

UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG ZWISCHENLAGER FÜR ABGEBRANNT BRENNELEMENTE KKW KRŠKO/SLOWENIEN

Abschließende Fachstellungnahme und Konsultationsbericht

ZUSAMMENFASSUNG

SUMMARY

POVZETEK

REP-0748

Wien 2020

ZUSAMMENFASSUNG

Am Standort des Kernkraftwerks (KKW) Krško in Slowenien ist die Errichtung eines Zwischenlagers für abgebrannte Brennelemente geplant. Für dieses Projekt wird eine Umweltverträglichkeitsprüfung gemäß Espoo-Konvention und UVP-Richtlinie durchgeführt, an der sich Österreich beteiligt.

Ziel der österreichischen Beteiligung am UVP-Verfahren ist es, Empfehlungen zur Minimierung, im optimalen Falle Eliminierung, möglicher erheblich nachteiliger Auswirkungen auf Österreich zu geben. Die hier vorliegende abschließende Fachstellungnahme beinhaltet die Bewertung der Antworten der slowenischen Seite auf die Fragen aus der Fachstellungnahme der österreichischen Seite (UMWELTBUNDESAMT 2020b).

Entsorgungsnachweis

Der Entsorgungsnachweis des Trockenlagers umfasst sowohl den Abtransport der darin gelagerten Mehrzweckbehälter mit den abgebrannten Brennelementen als auch die Entsorgung schwach- und mittelaktiv kontaminierter Behälter und Bauteile.

Die gelagerten abgebrannten Brennelemente sollen bei Ende der Betriebsdauer des Trockenlagers in ein zukünftiges Endlager für abgebrannte Brennelemente transportiert werden, möglicherweise werden sie dazu vorher umgepackt. Ein solches Endlager für abgebrannte Brennelemente ist zwar vorgesehen, aber die Planung ist noch im Anfangsstadium. Daher ist die Frage berechtigt, was mit den abgebrannten Brennelementen nach Ablauf der Betriebsdauer des Trockenlagers passieren soll, falls kein entsprechendes Endlager zur Verfügung steht. Als Option wurde der Betrieb des Trockenlagers über den vorgesehenen Zeitrahmen hinaus genannt. Es ist jedoch fraglich, ob die Integrität der Behälter so lange gewährleistet ist.

Die Betriebsdauer des Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (LILW) in Vrbinja könnte für die Endlagerung des LILW aus der Stilllegung des Trockenlagers nicht ausreichend sein. In diesem Fall würde der LILW aus der Stilllegung im zukünftigen Endlager für abgebrannte Brennelemente gelagert werden. Daher könnten sich auch hier Engpässe ergeben. Diese sollen durch eine Verlängerung der Betriebsdauer des bestehenden LILW-Endlagers in Vrbinja gelöst werden.

Die Umweltfolgen einer Betriebsdauerverlängerung sowohl für das Endlager Vrbinja als auch für die Langzeit-Zwischenlagerung im Trockenlager Krško wurden im Rahmen der UVP nicht abgeschätzt und bewertet. Falls absehbar ist, dass eine oder beide dieser Betriebsdauerverlängerungen vorgenommen werden müssen, sollte eine neuerliche UVP durchgeführt werden.

Bewertung des geplanten Zwischenlagers und der Behälter inkl. Langzeitaspekte des Betriebs

Die abgebrannten Brennelemente aus dem Betrieb des KKW Krško werden derzeit im Becken des Brennstoffgebäudes gelagert. Die Entscheidung zur Errichtung eines Trockenlagers am KKW Standort Krško ist grundsätzlich zu begrüßen.

Ein Trockenlager ist unter dem Gesichtspunkt von potenziellen Auswirkungen auf Österreich gegenüber der Nasslagerung sicherheitstechnisch zu bevorzugen.

Die Umladung der abgebrannten Brennelemente (ABE) aus dem Nasslager in ein Trockenlager reduziert die vom Standort Krško ausgehende Gefahr erheblich. Der Zeitplan für die Umladung ist allerdings nicht ausreichend sicherheitsorientiert. Laut UMWELTBERICHT (2020) sollen die Brennelemente in vier Kampagnen aus dem Lagerbecken in das Trockenlager verlegt werden. Bereits in UMWELTBUNDESAMT (2020a, b) wurde betont, dass Sicherheitsaspekte Vorrang gegenüber Aspekten der Wirtschaftlichkeit haben sollten. Insofern sollten möglichst alle ABE (ca. 1.000 ABE), die ausreichend (mindestens fünf Jahre) abgeklingen sind, nach Inbetriebnahme des Zwischenlagers zügig umgeladen werden. Laut ANTWORTEN (2020) wird jedoch angestrebt, so schnell wie möglich mit der Umladung zu beginnen. Zudem soll der zeitliche Ablauf der Überführung laufend überprüft werden, um die mit der Lagerung der Brennelemente verbundenen Risiken möglichst gering zu halten.

Zur Lagerung wurde das Lagersystem HI-STORM FW ausgewählt. Der Lagerbehälter besteht aus einer Lagerungsabschirmung (HI-STORM FW) und einem eingelegten Mehrzweckbehälter (MPC-37). Für Transporte auf dem Gelände wird die Transferabschirmung HI-TRAC verwendet. Nach dem Ende der Lagerung sollen die abgebrannten Brennelemente vom Standort Krško im Transportbehälter HI-STAR 190 abtransportiert werden.

