazione per la sicurezza sismica del reattore di Krško-1 e la non opportunità di costruirvi accanto il reattore Krško-2 si riassumono in due dati:

a) In Europa c'è un solo reattore nucleare in zona sismica di livello medio-alto (indicato dalla freccia bianca nella figura 1): quello di Krško-1, accanto al quale è in progetto la costruzione di uno di potenza tripla, Krško-2. Il sito è nella direzione da cui soffia la Bora.

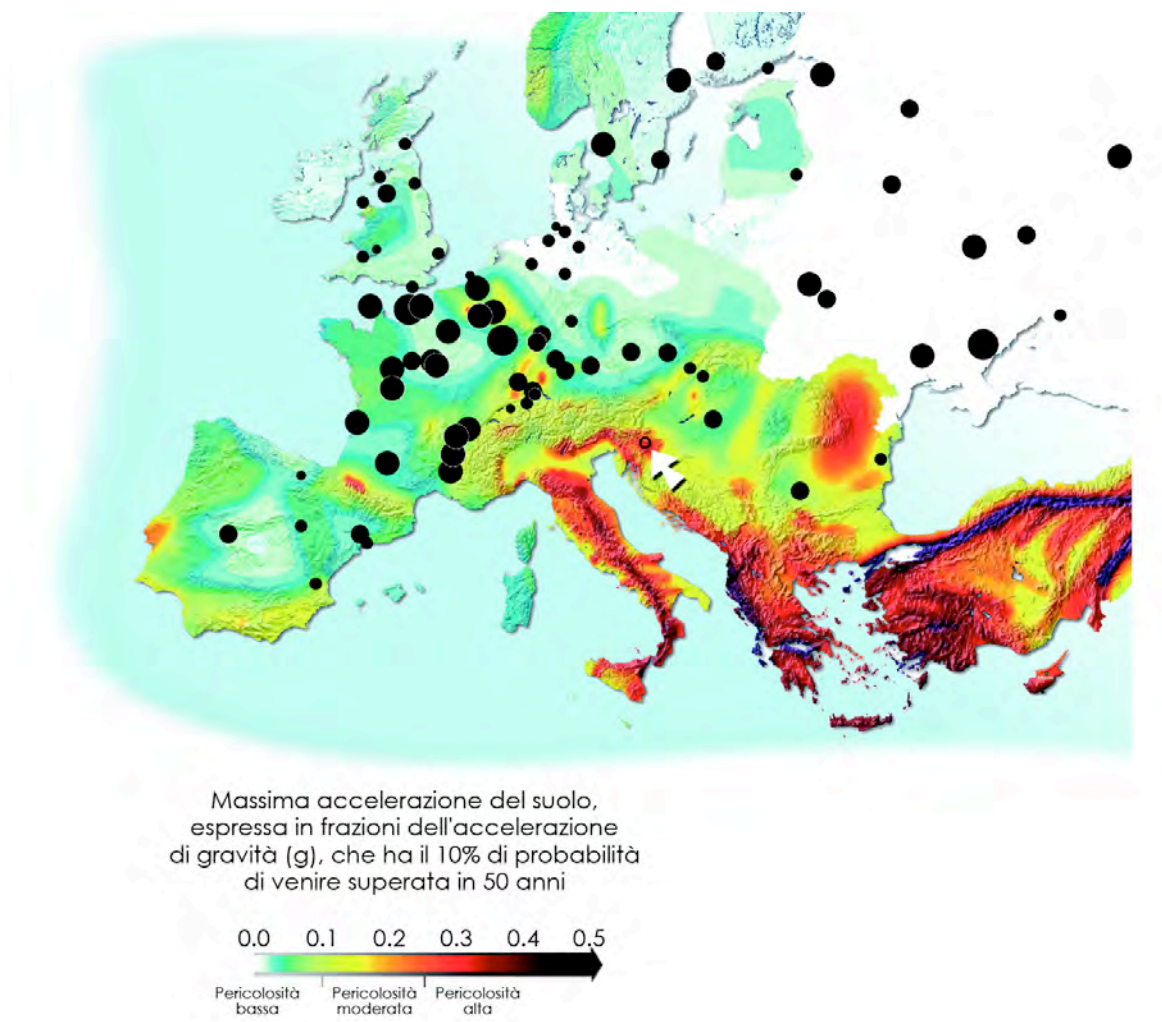


figura 1. Pericolosità sismica d'Europa, elaborata nel 2013 dal progetto Share ([www.share-eu.org/node/90](http://www.share-eu.org/node/90)), con aggiunti i reattori nucleari attivi (pallini proporzionali alla potenza). Freccia bianca e cerchietto vuoto indicano Krško.

