



## PROJEKT:

Langfristiger Betrieb des Kernkraftwerks Krško (2023 - 2043)

(Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre)



TITEL: **PROJEKT: LANGFRISTIGER BETRIEB DES  
KERNKRAFTWERKS KRŠKO (2023 - 2043)**

DATUM: **Oktober 2021**

ZEICHEN: **NEK ESD – RP-205**

AUFTRAGGEBER: **Nuklearna elektrarna Krško, d.o.o.  
[Kernkraftwerk Krško GmbH]  
  
Vrbina 12, 8270 Krško**

VERFASSER: **Nuklearna elektrarna Krško, d.o.o.  
Vrbina 12, 8270 Krško**

VORHABENSTRÄGER: **Nuklearna elektrarna Krško, d.o.o.  
Vrbina 12, 8270 Krško**

**Stanislav Rožman, Vorstandsvorsitzender der NEK**

**Saša Medaković, Vorstandsmitglied der NEK**

MITWIRKENDE BEI DER BERICHTSERSTELLUNG

Autoren:

Stanko Manojlović,

Leitender Ingenieur für die Unterstützung des langfristigen Betriebs

Mag. Ilijana Iveković,

Ingenieurin für Genehmigungen

Geprüft von:

Aleksandra Antolovič,

Leiterin der Abteilung für Analysen und Genehmigungen

Janko Cerjak,

Fachmitarbeiter für Engineering

Mag. Božidar Krajnc,

Direktor der Organisationseinheit Engineering

Genehmigt von:

Saša Medaković

Vorstandsmitglied der NEK

Stanislav Rožman

Vorstandsvorsitzender der NEK

## Änderungshistorie

Rev.	Ausgabedatum	Änderungen
Rev. 0	04. Februar 2021	N/A
Rev. 1	22. Februar 2021	<ul style="list-style-type: none"><li>- Änderung des Projekttitels (Anpassung der Terminologie an die IAEO- und EU-Praxis bzw. -Terminologie),</li><li>- kleinere redaktionelle Änderungen (in den Abschnitten 3.1.2, 3.3, 5.1, 5.2.5, Abbildung 9 und 10 in Abschnitt 5.3.2); Vereinheitlichung mit den ins Englische übersetzten Planungsunterlagen.</li></ul>
Rev.2	20. September 2021	<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Änderungen berücksichtigen den aktuellen Zustand der Anlage. Im Jahr 2021 wurden eine Reihe von Änderungen an der Anlage, die sich aus den Post-Fukushima-Maßnahmen ergaben, abgeschlossen.</li></ul>
Rev.3	22. Oktober 2021	<ul style="list-style-type: none"><li>- Kleinere Korrekturen des Textes, Harmonisierung der Terminologie und der Bedeutung der Abkürzungen, Aktualisierung der Verweise,</li><li>- Mengen an radioaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen für dasselbe Jahr, Ende 2020</li></ul>

## Inhaltsverzeichnis

Änderungshistorie .....	4
Abkürzungen: .....	6
1. Zusammenfassung.....	9
2. Einleitung.....	10
2.1. Allgemeines zum KKW Krško .....	10
2.2. Langfristiger Betrieb des KKW Krško im Zusammenhang mit der Energiezukunft Sloweniens 12	
3. Beschreibung der aktuellen Situation im Jahr 2021.....	15
3.1. Lage des KKW Krško, geografischer Standort, Übersicht der Grundstücke .....	15
3.2. Technologie des KKW Krško .....	21
3.3. Programm der sicherheitstechnischen Aufrüstung.....	37
3.4. Periodische Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ) .....	38
3.5. Unabhängige internationale Peer Reviews des Kraftwerksbetriebs.....	39
3.6. Alterungsmanagementprogramm (AMP).....	40
3.7. Managementsystem.....	42
3.8. Die wesentlichen Sicherheitsmerkmale des Kraftwerks im Jahr 2021.....	43
4. Beschreibung der voraussichtlichen Situation im Jahr 2043.....	53
4.1. Ausgangspunkte .....	53
4.2. Planungsgrundlagen für den langfristigen Betrieb des KKW Krško.....	57
5. Ausgangspunkte für die Bewertung der Umweltauswirkungen des langfristigen Betriebs des KKW Krško .....	59
5.1. Grundlegende Erläuterungen zum Vorhaben .....	59
5.2. Mögliche Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die Umwelt .....	59
5.3. Ausgangssituation und Skizzierung der weiteren Entwicklung für den Fall ohne Durchführung des Vorhabens (ohne Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško, Nullvariante).....	65
6. Stilllegungsprogramm .....	71
7. Graphische Darstellungen .....	73
8. Abschließende Feststellungen.....	75
9. Referenzen .....	76
10. Anhänge: .....	82
10.1. Anhang 1: Liste der erteilten Baugenehmigungen.....	82