Laut UMWELTBERICHT (2020) ergibt sich die Gewährleistung der Sicherheit auch aus der Erfüllung der internationalen Standards und Richtlinien der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA).

Für den Fall einer notwendigen Reparatur der Behälter nach Stilllegung des KKW Krško ist vorgesehen, die Behälter zu einem externen Dienstleister z. B. in die Schweiz zu transportieren. In der nächsten Überarbeitung des Stilllegungsplans des KKW Krško soll als zweite Option betrachtet werden, dass das Brennelementhandhabungsgebäude (FHB) auch nach der Stilllegung des KKW Krško für eine mögliche Reparatur von Behältern weiterhin zur Verfügung steht. Dies wird unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten begrüßt, da Transporte von abgebrannten Brennelementen immer mit zusätzlichen Risiken verbunden sind. Laut ANTWORTEN (2020) würde der Transport aber in keinem Fall über Österreich erfolgen.

Auf Basis der Planung für die Endlagerung wäre ein Zwischenlagerbetrieb von 50 Jahren erforderlich. Die Betriebsdauer des Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente im KKW Krško soll 60 Jahre betragen, mit der Möglichkeit der Verlängerung des Betriebs. Die Komponenten des Lagerungssystems sollen auf eine Lebensdauer von 100 Jahren ausgelegt werden.

Es ist zu begrüßen, dass die Komponenten des Lagerungssystems auf eine Lebensdauer von 100 Jahren auszulegen sind. Denn international zeichnet sich klar ab, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen. Allerdings wurde das Lagersystem HI-STORM FW von der US-amerikanischen Genehmigungsbehörde NRC nur für einen Zeitraum von 40 Jahren genehmigt. Insofern ist es nicht ohne weitere Erklärung nachvollziehbar, wie die Auslegung für eine Lagerung von 100 Jahren realisiert wird.

In ANTWORTEN (2020) wird erläutert, welche Modifizierungen für das Zwischenlager und die Lagerbehälter für eine Zwischenlagerung von 100 Jahren für die am Standort vorhandenen Bedingungen geplant sind. Zudem sollen alle 10 Jahre periodische Sicherheitsüberprüfungen stattfinden, die eine Voraussetzung für einen Weiterbetrieb von jeweils 10 Jahren sind. Ob die Materialien des Behälters und insbesondere die Dichtungen für einen Zeitraum von 100 Jahren die Integrität des Behälters ausreichend gewährleisten, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht sicher prognostizieren. Es fehlen ausreichende internationale Erfahrungen, um belastbare Prognosen aufstellen zu können. Daher ist eine Reparaturmöglichkeit am Standort wichtig.

Störfälle und Unfälle ohne Einwirkungen Dritter

Die Behälter sollen in einem Trockenlagergebäude aufbewahrt werden. Dieses wird im unteren Teil bis in eine Höhe von 6 m als Stahlbetonkonstruktion ausgeführt, im oberen Teil hingegen als Stahlkonstruktion, verkleidet mit Metallpaneele. Die Funktion des Trockenlagergebäudes besteht darin, die Lagerbehälter vor äußeren Witterungseinflüssen zu schützen und eine zusätzliche Strahlenabschirmung zu gewährleisten.

Laut UMWELTBERICHT (2020) gewährleistet das System HI-STORM FW zusammen mit dem Trockenlagergebäude die grundlegenden Sicherheitsfunktionen. Dies umfasst die Gewährleistung der Unterkritikalität, die Wärmeabfuhr aus dem Behälter und die Rückhaltung der radioaktiven Stoffe während des Betriebs, eines Auslegungsunfalls und eines erweiterten Auslegungsunfalls.

Die getroffenen Schutzmaßnahmen gegen Überschwemmung werden beschrieben. Die Höhe des Schutzes ist aus heutiger Sicht ausreichend. Eine Analyse von möglichen Extremwetterereignissen ist erfolgt. Gerade in Hinblick auf die lange Lagerzeit ist die Berücksichtigung von Trends bei Extremwetterereignissen erforderlich. Nach jetzigem Wissensstand nehmen aufgrund der Klimaänderungen Extremereignisse sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Intensität zu. Es wird nicht erwähnt, dass Trends der Klimaänderungen weiter ermittelt und beobachtet werden. Dieses ist aufgrund der dynamischen und nichtlinearen Effekte durch die Klimaänderungen anzuraten.

Für die Sicherheitsanalysen wurden fünf auslösende Ereignisse verwendet (Umkippen des Behälters bei erhöhter seismischer Belastung, passive Kühlung des Behälters unmöglich, Absturz eines Verkehrsflugzeugs oder eines Militärflugzeugs, Einsturz des Trockenlagergebäudes und Brand im Falle eines Flugzeugsabsturzes). Diese auslösenden Ereignisse decken Ereignisse ab, die zu den höchsten Auswirkungen führen können.

Im Rahmen der Sicherheitsanalysen sind Untersuchungen zu Cliff-Edge Effekten erfolgt. Dies ist grundsätzlich zu begrüßen. Jedoch wird nicht erklärt, für welche Ereignisse Cliff-Edge Effekte untersucht und welche Reserven dann jeweils ermittelt wurden.