b) Il sito venne scelto a metà degli '70 del secolo scorso, quando della sua sismicità non si sapeva quasi nulla. Solo nel 1982 - a impianto già costruito - il famoso sismologo sloveno Ribarič quantificò in 5,7 la magnitudo Richter del terremoto che nel 1917 aveva colpito in particolare i villaggi di Krško e di Brezice (distanti 7 km fra loro; la centrale sta in mezzo) con danni fino all' VIII grado Mercalli. Si noti che la magnitudo di quel terremoto è stata recentemente rivalutata a 6,2 dal Catalogo europeo-mediterraneo di Gruenthal e Wahlstrom (2011).

Sono segnalati terremoti con epicentro Krško e magnitudo  $M = 5-5,4$  nel 1628 e nel 1924. La zona è attiva anche oggi con continuità.

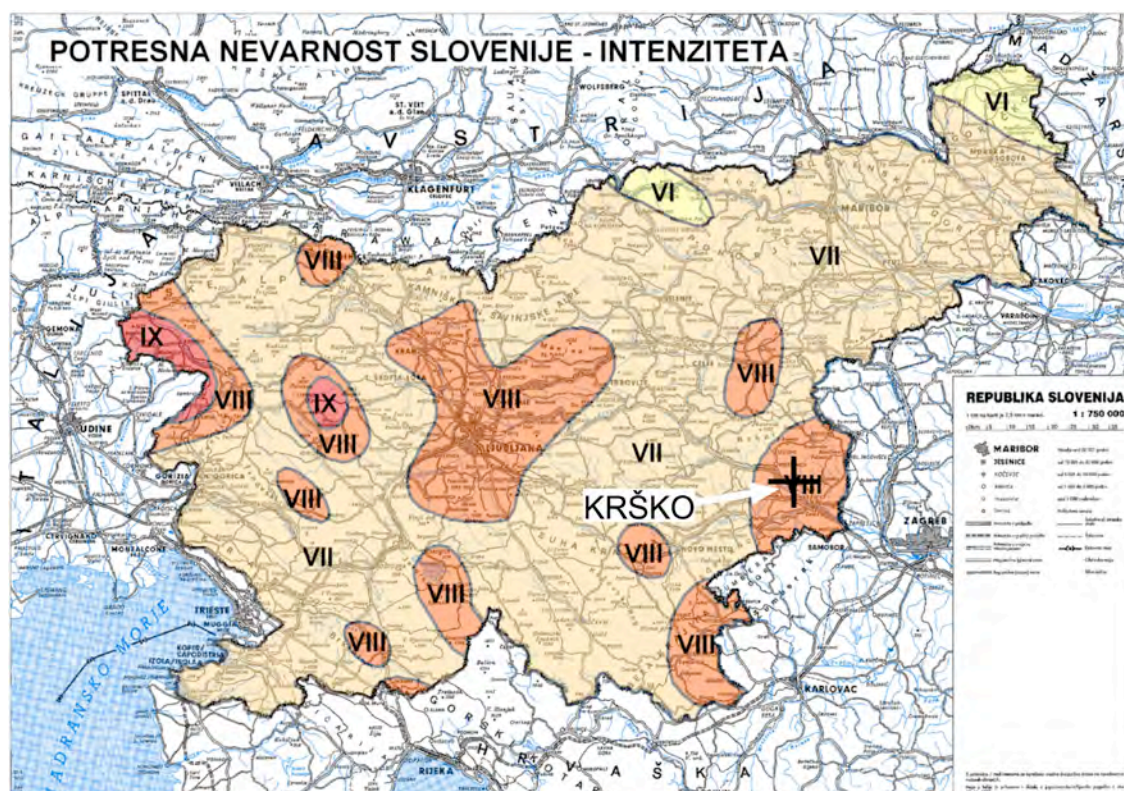


figura 2. Mappa ufficiale slovena delle massime pericolosità sismiche (espressa in intensità "tipo Mercalli") in Slovenia prodotta da Ribarič (1987); riprodotta da Vidrih (2006) e scaricabile dal sito dell'agenzia ufficiale slovena ARSO: <http://www.arso.gov.si/potresi/potresna%20nevarnost/>. Krško è nell'VIII grado (che corrisponde a "danni e crolli parziali").

### UN CASO PARTICOLARMENTE DELICATO

La questione è complessa, sia per il riserbo che circonda questo tipo di progetti, sia per motivi tecnico-scientifici. Si tratta infatti di impianti che vanno protetti dalle più forti vibrazioni del terreno provocabili da terremoti, che si possono ripresentare a intervalli di decine o centinaia di migliaia di anni. Occorre poi accertarsi che, in tempi anche più lunghi, nessuna faglia abbia rotto i terreni di fondazione in un raggio di alcuni chilometri dal sito prescelto.