## Abkürzungen:

AAF	Alternative Auxiliary Feedwater, ein alternatives System zum Befüllen von Verdampfern
ABE	Abgebrannte Brennelemente
AMP	Aging Management Program, Alterungsmanagementprogramm
ARRS	Forschungsagentur der Republik Slowenien
ARSO	Umweltagentur der Republik Slowenien
ASI	Alternative Safety Injection, alternative Sicherheitseinspeisung
BB1,2	Bunkered Building 1 or 2, befestigte Gebäude 1 und 2
BS OHSAS 18001:2007	Norm für Arbeitsschutzmanagement
CAMP	Code Applications and Maintenance Program
CDF	Core Damage Frequency, Kernschadenshäufigkeit
CSARP	Cooperative Severe Accident Research Program
CT3	Cooling Towers, Kühlturm, Kühlzellen
CW	Circulating Water System, Kühlwasserkreislaufsystem
DB	Design Basis Accident, Auslegungstörfall
DBF	Design Basis Flood, Auslegungshochwasser
DEC TS	Design Extension Conditions Technical Specification, Technische Spezifikationen für erweiterte Auslegungsgrundlagen
DEH	Digital Electro Hydraulic
DG3	Diesel Generator 3, Dieselgeneratorsystem 3
EES	Stromversorgungssystem
ENSREG	The European Nuclear Safety Regulators Group
EPRI	Electric Power Research Institute
ETS	Emissions Trading System, System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Europäischen Union
EU	Europäische Union
FHB	Fuel Handling Building, Brennelementhandhabungsgebäude
GALL	Generic Aging Lessons Learned
HTS	High Temperature Seals, Hochtemperatur-Dichtungen
IAEA	International Atomic Energy Agency, siehe MAAE
IEA	International Energy Agency
INPO	Institute of Nuclear Power Operations
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen
ISEG	Independent Safety Engineering Group
ISO 14001:2015	Umweltmanagementsystem
ISO 45001:2018	Norm für Arbeitsschutzmanagementsysteme
JV5	Regelung über die Faktoren des Strahlenschutzes und der nuklearen Sicherheit
JV9	Regelung zur Gewährleistung der Sicherheit nach der Inbetriebnahme von Strahlungseinrichtungen oder kerntechnischen Anlagen
LILW	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
LOCA	Loss of Coolant Accident, Unfall mit Kühlmittelverlust
LTO	Long Term Operation, Langzeitbetrieb
MAAE	Slowenische Abkürzung für die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO)
MD1	Sicherheitssammelschienen 1
MD2	Sicherheitssammelschienen 2
MOP	Ministerium für Umwelt und Raumordnung
NEA	Nuclear Energy Agency
NEK	Kernkraftwerk Krško
NEK MD-2	Managementsystem - Ablauforganisation
NEPN	Umfassender nationaler Energie- und Klimaplan der Republik Slowenien
NOMIS	Nuclear Operation and Maintenance Information System
NUMEX	Nuclear Maintenance Experience Information System
NZIR	Schutz- und Rettungsplan