Obwohl die Sicherheitsanalysen für keinen der analysierten Unfälle einen Dichtungsverlust des Behälters ermittelten, wurde eine Analyse der radiologischen Folgen einer Leckage des Behälters im Falle eines hypothetischen Versagens der Dichtung durchgeführt. Diese Analyse ermittelt für den hypothetischen Fall einer Leckage des Behälters MPC 37 eine 30-Tage-Dosis in einer Entfernung von 80 km vom KKW Krško von weniger als 0,2 mSv. Grundsätzlich ist zu begrüßen, dass

eine derartige Untersuchung im Rahmen des UVP-Verfahrens erfolgt ist. Allerdings ist die Temperatur im Behälter, die für die Analyse angenommen wurde, relativ gering. Eine potenzielle Freisetzung ist stark temperaturabhängig. Insofern sind in Folge eines Flugzeugabsturzes höhere Strahlenbelastungen nicht vollständig ausgeschlossen.

Stör- und Unfälle durch externe Einwirkungen

Der Sicherheitsnachweis wird unter anderem für Flugzeugabsturz in Kombination mit Kerosinbrand und Einsturz der Lagerhalle geführt. Auch wenn das analysierte Szenario nicht konservativ bezüglich der mechanischen und thermischen Lasten ist, deckt der Sicherheitsnachweis Einwirkungen durch Erdbeben ab.

Es erscheint nicht notwendig und zielführend, die Analysen und Ergebnisse für das geplante Trockenlager bezüglich Erdbeben in weiteren Details zu diskutieren. Dies schließt jedoch nicht aus, dass die Erdbebengefahr am Standort hinsichtlich des Reaktors kontinuierlich bewertet werden sollte.

Störfälle und Unfälle mit Einwirkungen Dritter

Durch verschiedene Terrorszenarien könnten massive Freisetzungen aus Zwischenlagern am Standorten Krško erfolgen, die auch zu einer Betroffenheit Österreichs führen könnten. Eine Berücksichtigung von möglichen Terrorangriffen entspricht dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik. Details des Schutzes vor Terrorangriffen können aus Geheimhaltungsgründen im UVP-Verfahren nicht diskutiert werden. Die vorgesehenen Schutzmaßnahmen zu den bereits in einigen Ländern öffentlich diskutierten Szenarien könnten jedoch skizziert werden.

Neben einem möglichen terroristischen Angriff durch Flugzeugabsturz auf das Zwischenlager ist auch der Einsatz von **panzerbrechenden Waffen** gegen die Behälter ein Szenario, welches beispielsweise in Deutschland im Rahmen der Genehmigung eines Zwischenlagers betrachtet wird.

Hinzuweisen ist weiterhin auf die Gefahr von sogenannten Innentätern. Die **Nuclear Threat Initiative** (NTI) bewertet mit dem Nuclear Security Index die Maßnahmen, die Länder ergreifen, um das Risiko von Sabotagen und Terroranschlägen gegen kerntechnische Anlagen zu verringern. Laut NTI (2020) zeigen sich in Slowenien Defizite beim Schutz vor der Bedrohung durch Innentäter.

In ANTWORTEN (2020) wird erklärt, dass sich das KKW Krško mit den möglichen Auswirkungen absichtlicher Einwirkungen Dritter im Falle von Terrorismus befasst. Es werden mögliche Folgen sowie Schutz- und Schadensbegrenzungsmaßnahmen analysiert. Diese Analysen werden regelmäßig aktualisiert. Es wird betont, dass diese Analysen vertraulich sind. Damit wird einem Teil der Empfehlung aus UMWELTBUNDESAMT (2020b) gefolgt.

Die Funktion des geplanten Trockenlagergebäudes für abgebrannte Brennelemente besteht laut UMWELTBERICHT (2020) darin, die Lagerbehälter vor äußeren Witterungseinflüssen zu schützen. Der Schutz des geplanten Zwischenlagers gegen einen Flugzeugabsturz sowie gegen andere schwere Einwirkungen von außen soll vor allem durch die Behälter gewährleistet werden.

Die Lagerabschirmung des HI-STORM FW schützt laut Hersteller den gelagerten Inhalt vor natürlichen und künstlichen Projektilen einschließlich eines F-16 Flugzeugaufpralls. (HOLTEC 2019b) Die F-16 ist ein US-amerikanisches Kampfflugzeug mit einem maximalen Startgewicht von rund 20 t und einer Kerosinmenge von weniger als 10.000 l. Ein Verkehrsflugzeug kann erhebliche stärkere mechanische und thermische Auswirkungen auf die gelagerten Behälter haben.

Im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs (Boeing 747-400ER) auf das geplante Zwischenlager am Standort Krško werden laut UMWELTBERICHT (2020) keine radioaktiven Substanzen in die Umgebung freigesetzt. In dem betrachteten Szenario beträgt die Geschwindigkeit des Flugzeugs jedoch nur 100 m/s (360 km/h) und ist damit verhältnismäßig gering. Die dadurch verursachten Einwirkungen unterschätzen die möglichen mechanischen Belastungen erheblich. Beispielsweise wurde in Deutschland bei entsprechenden Untersuchungen eine deutlich höhere Geschwindigkeit von 175 m/s (630 km/h) unterstellt. In Zusammenhang mit einem Flugzeugabsturz ist aber zu begrüßen, dass der Behälterdeckel des Lagersystems modifiziert wurde. Durch die Wölbung werden mechanische Lasten eines Flugzeugabsturzes besser abgetragen.