Quando venne scelta la località di Krško (metà Anni '70), le idee su faglie e terremoti in zona erano molto vaghe e la Slovenia non disponeva di una rete adeguata di misura e localizzazione dei terremoti.

## SEDI EUROPEE DI DISCUSSIONE

Per quanto abbiamo capito (siamo specialisti di pericolosità sismica, non di normative europee/internazionali), la IAEA di Vienna si limita a verifiche formali, senza interferire nel merito specifico della sicurezza sismica dei vari impianti nazionali. Gli scriventi ignorano se questa specie di indipendenza discenda da qualche trattato, ma - di fatto - ogni Paese agisce autonomamente nella scelta dei siti e anche nelle verifiche di sicurezza sismica. Non esiste comunque un'autorità scientifica *super partes*, che controlli i progetti; quindi essi rimangono affidati quasi esclusivamente ai consulenti che, ovviamente, tendono ad assecondare la committenza.

Ci sembra di avere capito che i Paesi aderenti all'Unione europea possono sottoporre i propri eventuali dubbi in fatto di normative nucleari, siti specifici, stress test etc. alla conferenza europea ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group; <http://www.ensreg.eu/members-glance/role-ensreg>). In tale sede, l'Italia è rappresentata dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), che ha il compito di veicolare anche le eventuali osservazioni dei cosiddetti portatori di interessi o di competenze (*stake holders*).

I due scriventi italiani (P.S. e L.S.) hanno per altro verificato che il Servizio nucleare del Dipartimento nucleare, rischio tecnologico e industriale dell'ISPRA non era interessato ad acquisire i dati e le osservazioni, che potevano venire forniti (la relativa corrispondenza si è interrotta il 5 marzo 2015). Questi dati e osservazioni sono viceversa stati trattati nel workshop internazionale di Klagenfurt, organizzato dallo scrivente austriaco (K.D.) il 7 aprile 2016 per conto del Ministero dell'Ambiente austriaco e del Land della Carinzia (<http://www.ursjv.gov.si/si/info/novica/article/4597/5735/b59f6ae1b52b804f4376d3e3298a1bfe/>).

## STRESS TESTS

Si tratta di verifiche di calcolo/simulazione eseguite periodicamente sugli impianti allo scopo dichiarato di verificare che i livelli di sicurezza siano adeguati. Gli stress tests di sicurezza sismica vengono espressi come capacità degli impianti di resistere alle sollecitazioni impresse dai terremoti. Purtroppo, per rappresentare tali sollecitazioni è stato scelto un unico parametro: la cosiddetta accelerazione massima a livello del suolo "PGA" (*Peak Ground Acceleration*).

Agli albori dell'ingegneria sismica (anni '40), si progettava usando solamente questo parametro. Viceversa, da almeno 45 anni si è capito che questo valore, da solo, è assolutamente inadeguato perché i danni agli edifici dipendono anche dalle velocità (e spostamenti) trasmesse dal terreno alla struttura in vari campi di frequenza.

I diversi componenti delle centrali nucleari vengono progettati utilizzando sofisticati codici di calcolo, che per ogni componente (grande struttura in cemento armato, piccolo contenitore leggero, tubazioni etc.) tengono conto delle possibili sollecitazioni pericolose. Quando, come negli stress test, si esprimono tutte queste verifiche solo attraverso confronti tra PGA medie ipoteticamente trasmesse da un terremoto, e PGA sopportabili dall'impianto nel suo complesso, si rende praticamente impossibile qualsiasi verifica attendibile.

In conclusione sul punto: gli stress tests disponibili al pubblico sono inutili. Di più: sviliti da questa scelta assolutamente inadeguata, essi conducono a conclusioni paradossali.

Negli Stress Test del 2011, si legge infatti che oltre PGA di **0,8** g (8 decimi dell'accelerazione di gravità) sarebbero probabili danni al nocciolo del reattore, con rilasci di radioattività nell'ambiente. Si legge altresì che si può escludere (*cannot be excluded*) che nelle fondazioni si verifichi il pericolosissimo fenomeno della liquefazione delle sabbie (temporanea perdita totale di resistenza).