OSART	Operational Safety Review Team
OE	Operating Experience, Betriebserfahrung
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development)
OPC	Operatives Unterstützungszentrum
OSART	Operational Safety Review Team, Expertenteam der IAEA für die Überprüfung der Betriebssicherheit
OVD	Umweltgenehmigung
OVE	Erneuerbare Energien
OVS	Umweltschutzzustimmung
PAR	Passive Autocatalytic Recombiners, passive autokatalytische Rekombinatoren
PB	Pretreatment Building; Vorbehandlungsgebäude für das Filterwassersystem
PCFVS	Passive Containment Filtering Vent System, passives Filtersystem
PDEH	Programmable Digital Electro Hydraulic
PGA	Peak Ground Acceleration, maximale Bodenbeschleunigung an der Oberfläche
PMF	Probable Maximum Flood, wahrscheinlich höchstes Hochwasser
PNV	Programm der sicherheitstechnischen Aufrüstung
POD	Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre bis 2043
PP	Vorverfahren
PSA	Probabilistic Safety Assessment, Probabilistische Sicherheitsanalyse
PSR / PSÜ	Periodic Safety Review, periodische Sicherheitsüberprüfung
PW	Pretreatment Water System, Filterwassersystem
PWROG	Pressurized Water Reactor Owners Group, Gruppe von Eigentümern von Druckwasserreaktoren
RAO	Radioaktiver Abfall
RETS	Radiological Effluent Technical Specifications, Radiologische technische Spezifikationen
RH	Republik Kroatien
RNOs	(Radiologisch) überwachter Bereich gemäß dem <i>Gesetz über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit (ZVISJV-1)</i>
RS	Republik Slowenien
RTP	Umspannwerk
RWSB	Radioactive Waste Storage Building, Lagergebäude für radioaktive Abfälle
SAMG	Severe Accident Management Guidelines, Leitlinien für das Management schwerer Unfälle
SBO	Station Blackout, Verlust der gesamten Wechselstromversorgung
SFDS	Spent Fuel Dry Storage, Trockenlagerung abgebrannter Brennelemente
SFP	Spent Fuel Pool System, Becken für abgebrannte Brennelemente
SC	Supercompacting
SNSA	Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (Slovenian Nuclear Safety Administration)
SOER	Significant Operating Experience Report
SSC	Structures, systems and components, Gesamtheit der Strukturen, Systeme und Komponenten
SV	Sanitary Drain System
SW	Essential Service Water System
TGP	Treibhausgase
TPC	Technisches Unterstützungszentrum
TS	NEK Technical Specifications, Technische Spezifikationen des KKW Krško
UVP-Verordnung	Verordnung über Umwelteingriffe, für die eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich ist
USAR	Updated Safety Analysis Report, aktualisierter Sicherheitsanalysebericht des KKW Krško
U.S. NRC	United States Nuclear Regulatory Commission, Verwaltungsbehörde der USA
URSJV	Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (Slovenian Nuclear Safety Administration)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung

VVA	Probabilistic Safety Assessment, Probabilistische Sicherheitsanalyse
VZD	Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz
ZVISJV-1	Gesetz über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit
ZVO-1	Umweltschutzgesetz
WANO	World Association of Nuclear Operators, Weltverband der Kernkraftwerksbetreiber
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association, Verband westeuropäischer Nuklearaufsichtsbehörden
WMB	Waste Manipulation Building, Abfallhandhabungsgebäude
WOG	Westinghouse Owners Group

## 1. Zusammenfassung

Das Kernkraftwerk Krško (im Folgenden "KKW Krško") mit einer Ausgangsleistung von 696 MWe erzeugt etwa 38 % des gesamten slowenischen Stroms, was etwa die Hälfte des gesamten kohlenstoffarmen Stroms in Slowenien darstellt.

Im Jahr 1983 nahm das KKW Krško den kommerziellen Betrieb auf. Zum Zeitpunkt des Baus war eine Mindestbetriebsdauer von 40 Jahren vorgesehen, jedoch wurden in diesem Zeitraum zahlreiche sicherheitstechnische und andere Nachrüstungen vorgenommen sowie zahlreiche Analysen durchgeführt, aus denen folgt, dass aus Sicht des Klimaschutzes, der Verringerung der Treibhausgasemissionen, des Ausstiegs aus der Nutzung fossiler Brennstoffe, der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit eine Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško eine sinnvolle Lösung darstellt, die auch andernorts auf der Welt üblich ist. Damit sind die technischen Voraussetzungen dafür geschaffen, dass das KKW Krško noch mindestens zwanzig Jahre, also bis Ende 2043, betrieben werden kann.