Laut UMWELTBERICHT (2020) wurde angenommen, dass sich die gesamte Kerosinmenge (245.000 Liter) im Lagergebäude verteilt und dort verbrennt. Die Branddauer würde dann 26 Minuten betragen, als Brandtemperatur wurden 800°C unterstellt. Im Rahmen des UVP-Verfahrens wurden Sensitivitätsanalysen zu den Auswirkungen bei einer Brandtemperatur von 1.000°C erstellt. Es wurde auch für diesen Fall keine Freisetzung aus dem Behälter ermittelt. Untersuchungen bezüglich eines möglichen Cliff-Edge Effekts bei einem längeren Brand sind nicht erfolgt.

Grenzüberschreitende Auswirkungen

Um eine mögliche Betroffenheit Österreichs abklären zu können, wäre die Berechnung von Dosis und Kontaminationswerten für den schwersten möglichen Unfall vorzunehmen. Dies könnte auch ein Unfall mit Dichtungsversagen von mehreren Behältern in einem langandauernden Brand sein.

Wünschenswert wäre die Durchführung einer Ausbreitungsrechnung mit für Österreich ungünstigen Wetterdaten und die Angabe von maximalen Kontaminationswerten für österreichisches Gebiet, ebenso wie von Maximaldosiswerten speziell für vulnerable Gruppen wie Kinder.

SUMMARY

The construction of an interim storage for spent nuclear fuel assemblies is planned at the NPP Krško site in Slovenia. This project is subject to an Environmental Impact Assessment according to the Espoo-Convention and the EIA directive; Austria is participating.

The Austrian participation in the procedure serves the goal of providing recommendations for the minimization and – in best case – elimination of significantly adverse impacts on Austria. This Final Expert Statement contains an assessment of the answers provided by the Slovenian side to the Austrian side's questions in its Expert Statement (UMWELTBUNDESAMT 2020b).

Proof of disposal

The proof of disposal for the dry storage includes the removal of the stored multi-purpose containers containing the spent fuel assemblies and the disposal of low and intermediate level contaminated containers and components.

At the end of operational lifetime the stored spent fuel elements are to be transported into the future final repository for spent fuel assemblies, possibly after re-packaging. Such a final repository is planned, however, the planning is still in the beginning. How the spent fuel elements will be handled after the end of the dry storage's operational time and no adequate repository available yet is therefore a legitimate question. An option mentioned was the extension of the operational time of the dry storage beyond the envisaged period of time. It remains questionable whether container integrity can be guaranteed for such a long time.

The Vrbina low and intermediate level waste repository's operational time might prove insufficient for the LILW generated during the dry storage decommissioning. In this case the LILW from decommissioning would be stored in the future final repository for spent fuel element. This could lead to bottlenecks also here. The planned solution consists in the extension of the operational period of the existing LILW repository in Vrbina.

The environmental impacts of an extended operational time of both the final repository Vrbina and the long-term interim storage in the dry storage Krško has not been assessed in the framework of the EIA. Once the necessity to extend one or both of those operational periods will come closer, a new EIA should be conducted.

Assessment of the planned interim storage and the canisters incl. aspects of long-term operation

Currently the spent fuel assemblies generated during the NPP Krško operation are stored in the pool of the fuel building. The decision to construct a dry storage at the NPP Krško site is welcomed. Under the aspect of nuclear safety the dry storage's potential impacts on Austria are less severe compared to the wet storage's.

The re-location of the spent fuel assemblies from the wet storage into a dry storage significantly reduces the risk posed by the Krško NPP site. However, the time plan for the re-location is not sufficiently oriented toward the nuclear safety aspects. According to the Environmental Report the fuel assemblies will be transferred from the storage pool into the dry storage in four campaigns. Already UMWELTBUNDESAMT (2020a, b) highlighted that the safety aspect should be prioritized above economic aspects. For this reason all spent fuel assemblies (around 1000) should be re-located swiftly after a sufficient level of decay (at least five years) has been reached once the interim storage started operating. According to ANTWORTEN (2020), however, the re-location should start as soon as possible. Moreover, the timing of the transport needs to be checked continuously to keep the risk connected to storing the fuel elements as low as possible.

The storage system HI-STORM FW was selected for the storage purpose. The storage canister consists of a storage shielding (HI-STORM FW) and an inserted multipurpose canister (MPC.37). For on-site transports the transfer shielding HI-TRAC will be used. After the storage period will have ended, the spent fuel assemblies should be removed from the Krško site using the transport canisters HI-STAR 190.

According to UMWELTBERICHT (2020), the safety guarantee results from the fulfilling of the international standards and guidelines of the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the Western European Nuclear Regulators Association (WENRA).

If the case would occur, that canisters are in need of repair in the period after the NPP Krško's definite shut down, the canisters will be transported to an external service provider e.g. to Switzerland. The next review of the NPP Krško decommissioning plan should look into the second option, when the fuel handling building will be also available after the NPP's shutdown for possible canister repairs. Under safety aspects this is certainly the preferable solution, because transports of spent fuel assemblies always bear additional risks. According to ANTWORTEN (2020), however, the transport will not take place via Austrian territory under any circumstances.

Taking into account the planning of the final repository, the interim storage operation would be necessary for 50 years. The operation of the dry storage for spent fuel assemblies in the NPP Krško is assumed to last for 60 years, with the option to prolong its operation. The storage system components should be designed for a 100-years lifetime.

The decision to design the storage system components for a lifetime of 100-years is welcome. Internationally it is becoming clear that most countries will need significantly more time for the planning, licensing and the construction of a final repository than originally foreseen. The storage system HI-STORM FW, however, was licensed by the US nuclear regulator NRC for a period of 40 year only. Without any further explanation it is therefore not possible to understand how the design for a 100-year storage period will be realized.