Vorremmo fosse chiara una cosa: le PGA emesse dai terremoti hanno un'estrema variabilità di ampiezza. La differenza tra PGA **0,6** (valore ottimisticamente considerato di sicurezza) e il valore **0,8** non dà nessuna garanzia. Se si adotta come valore medio **0,6**, c'è un'alta probabilità che si superi il valore di **0,8**. In altre parole, la scelta di questo unico parametro di confronto della pericolosità risponde quasi esclusivamente a una finzione mediatica, e assai poco alla moderna sismologia ingegneristica.

## LE MASSIME ACCELERAZIONI (PGA) ADOTTATE A KRŠKO

Negli anni '70, gli studi probabilistici di pericolosità sismica muovevano i primi passi e nella Jugoslavia di allora non vennero eseguiti.

Per Krško, come riferimento convenzionale per l'accelerazione (PGA) impressa alle strutture<sup>1</sup> si scelse il valore di **0,3** g (3 decimi dell'accelerazione di gravità). Si sapeva che era un valore basso, ma -come accennato- della sismicità della zona si sapeva quasi nulla.

Il primo studio probabilistico di pericolosità sismica venne effettuato (non da organismi *super partes*) solo nel 1994. Esso concluse che l'accelerazione giusta era **0,42** g. Il secondo, eseguito ancora da consulenti, nel 2004, portò al valore di **0,56** g, circa il doppio di quello inserito nella progettazione dell'impianto.

A questo punto, il destino della centrale poteva sembrare compromesso. Non è dato di sapere con quale fondamento, chi era preposto alle verifiche di sicurezza (*stress test*) argomentò però che il valore **0,3** g non era stato applicato sulla superficie del terreno ma -provvidenzialmente- alla base delle fondazioni, a 20 metri di profondità. Grazie a ciò, la vera accelerazione di progetto sarebbe stata in realtà doppia, ossia **0,6** g; proprio il valore calcolato nel 2004.

---

<sup>1</sup> con probabilità di occorrenza annua dello 0,0001.

Gli scriventi osservano che *tale provvidenziale raddoppio non risulta dimostrato e che non pare fisicamente plausibile* (a meno che qualche rapporto di calcolo non sia sfuggito alla loro attenzione).

Questo raddoppio da **0,3** a **0,6** viene comunque assunto per buono negli stress tests e in innumerevoli rapporti e presentazioni pubbliche.

Vari esperti chiedono che gli studi probabilistici di pericolosità sismica del 2004 vengano aggiornati. Nel 2012, il Servizio geologico sloveno ha scritto che un nuovo studio probabilistico era in corso di elaborazione da parte di un potenziale investitore in vista della costruzione di Krško-2 («by a potential investor for the new power plant»). A quattro anni di distanza non se ne ha notizia.

Infine, la nota più critica: nel 2011, l'Agenzia slovena per la sicurezza sismica (SNSA) ha comunque ammesso per iscritto che entrambi gli studi probabilistici di pericolosità sismica finora eseguiti (1994 e 2004) erano basati esclusivamente sui terremoti verificatisi negli ultimi secoli. Calcoli basati su dati che coprono periodi così brevi sono accettabili per la progettazione di edifici qualsiasi. Viceversa, *non sono assolutamente ragionevoli* per infrastrutture e impianti critici. È infatti arcinoto che in zone in cui - come in quella in esame - le velocità delle placche sono dell'ordine del millimetro all'anno, si verificano terremoti forti a intervalli di molte centinaia/migliaia di anni, che molto spesso sfuggono ai cataloghi, che coprono gli ultimi 3-5 secoli. (E non sappiamo nemmeno quale magnitudo sia stata adottata per il terremoto più "imbarazzante", quello del 1917). In queste zone e per una centrale nucleare è giustamente *prescritto da tutte le norme internazionali* di tenere conto delle evidenze geologiche, che dimostrino movimenti di faglie avvenuti durante terremoti storici antichi, di epoca preistorica, e geologica recente (Quaternario).

Attenzione: se studi basati su una casistica di pochi secoli hanno fornito una PGA di circa **0,6 g**, è *praticamente sicuro* che studi riferiti (come prescritto) a decine o centinaia di migliaia di anni darebbero valori ben superiori.

## MANOVRE SULLA MAGNITUDO DEL TERREMOTO DEL 1917

Come ripetiamo, l'evidenza più imbarazzante è il terremoto di magnitudo circa 6 nel 1917 proprio al di sotto dell'attuale centrale. A questo riguardo, nel sito ufficiale sloveno

<http://www.ursjv.gov.si/si/info/novica/article/4597/5735/b59f6ae1b52b804f4376d3e3298a1bfe/> è comparsa una carta della sismicità della Slovenia in cui la magnitudo di quell'evento è declassata a 5 (ossia di energia 33 volte inferiore a un magnitudo 6 [la scala è logaritmica]). La stessa mappa è stata mostrata dal direttore dell'agenzia slovena ARSO durante il workshop di Klagenfurt del 6/4/2016. A domande, il direttore ha risposto che il rapporto di calcolo non è pubblicato; è segreto, come segreta è anche la metodologia usata per ottenere questo valore così basso. Gli scriventi ritengono che questo valore, rassicurante per l'impianto, sia -fino a prova contraria- una forzatura.