Das KKW Krško wird auf Grundlage der Betriebsgenehmigung [3] betrieben, die in direktem Zusammenhang mit dem Sicherheitsbericht des KKW Krško [2] steht und alle Bedingungen und Einschränkungen für den sicheren Betrieb des Kraftwerks enthält. Das KKW Krško besitzt eine gültige, zeitlich unbegrenzte Betriebsgenehmigung. Technisch ist sein Betrieb mindestens bis zum Jahr 2043 möglich, sofern gemäß den geltenden Rechtsvorschriften alle zehn Jahre eine periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) durchgeführt wird, die vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (Slovenian Nuclear Safety Administration, im Folgenden: "SNSA"), zu genehmigen ist. Das KKW Krško ist verpflichtet, alle Aspekte der Betriebssicherheit des Kraftwerks zu gewährleisten.

Das KKW Krško arbeitet in Übereinstimmung mit allen in der Republik Slowenien geltenden Vorschriften und gemäß den Betriebsbeschränkungen und -bedingungen, die im *Gesetz über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit* (ZVISJV-1) und nachrangigen Akten, der Betriebsgenehmigung [3], den technischen Spezifikationen des KKW Krško (TS [9], RETS [11] und DECTS [10]) den wasserrechtlichen Genehmigungen ([5], [6] und [7]), der Umweltgenehmigung [4] udgl. festgelegt sind. Mit der Verlängerung der Betriebsdauer kann das KKW Krško weitere zwanzig Jahre, also bis 2043, im Rahmen der gleichen Einschränkungen betrieben werden, ohne die bestehenden gesetzlichen Anforderungen oder Beschränkungen zu überschreiten.

Die ständigen Nachrüstungen und Änderungen, die durchgeführt wurden, gewährleisten ein deutlich höheres Sicherheitsniveau als zum Zeitpunkt des Baus des Kraftwerks. Mit den geltenden Sicherheitsstandards und -anforderungen, die in der Nuklearindustrie viel höher sind als bei jeder anderen existierenden Technologie, ist Nukleartechnologie heute die sicherste Art der Stromerzeugung, die die Menschheit kennt [57].

Gemäß dem Beschluss Nr. 35405-286/2016-42 der Umweltagentur der Republik Slowenien (ARSO) vom 2.10.2020 [1] muss das KKW Krško eine Umweltgenehmigung für die Betriebsverlängerung von 2023 bis 2043 einholen. Das Verfahren zur Erteilung der Umweltgenehmigung erfolgt gemäß dem Umweltschutzgesetz (ZVO-1) [40].

Im Verfahren zur Erteilung der Umweltgenehmigung sind die Bestimmungen der Aarhus-Konvention [43] und der Espoo-Konvention [42] zu beachten, was bedeutet, dass auch ein grenzüberschreitendes UVP-Verfahren durchzuführen ist.

## 2. Einleitung

### 2.1. Allgemeines zum KKW Krško

Das Kernkraftwerk Krško mit einer Ausgangsleistung von 696 MWe erzeugt etwa 38 % des gesamten slowenischen Stroms und steht damit an der Spitze der slowenischen Stromerzeuger. Die Gesellschaft Nuklearna Elektrarna Krško d.o.o. exportiert gemäß dem Zwischenstaatlichen Abkommen [30] die Hälfte des im KKW Krško erzeugten Stroms in die Republik Kroatien. Die Stromerzeugung erfolgt im Grundlastbereich (d. h. ständiger Betrieb mit voller Leistung) und gewährleistet die Stabilität des Stromnetzes. Bei der Stromerzeugung emittiert das KKW Krško keine Treibhausgase, was es als kohlenstoffarme Erzeugungseinheit einstuft. Der slowenische Teil des vom KKW Krško erzeugten Stroms macht etwa die Hälfte des gesamten kohlenstoffarmen Stroms in Slowenien aus.