Which modifications are planned for both the interim storage and the canisters for the purpose of an interim storage of 100 years under the on-site conditions, was explained in ANTWORTEN (2020). In addition each 10 years a Periodic Safety Review needs to be conducted, which is a precondition for the continued operation of another 10 years. At this point it is impossible to predict whether the can-

ister materials and in particular the seals sufficiently guarantee the canister's integrity for 100 years. International experience as a basis to make sound predictions is lacking. Therefore, it is important to make repair works on site possible.

Incidents and accidents without third party involvement

The canisters will be stored in a dry storage building. The first 6 m of the building will consist of a reinforced concrete structure and the higher part of a steel construction covered with metal paneling. The dry storage building's function consists in protecting the storage canisters from external weather conditions and guaranteeing additional radiation shielding.

According to UMWELTBERICHT (2020), the HI-STORM FW system together with the dry storage building guarantees the basic safety functions. This encompasses guaranteeing sub-criticality, heat removal from the canisters and retention of radioactive materials during operation, during a Design Basis Accident and during Design Extension Conditions.

Protection measures against flooding were explained and the height of the protection seems sufficient from today's perspective. An analysis of possible extreme weather events has been undertaken. In particular when taking into account the long storage time, it is necessary to include trends for extreme weather events. According to current level of knowledge extreme events will increase in frequency and intensity due to climate change. No mention that investigating and monitoring of climate change trends will be continued. This would be useful on account of the dynamic and non-linear effects caused by climate changes.

Five initiating events were used for the safety analyses (canisters toppling due to increased seismic load, passive canister cooling impossible, crash of a commercial or military plane, collapse of dry storage building and fire in case of a plane crash). Those initiating events cover events, which could lead to the most severe impacts.

In the framework of safety analyses also cliff-edge effects were examined, which is welcomed. However, the documents lack information on the events for which cliff-edge effects were assessed and the respective reserves which were found.

Although the safety analyses did not identify loss of tightness for a cask for any of the analysed accidents, an analysis of the radiological consequences of a canister leakage in case of a hypothetical loss of the seal was conducted. For the hypothetical case of a leaking MPC 37 canister this analysis found a 30-day dose at 80 km distance from NPP Krško below 0.2 mSv. In principle, it is welcome that this investigation was undertaken in the framework of an EIA procedure. However, the temperature in the canister, which was assumed for the analysis, was relatively low. The potential release is strongly temperature dependent. In this respect higher radiation exposures as a consequence of an airplane crash are not fully excluded.

Incidents and accidents due to external impacts

The safety case was made among others also for a plane crash in combination with kerosene fire and collapse of the storage hall. This safety case covers the earthquake impacts, even though the analysed scenario is not conservative regarding the mechanical and thermal loads.

It does not seem necessary and purposeful to discuss the analyses and results for the planned dry storage regarding earthquake in further details. However, this does not mean that for the reactor the earthquake hazard on site should not be continuously assessed.

Incidents and accidents with third party impacts

Several terror scenarios can lead to massive releases from interim storages at the Krško site, which could also affect Austria. Taking into account potential terror attacks is in line with current state-of-the-art of science and technology. Details about the protection against terror attacks cannot be discussed during the EIA procedure due to reasons of classification. The envisaged protective measures in response to some countries' publicly discusses scenarios however can be outlined.

In addition to a possible terrorist attack with a plane crash on the interim storage, also the use of **anti-tank weapons** against the canisters is a scenario which e.g. in Germany has to be taken into account in the framework of an interim storage licensing.

Also the danger of so-called insiders needs to be pointed out. With its Nuclear Security Index the **Nuclear Threat Initiative** (NTI) assesses the measures taken by individual countries to reduce the risk of sabotage and terrorist attacks against nuclear facilities. According to NTI (2020), Slovenia has deficits when it comes to the protection against insider threats.

The answers in ANTWORTEN (2020) mentioned that NPP Krško is looking into the possible consequences of intended impacts from third parties in case of terrorism. Possible consequences as well as protective and damage-limiting measures were analysed. Those analyses are updated regularly and explicitly referred to as confidential. In this respect a part of the recommendations listed in UMWELT-BUNDESAMT (2020b) are followed up.

According to the Environmental Report the function of the planned dry storage building for spent nuclear fuel assemblies consists in protecting the canisters against external weather impacts. The protection of the planned interim storage against plane crashes and other severe external impacts should mainly be guaranteed by the canisters.

According to the manufacturer, the HI-STORM FW storage shielding protects the stored content from natural and artificial projectiles, including a F-16 plane crash. (HOLTEC 2019b) The F-16 is a U.S. fighter jet with a maximum 20 t take-off weight and kerosene amount under 10 000 l. A commercial airplane can have significantly larger mechanical and thermal impacts on the stored canisters.

According to UMWELTBERICHT (2020), the crash of a commercial airplane (Boeing 747-400ER) on the planned interim storage on the Krško site would not lead to releases of radioactive substances in the surroundings. However, the analysed scenario only assumes 100 m/s (360 km/h) speed for the airplane, which is relatively low. The impacts caused this way substantially underestimate the possible mechanical loads. For example in Germany for those investigations a substantially higher speed of 175 m/s (630 km/h) was assumed. Regarding a plane crash the modification of the storage system's canister lids is welcomed. The curvature has the effect that mechanical load of an airplane crash is carried better.