## TERREMOTI E FAGLIE NELL'AREA DI KRŠKO

Premettiamo che l'influenza delle faglie va valutata soprattutto da due punti di vista:

-- loro potenziale (o capacità) di produrre terremoti, con vibrazioni forti che si trasmettono a parecchie decine di chilometri di distanza. Questo aspetto viene affrontato con i citati studi probabilistici e con particolari elaborazioni di calcolo per valutare le ampiezze, le frequenze, le durate delle sollecitazioni trasmesse alle strutture. Ripetiamo che la PGA rappresenta solo un' "ombra" del fenomeno (quasi come nel mito della caverna di Platone);

-- loro capacità di produrre una deformazione permanente, una rottura, del terreno di fondazione dell'impianto.

La prima è un'evenienza certa: vi sono in zona varie faglie sismogenetiche in grado di dare accelerazioni forti. Si noti che il 28/12/1989 un terremoto di magnitudo solo 3,9 produsse nel sito della centrale una PGA superiore a **0,4 g**; senza, pare, provocare danni perché le vibrazioni erano di alta frequenza (a riprova della non affidabilità di questo parametro).

La seconda, quella delle rotture delle faglie fino in superficie, è un'eventualità piuttosto rara.

Per quanto se ne sa, negli ultimi anni la Slovenia ha indirizzato il consorzio franco-sloveno geologico-geofisico-sismologico di consulenti per la costruzione di Krško-2 solo sul fenomeno raro, tralasciando il primo tema, che era il più delicato. Il consorzio è arrivato ad una clamorosa rottura nell'aprile 2013, con l'uscita del Servizio geologico francese e del Servizio di radioprotezione francese, che ha emesso in proposito una comunicazione piuttosto drammatica; vedi cenni a questa vicenda e brani della lettera qui: [https://www.dropbox.com/s/wgez03ejfhe51wm/Krsko\\_Sapere\\_n1\\_2015.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/wgez03ejfhe51wm/Krsko_Sapere_n1_2015.pdf?dl=0).

A parere degli scriventi, alcuni uffici sloveni e alcuni loro consulenti tendono a sminuire il problema della pericolosità sismica della zona; nel far ciò, si arriva talvolta a forzare i dati e le interpretazioni, comprese le figure proiettate in sedi scientifiche internazionali. Si noti ad esempio che spesso le confortanti figure mostrate e i confortanti commenti non vengono poi messi per iscritto e resi disponibili; tipiche in tal senso le mappe delle faglie attive e capaci di cui mostriamo alcuni esempi durante l'audizione; immagini di cattiva qualità perché necessariamente colte con lo smartphone durante la proiezione. Una di queste faglie "rimosse" è quella che presumibilmente causò il terremoto di magnitudo 6,5 nel 1885, 60 km a est di Krško.

## CONCLUSIONE, PROSPETTIVE

Non conoscendo a fondo gli organismi europei/internazionali di controllo, possiamo solo proporre di approfondire qualche possibile iniziativa. Le sedi più naturali per queste tematiche ci sembrano le citate Conferenza ENSREG e forse la

IAEA di Vienna. Segnaliamo che gli stress test sulla centrale di Krško sono stati impostati quando alla presidenza della conferenza normativa ENSREG (fino al 2012) figurava il direttore del servizio di sicurezza nucleare della Slovenia (Nuclear Safety Administration). Nello stesso periodo, ministro dell'Ambiente sloveno era l'ex sindaco di Krško (per ben quattro mandati).

L'ISPRA ci sembra la sede naturale per raccogliere e discutere le osservazioni provenienti da esperti italiani, e per convogliarle nell'ENSREG. Un'azione congiunta Italia-Austria sarebbe utile per sollecitare l'ENSREG a trattare l'argomento.

Quanto alla IAEA, ci pare meno adatta, perché è un'agenzia con competenza mondiale ed ha anche lo scopo di impedire l'utilizzo dell'energia nucleare per scopi militari. I paesi aderenti alla IAEA sono 158; il suo presidente è giapponese. (Colpisce che il paese della centrale europea più esposta alla pericolosità sismica abbia presieduto la ENSREG, mentre il paese con l'incidente più grave presieda la IAEA).