Das KKW Krško wird gemäß den folgenden Beschlüssen betrieben: Zustimmung zur Inbetriebnahme des KKW Krško, Bescheid des Energieinspektorats der SR Slowenien Nr. 31-04/83-5 vom 6.2.1984, Änderung der Betriebsgenehmigung für das KKW Krško, Bescheid des Amts der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit Nr. 3570-8/2012/5 vom 22.4.2013 [3] und NPP Krško Updated Safety Analyses Report (im weiteren Text: "USAR") [2].

#### 2.1.1. Sichere, zuverlässige und wettbewerbsfähige Stromerzeugung

Das KKW Krško nahm den kommerziellen Betrieb im Jahr 1983 auf. Zum Zeitpunkt des Baus war eine Mindestbetriebsdauer von vierzig Jahren vorgesehen, jedoch wurden in diesem Zeitraum zahlreiche sicherheitstechnische und andere Nachrüstungen vorgenommen sowie zahlreiche Analysen durchgeführt, aus denen folgt, dass aus Sicht der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit eine Verlängerung der Betriebsdauer eine sinnvolle Lösung darstellt, die auch andernorts auf der Welt üblich ist. Mit den Modernisierungen und Analysen wurden die technischen Voraussetzungen dafür geschaffen, dass das KKW Krško noch mindestens zusätzliche zwanzig Jahre, also bis Ende 2043, betrieben werden kann.

Ein zuverlässiger und sicherer Betrieb unter allen Bedingungen ist die vorrangige Aufgabe des KKW Krško. Seit seiner Errichtung hat das KKW Krško eine Reihe von Modernisierungen durchgeführt, die die Sicherheit und Effizienz der Anlage erhöht haben. Durch die Modernisierungen wird auch die Umweltverträglichkeit der Stromerzeugung aufrechterhalten bzw. sichergestellt. Die Auswirkungen der mehrjährigen Investitionen auf die Stromerzeugung spiegeln sich in der gesteigerten Effizienz der Stromerzeugungsprozesse wider, was wiederum in einer höheren Stromerzeugung zum Ausdruck kommt. Diese ist von 4,5 TWh/Jahr auf 5,45 TWh/Jahr gestiegen. Die Steigerung der Stromerzeugung ist auf die Verlängerung des Brennstoffzyklus auf 18 Monate, die Verkürzung der regelmäßigen Überholungen, den vorbeugenden Austausch von Ausrüstungsteilen und die Modernisierung der Betriebsabläufe zurückzuführen. Diese Steigerung der Stromerzeugung, die im Durchschnitt zusätzlich 1.000 GWh/Jahr Strom ohne unmittelbare CO<sub>2</sub>-Emissionen darstellt, entspricht der optimalen jährlichen Stromerzeugung aller acht Wasserkraftwerke an der Unteren Save.

Der Betrieb des KKW Krško ist sicher, wobei die höchsten Umwelt- und Industriestandards gewährleistet werden.

#### 2.1.2. Die nukleare Sicherheit hat oberste Priorität

Die Sicherheit hat in Kernkraftwerken stets oberste Priorität. Die bestehenden internationalen Sicherheitsstandards und -anforderungen sind in der Nuklearindustrie viel höher als bei jeder anderen existierenden Stromerzeugungstechnologie. Um all diese Anforderungen zu erfüllen, verfügen

bestehende Kernkraftwerke über zahlreiche und vielfältige Systeme zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit, die im Laufe von drei Generationen der Kernkraftwerkentwicklung ein sehr hohes Zuverlässigkeits- und Effizienzstuf erreicht haben. Durch die Einhaltung der modernen internationalen Sicherheitsstandards ist die Nukleartechnik die sicherste Art der Stromerzeugung, die die Menschheit heute kennt [57].

In der Nuklearindustrie unterliegt die Einhaltung und Erfüllung der vorgegebenen Sicherheitsanforderungen einer etablierten internationalen und nationalen Aufsicht in Form von verschiedenen Inspektionen und internationalen Bewertungsmissionen.

Das KKW Krško wird regelmäßig von einer Reihe internationaler Missionen bewertet, die sich auf alle Aspekte des Betriebs konzentrieren, wobei der Schwerpunkt auf der Gewährleistung der nuklearen Sicherheit liegt. Die Prüfungen werden durchgeführt von der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO), dem Weltverband der Kernkraftwerksbetreiber (WANO bzw. INPO) u. a. Nach der WANO-Sicherheitsinspektion wurde das KKW Krško in die erste Erfolgsklasse eingestuft und zählt damit zu den besten Kernkraftwerken der Welt.