UMWELTBERICHT (2020) described the assumptions as including that the entire kerosene amount (245,000 litres) would be distributed in the storage building and burn there. The fire would last 26 minutes, assuming a fire temperature of 800°C. In the framework of the EIA procedures sensitivity analyses were conducted on the impacts of fire temperatures of 1,000°C. Also in this case no releases from the canister were assessed. Cliff-edge effects in consequence of a longer lasting fire have not been assessed.

Cross-border impacts

To clarify whether Austria is possibly affected it would be necessary to calculate the dose and contamination values for the most severe possible accident. This could also be an accident with several canisters' seals failing due to a long-lasting fire.

It would be welcome if a dispersion calculation for Austria would be conducted, based on unfavourable weather data and providing maximum contamination data for the Austrian territory and maximum dose values for vulnerable groups such as children.

POVZETEK

V Sloveniji je na lokaciji nuklearne elektrarne Krško (NEK) predvidena gradnja suhega skladišča za izrabljeno jedrsko gorivo. V skladu s konvencijo Espoo in direktivo o PVO bo za ta projekt izvedena celovita presoja vplivov na okolje, pri kateri bo sodelovala tudi Avstrija.

Cilj sodelovanja Avstrije v postopku CPVO so priporočila za zmanjšanje, v najboljšem primeru odpravo, možnih škodljivih učinkov na Avstrijo. V predloženem končnem strokovnem mnenju je zapisana analiza podanih odgovorov slovenske strani na vprašanja iz strokovnega mnenja avstrijske strani (UMWELTBUNDESAMT 2020b).

Dokazilo o razgradnji

Dokazilo o razgradnji suhega skladišča zajema tako odvoz večnamenskih zabojsnikov z izrabljenim gorivom iz suhega skladišča kakor tudi razgradnjo nizko- in srednjeradioaktivnokontaminiranih zabojsnikov ter sestavnih delov.

Skladiščeno izrabljeno gorivo bo po končanem obratovanju suhega skladišča prepeljeno v načrtovano odlagališče za izrabljeno gorivo in pred prevozom ga bo mogoče treba tudi prepakirati. Takšno odlagališče je sicer načrtovano, a načrtovanje je šele v začetnih fazah. Zato je utemeljeno vprašanje kaj se bo zgodilo z izrabljenim gorivom po prenehanju obratovanja suhega skladišča, če ustrezno odlagališče še ne bo na razpolago. Navedena je bila možnost podaljšanja obratovanja suhega skladišča. Vendar je vprašljivo ali je lahko tako dolgo zagotovljeno tudi ustrezno stanje zabojsnikov.

Trajanje obratovanja odlagališča NSRAO Vrbina morda ne bo zadostovalo za odlaganje nizko- in srednjeradioaktivnih odpadkov (NSRAO) iz suhega skladišča, ko bo le-to prenehalo obratovati. V tem primeru bodo NSRAO iz suhega skladišča shranjeni v načrtovanem odlagališču za izrabljeno gorivo, kar pa lahko tudi tukaj povzroči ozka grla, ki naj bi jih rešili s podaljšanje obratovanja obstoječega odlagališča NSRAO v Vrbini.

Kako bipodaljšanje obratovanja tako za odlagališče Vrbina kot tudi za dolgoročno vmesno skladiščenje v suhem skladišču Krško vplivalo na okolje pa v okviru PVO ni bilo ocenjeno. V kolikor je predvideno podaljšanje obratovanja enega ali obeh bi bilo potrebno izvesti novo PVO.

Ocena načrtovanega suhega skladišča in zabojsnikov vključno z dolgoročnimi vidiki obratovanja

Izrabljeno gorivo iz obratovanja NEK je trenutno shranjeno v bazenu za izrabljeno gorivo, nameščenem v zgradbi za gorivo. Odločitev za gradnjo suhega skladišča v NEK je načeloma treba pozdraviti. Z vidika možnih učinkov na Avstrijo je suho skladiščenje v primerjavi z mokrim skladiščenjem bolj varno.

Premeščanje izrabljenega goriva (IG) iz mokrega skladišča v suho skladišče znatno zmanjša tveganje, ki ga predstavlja NE Krško. Vendar pa je v časovnem načrtu premeščanja premalo upoštevana varnost. V skladu z UMWELTBERICHT (2020) bo izrabljeno gorivo premeščeno iz bazena v suho skladišče v štirih fazah: že UMWELTBUNDESAMT (2020a. b) je opozoril, da morajo imeti varnostni vidiki

prednost pred gospodarskimi vidiki. Zato bi, po možnosti vso IG (približno 1.000 gorivnih elementov) katerega stopnja sevanja se je dovolj zmanjšala (najmanj pet let), premestili v suho skladišče nemudoma po začetku obratovanja. V skladu z ANTWORTEN (2020) je cilj, da bi z izvajanjem premeščanja pričeli čim prej. Poleg tega bo potekalo redno preverjanje časovnega načrta premeščanja, da bi tako čimbolj zmanjšali tveganja, ki so povezana s skladiščenjem goriva.

Za skladiščenje je bil izbran HI-STORM FW sistem za suho skladiščenje. Zabojujnik za shranjevanje je sestavljen iz zaščitnega plašča (HI-STORM FW) in košare (MPC-37). Za prevoze na lokaciji se bo uporabljal zabojujnik za premeščanje HI-TRAC. Po koncu skladiščenja bodo elementi izrabljenega goriva iz lokacije Krško premeščeni v transportnem zabojujniku HI-STAR 190.

Jamstvo za varnost, v skladu z UMWELTBERICHT (2020) ustreza tudi mednarodnim standardom in smernicam Mednarodne agencije za jedrsko energijo (IAEA) in Združenja zahodnoevropskih jedrskih upravnih organov (WENRA).

V primeru potrebnega popravila zabojujnikov po razgradnji NEK, je predviden prevoz zabojujnikov k zunanjemu ponudniku storitev, npr. v Švico. V naslednji reviziji načrta razgradnje NEK je treba razmisliti tudi o možnosti, da ostane objekt za ravnanje z izrabljenim gorivom (FHB) še naprej na voljo za morebitno popravilo zabojujnikov tudi po razgradnji NEK. To bi bilo iz varnostnega vidika dobrodošlo, saj je prevoz izrabljenega goriva vedno povezan z dodatnimi tveganji. V skladu z ANTWORTEN (2020) pa prevoz v nobenem primeru ne bo potekal preko Avstrije.

Na podlagi načrtovanja odlagališča bi bilo suho skladiščenje potrebno za obdobje 50 let. Obratovalna doba suhega skladišča za izrabljeno gorivo v NEK je predvidoma 60 let, z možnostjo podaljšanja obratovanja. Komponente sistema za skladiščenje bi morale biti zasnovane za življenjsko dobo 100 let.

Dobrodošlo je, da so komponente sistema za skladiščenje zasnovane za življenjsko dobo 100 let. Saj je v svetovnem merilu postalo jasno, da bo večina držav potrebovala za načrtovanje, odobritev in postavitve odlagališča, precej več časa kot prvotno načrtovano. Vendar pa je bil HI-STORM FW sistem za skladiščenje, s strani ameriškega homologacijskega organa NRC, odobren samo za obdobje 40 let. Zato brez nadaljnje obrazložitve nirazumljivo, kako bo izvedeno načrtovano skladiščenje za 100 let.

V ANTWORTEN (2020) je pojasnjeno kakšne so, v skladu z obstoječimi pogoji na lokaciji, predvidene modifikacije za suho skladišče in za zabojujnike za shranjevanje za čas skladiščenja 100 let. Poleg tega se bodo na vsakih 10 let izvajali periodični varnostni pregledi, ki bodo pogoj za podaljšanje obratovanja za naslednjih 10 let. Trenutno pa ni mogoče natančno napovedati ali je možno 100 let zagotavljati ustrezno stanje materialov zabojujnikov, predvsem pa njihovih tesnil. Premalo je mednarodnih izkušenj, da bi lahko ocenili možnosti. Zato je pomembno, da obstaja možnost izvajanja popravil na sami lokaciji.

Okvare in nesreče brez vpliva tretjih oseb

Zabojujniki bodo shranjeni v objektu za suho skladiščenje. Ta bo v spodnjem delu zasnovan do višine 6 m kot betonsko-jeklena konstrukcija, v zgornjem pa kot jeklena konstrukcija prekrita s kovinskimi paneli. Funkcija suhega skladišča je zaščititi zabojujnike pred zunanjimi vremenskimi vplivi in zagotoviti dodatno zaščito pred sevanjem.

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) HI-STORM FW sistem skupaj z objektom za suho skladiščenje zagotavlja osnovne varnostne funkcije. To obsega zagotavljanje podkritičnosti, odvajanje toplote iz zabojsnikov in preprečitev širjenja radioaktivnih snovi med obratovanjem, projektnimi dogodki in razširjenimi projektnimi dogodki.

Opisani so zaščitni ukrepi pred poplavami. Raven zaščite je iz današnjega vidika zadostna. Analiza možnih ekstremnih vremenskih dogodkov je bila izvedena. Ravno zaradi dolgoletnega skladiščenja je upoštevanje trendov v ekstremnih vremenskih pojavih pomembno. Po trenutnih dognanjih se zaradi podnebnih sprememb povečuje intenzivnost in pogostost ekstremnih dogodkov. Ni navedeno, da se bodo še naprej spremljali in ocenjevali trendi podnebnih sprememb, kar pa je priporočljivo zaradi dinamičnih in nelinearnih vplivov podnebnih sprememb.

V varnostnih analizah je bilo upoštevanih pet sprožilnih dogodkov (prevrnitev zabojsnika zaradi povečane potresne obremenitve, pasivno hlajenje zabojsnika nemogoče, strmoglavljenje potniškega letala ali vojaškega letala, zrušitev suhega skladišča in požar v primeru letalske nesreče). Ti sprožilni dogodki zajemajo dogodke, ki imajo največji vpliv.

V sklopu varnostnih analiz so bile izvedene tudi preiskave za primere učinka Cliff-Edge. To je na splošno dobrodošlo. Vendar pa ni pojasnjeno kateri dogodki z učinkom Cliff-Edge so bili preučeni in katere rezerve so bile nato določne.