In den letzten 10 Jahren wurden im KKW Krško folgende Missionen durchgeführt:

außerordentliche Sicherheitsüberprüfung EU-Stresstests im Jahr 2012, IAEO - Topical Peer Review Ageing Management im Jahr 2018, OSART - Operational Safety Review Team der IAEO im Jahr 2017 sowie WANO Peer Review in den Jahren 2014 und 2018.

#### *EU-Stresstests*

Im Rahmen der EU-Stresstests, die von der Europäischen Kommission nach dem Unfall in Fukushima im März 2011 durchgeführt wurden, war das KKW Krško das einzige Kernkraftwerk in Europa, das keine Empfehlungen erhielt – es steht damit an der Spitze der europäischen Kraftwerke. Die Ergebnisse des Berichts zeigen, dass das KKW gut konzipiert und gebaut ist und zusammen mit den zusätzlich verfügbaren Ausrüstungen ein hohes Maß an Bereitschaft für schwere Unfälle aufweist. Das KKW Krško hat eine gründliche Analyse der auslegungsüberschreitenden Störfälle durchgeführt und ein Programm der sicherheitstechnischen Aufrüstung (Safety Upgrade Program) ausgearbeitet [25]. Das Programm der sicherheitstechnischen Aufrüstung wurde vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit [26] bestätigt und umfasst eine Reihe von Verbesserungen und zusätzlichen Systemen für das Management von auslegungsüberschreitenden Störfällen. Nach Umsetzung des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung wird das KKW Krško hinsichtlich seiner Sicherheit mit neueren Typen von Kernkraftwerken, die heute weltweit gebaut werden, vergleichbar sein.

Zu den wichtigsten sicherheitstechnischen Aufrüstungsmaßnahmen, die derzeit im Gange sind, gehört das Projekt des Baus eines Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente. Das Trockenlagersystem ermöglicht es, abgebrannte Brennelemente in spezielle Behälter umzulagern, die eine passive Kühlung und Schutz vor ionisierender Strahlung bieten.

#### *Sicherheitsüberprüfung der Internationalen Atomenergiebehörde (OSART)*

Im Jahr 2017 führte die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) bereits die vierte Mission des Operational Safety Review Teams (OSART) durch. Slowenien ist Mitglied der IAEO, daher müssen formelle Verfahren, wie es die Einladung einer solchen Mission ist, von der Regierung der Republik Slowenien genehmigt werden. Das Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (SNSA) berichtet der Regierung über die Ergebnisse und legt den Bericht der OSART-Mission vor. Im KKW Krško gab es zuvor schon drei solcher Missionen, und zwar in den Jahren 1984, 1993 und 2003.

In dem Bericht hoben die Mitglieder der OSART-Mission hervor, dass das KKW Krško im Anschluss an die im Jahr 2017 durchgeführte OSART-Mission alle Empfehlungen und Vorschläge systematisch analysiert und einen Plan für Abhilfemaßnahmen erstellt hat. Die OSART-Mission kam zu dem Schluss, dass die durchgeführten wie auch die in Umsetzung befindlichen Maßnahmen den Empfehlungen und Vorschlägen der ursprünglichen OSART-Mission voll entsprechen. Der Stand der Umsetzung der OSART-Maßnahmen wird von der SNSA regelmäßig durch zusätzliche Treffen und Inspektionen überprüft. Alle Maßnahmen wurden bis Mitte 2019 umgesetzt.

#### *WANO Peer Review in den Jahren 2014 und 2018*

Der Weltverband der Kernkraftwerksbetreiber (WANO) hat 2014 eine umfassende Überprüfung des Betriebs vorgenommen. Das KKW Krško erhielt die höchste Gesamtbewertung für nukleare Sicherheit und Betriebsbereitschaft. Dies war die vierte Überprüfung dieser Art (die vorherigen fanden 1995, 1999 und 2007 statt).