Čeprav varnostne analize pri nobeni analizirani nesreči niso odkrile prepustnosti zabojsnika, je bila izvedena analiza radioloških posledic puščanja zabojsnika v primeru hipotetične okvare tesnjenja. V hipotetičnem primeru puščanja zabojsnika MPC 37 ta analiza ugotavlja, da je 30-dnevni odmerek na razdalji 80 km od NEK manj kot 0,2 mSv. Načeloma je treba pozdraviti, da je bila taka preiskava izvedena v okviru postopka CPVO. Vendar pa je temperatura v zabojsniku, ki je bila upoštevana za analizo, relativno nizka. Potencialno sproščanje je močno odvisno od temperature. Zato v primeru strmoglavljenja letala ni popolnoma izključena možnost povečane izpostavljenosti sevanju.

Okvare in nesreče, ki jih povzročijo zunanji vplivi

Varnostna analiza je bila med drugim izvedena za letalsko nesrečo v kombinaciji s požarom kerozina in zrušenjem skladišča. Tudi če analizirani scenarij ni konservativen glede mehanskih in toplotnih obremenitev, zajema varnostna analiza učinke potresa.

Podrobnejša razprava o analizah in rezultatih načrtovanega suhega skladišča v povezavi s potresi ni potrebna in smiselna. Vendar to ne izključuje stalnega ocenjevanja nevarnost potresa na lokaciji glede na reaktor.

Okvare in nesreče zaradi vpliva tretjih oseb

Različni teroristični scenariji bi lahko povzročili velike izpuste iz suhih skladišč na lokacijah Krško, kar bi lahko prizadelo tudi Avstrijo. Upoštevanje možnih terorističnih napadov ustreza trenutnemu stanju znanosti in tehnologije. Podrobnosti zaščite pred terorističnimi napadi zaradi zaupnosti ni mogoče obravnavati v postopku CPVO. Možno pa je opisati predvidene zaščitne ukrepe za scenarije, o katerih so v nekaterih državah že javno razpravljali.

Poleg možnega terorističnega napada s strmoglavljenjem letala na suho skladišče je možen tudi scenarij uporabe **protioklepnega orožja** na zabojnikih. V Nemčiji ta scenarij obravnavajo v okviru odobritve suhega skladišča.

Opozoriti je treba tudi na nevarnost tako imenovanih internih storilcev. **Nuclear Threat Initiative (NTI) (Pobuda za jedrsko grožnjo)** uporablja indeks jedrske varnosti za oceno ukrepov, ki jih države sprejmejo za zmanjšanje tveganja sabotaž in terorističnih napadov na jedrske objekte. V skladu s NTI (2020) je v Sloveniji zaščita pred grožnjo internih storilcev pomanjkljiva.

V ANTWORTEN (2020) je pojasnjeno, da se NE Krško ukvarja z možnimi posledicami načrtnega vpliva tretjih oseb v primeru terorističnega napada. Analizirajo se možne posledice ter ukrepi za zaščito in zmanjšanje škode. Te analize redno posodablajo. Poudarjeno je, da so te analize zaupne, kar pomeni da je bil upoštevan del priporočila UMWELTBUNDESAMT (2020b)

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) je funkcija načrtovane zgradbe za suho skladiščenje izrabljenega goriva zaščita zabojnikih za skladiščenje pred zunanjimi vremenskimi vplivi. Zaščito načrtovanega suhega skladišča pred letalsko nesrečo in pred drugimi hudimi zunanjimi vplivi naj bi zagotavljali predvsem zabojniki.

Po navedbah proizvajalca skladiščni modul HI-STORM FW ščiti skladiščno vsebino pred naravnimi in umetnimi projektili, vključno strmoglavljenjem letala F-16. (HOLTEC 2019b) F-16 je ameriško bojno letalo z največjo vzletno maso približno 20 t in količino kerozina manj kot 10.000 l. Potniško letalo ima lahko bistveno močnejše mehanske in toplotne učinke na skladiščene zabojniki.

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) v primeru strmoglavljenja potniškega letala (Boeing 747-400ER) na načrtovano suho skladišče na lokaciji Krško ne bo prišlo do sproščanja radioaktivnih snovi v okolje. V obravnavanem scenariju pa je hitrost letala zgolj 100 m/s (360 km/h) in je tako razmeroma nizka. Zato povzročeni učinki znatno podcenjujejo možne mehanske obremenitve. V Nemčiji na primer je bila v ustreznih raziskavah predvidena bistveno višja hitrost 175 m/s (630 km/h). V zvezi s strmoglavljenjem letala pa je dobrodošlo to, da so bili pokrovi zabojnikih sistema skladiščenja modificirani, saj izboklina bolje prenese mehanično obremenitev strmoglavljenja letala.

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) je predvideno, da se celotna količina kerozina (245.000 litrov) razporedi po skladišču in tam gori. Trajanje požara bi tako znašalo 26 minut in predvidena temperatura bi bila 800 ° C. V sklopu okoljskega poročila CPVO so bile izvedene analize občutljivosti na učinke pri požarni temperaturi 1.000 ° C. Tudi za ta primer niso bili analizirani izpusti iz zabojnikih. Analize možnega učinka Cliff-Edge v primeru dolgo trajajočega požara niso bile izvedene.

Čezmejni učinki

Da bi ocenili možnost vpliva na Avstrijo, bi morali oceniti količino in stopnjo kontaminacije v primeru najhujše možne nesreče. Takšna nesreča je lahko tudi prenehanje tesnjenja več zabojnikih v primeru dolgo trajajočega požara.

Zaželen je izračun širjenja v Avstrijo v primeru neugodnih vremenskih razmer in navedba najvišje stopnje sevanja za ozemlje Avstrije ter najvišje vrednosti, predvsem za ranljive skupine kot so otroci.