In der letzten Überprüfung im Jahr 2018 hoben die Mitglieder der Mission die überdurchschnittlich hohe Umsetzung der Empfehlungen aus internationalen Betriebserfahrungen und die Erfolge im Bereich der Sicherheitskultur hervor, d. h. der Grundsätze, die die Arbeitsweise kerntechnischer Anlagen leiten und die Grundlage für ihren sicheren und stabilen Betrieb bilden.

Unter den bewährten Praktiken, die als Vorbild für andere Kernkraftwerke dienen, wurden die Kapazität und Qualität des Vollsimmersators für die Schulung des Betriebspersonals hervorgehoben.

Die höchste Gesamtbewertung für nukleare Sicherheit und Betriebseffizienz ist eine zusätzliche Verpflichtung für das KKW Krško, sich in den Bereichen Management, Kommunikation, interne Richtlinien, Arbeitserwartungen und Zusammenarbeit weiter zu verbessern und somit alle Erwartungen zu erfüllen.

## 2.2. Langfristiger Betrieb des KKW Krško im Zusammenhang mit der Energiezukunft Sloweniens

Um eine zuverlässige Stromversorgung in Slowenien zu gewährleisten, ist eine Kombination verschiedener Stromquellen erforderlich, die hinsichtlich ihrer Effizienz und unter Berücksichtigung der räumlichen Auswirkungen auf das slowenische Staatsgebiet ausreichen, um den prognostizierten künftigen Stromverbrauch zu decken. Aufgrund der geplanten Erhöhung der Verkehrselektrifizierung (Einsatz von Elektrofahrzeugen), der Elektrifizierung der Heizung (Einsatz von Wärmepumpen) sowie der Elektrifizierung und dem Ausstieg aus fossilen Brennstoffen in anderen Sektoren wird Slowenien einen steigenden Anteil an stabiler Stromversorgung benötigen. Schätzungen zufolge [14], [15] wird das Stromdefizit in Slowenien weiter zunehmen (Slowenien importiert seit mehreren Jahren Strom, der etwa 20 % des Verbrauchs ausmacht). Selbst wenn das KKW Krško wie geplant in Betrieb bleibt, wird Slowenien bis zum Jahr 2030 trotz der technologischen Entwicklung, einer wesentlich effizienteren Stromnutzung und der intensiven Einführung neuer erneuerbarer Energien (EE) immer noch ein Stromdefizit von mindestens 1 TWh/Jahr aufweisen. Infolgedessen müsste die Republik Slowenien den fehlenden Strom entweder importieren oder durch den Bau neuer Kraftwerke erzeugen, die aber in so kurzer Zeit nicht raumplanerisch festgelegt, gebaut und in Betrieb genommen werden können.

Gemäß dem Pariser Abkommen und dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen hat sich die EU das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um 40 % gegenüber dem Jahr 1990 zu reduzieren, was einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 36 % gegenüber dem Jahr 2005 entspricht. Gemäß der Verordnung zur Festlegung verbindlicher nationaler Jahresziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen in den EU-Mitgliedstaaten ist

Slowenien verpflichtet, seine Treibhausgasemissionen in den nicht im Emissionshandelssystem erfassten Sektoren bis zum Jahr 2030 um mindestens 15 % unter das Niveau des Jahres 2005 zu senken. Zusätzlich zum Ziel für 2030 ist in der Verordnung auch eine lineare Trajektorie festgelegt, die unter Berücksichtigung der in der Verordnung vorgesehenen Flexibilität nicht überschritten werden darf. Der Umfassende nationale Energie- und Klimaplan der Republik Slowenien (NEPN) [14] setzt höhere Ziele für die Verringerung der (Nicht-EHS-)Treibhausgasemissionen bis 2030, nämlich um mindestens 20 % gegenüber dem Jahr 2005.

Wärme- und Heizwerke sind in das Emissionshandelssystem einbezogen. Das EU-Emissionsreduktionsziel für das EHS bis 2030 beträgt 43 % gegenüber dem Jahr 2005. Gemäß den Zielen soll ebenfalls die Stromerzeugung in mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerken reduziert werden, da der steigende Preis der CO<sub>2</sub>-Emissionen die wirtschaftliche Kalkulation für den Betrieb dieser Anlagen bestimmen wird. Für die Zukunft ist daher die Schließung von Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen, die gegenüber kohlenstoffarmen Technologien nicht wettbewerbsfähig sein werden, zu erwarten.

Im Dezember 2019 hat der Europäische Rat das EU-Klimaneutralitätsziel bis 2050 unterstützt. Das EU-weite Gesamtziel für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen wird von 40 % auf 55 % der Emissionen des Jahres 1990 bis zum Jahr 2030 verschärft. Die Lastenteilungsverordnung erhöht die Zielvorgaben für den jeweiligen Mitgliedstaat im Nicht-EHS-Sektor; eine Debatte ist im Gange.

Der Betrieb des KKW Krško, das für seinen Betrieb keine fossilen Energieträger benötigt und beim Betrieb keine Treibhausgase ausstößt, ist in diesem Zusammenhang von noch größerer Bedeutung.

Im Zuge der Ausarbeitung des Umfassenden nationalen Energie- und Klimaplanes der Republik Slowenien (NEPN), der die Ziele, Strategien und Maßnahmen für Dekarbonisierung, Energieeffizienz, Energieversorgungssicherheit, Energiebinnenmarkt, Forschung, Innovationen und Wettbewerbsfähigkeit für den Zeitraum bis 2030 (mit einer Vision bis 2040) festlegt, wurde beschlossen, eine umfassende Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen, einschließlich einer Beurteilung der Verträglichkeit für Naturschutzgebiete, sowie ein operationelles Programm und einen Zusatz für eine Beurteilung der Verträglichkeit der Auswirkungen auf Naturschutzgebiete zu erstellen.

Im Rahmen des für den NEPN durchgeführten umfassenden UVP-Verfahrens wurde ein Umweltbericht erstellt [16], in dem die Umweltauswirkungen der Umsetzung des Plans und mögliche Alternativen unter Berücksichtigung der Ziele und geografischen Merkmale des plangegenständlichen Gebiets identifiziert, beschrieben und bewertet wurden. Auch die Verträglichkeit der Auswirkungen des Plans auf Schutzgebiete wurde geprüft. Die Auswirkungen wurden unter Berücksichtigung der im Plan (NEPN) angeführten Minderungsmaßnahmen für akzeptabel befunden.

Am 28.2.2020 hat die Regierung der Republik Slowenien durch ihre Bestätigung des Umfassenden nationalen Energie- und Klimaplanes der Republik Slowenien die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško nach 2023 vorgesehen. In beiden Szenarien (Szenario mit den bestehenden Maßnahmen und Szenario gemäß NEPN) ist eine weitere Stromerzeugung im KKW Krško vorgesehen.

Mit der EntschlieÙung über die langfristige Klimastrategie Sloweniens 2050 (Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 119/21) hat sich Slowenien das Ziel gesetzt, bis 2050 Netto-Null-Emissionen bzw. Klimaneutralität zu erreichen. Als strategisches sektorspezifisches Ziel für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen und Vergrößerung der Senken für die Energiewirtschaft sieht die Resolution eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 90 - 99 % bis zum Jahr 2050 gegenüber dem Jahr 2005 vor. Unter den beschlossenen Zielsetzungen und Maßnahmen bis zum Jahr 2030 übernimmt die EntschlieÙung den Inhalt des NEPN. In den wesentlichen Zielsetzungen bis 2050 sind Handlungsfelder festgelegt, die neben effizienter Energienutzung, Kreislaufwirtschaft und anderen Maßnahmen zur

Verringerung des Energiebedarfs für Slowenien entscheidend auf dem Weg zur Erreichung der Klimaneutralität sein werden. Hierzu zählt auch der Bereich Kernenergie, wo Slowenien eine langfristige Kernenergienutzung plant.

### 3. Beschreibung der aktuellen Situation im Jahr 2021

#### 3.1. Lage des KKW Krško, geografischer Standort, Übersicht der Grundstücke

Das KKW Krško befindet sich in der Gemeinde Krško, südöstlich der Stadt Krško, in der Katastralgemeinde Leskovec an der Adresse Vrbina 12, Krško, wo am linken Ufer des Flusses Save ein Gebiet mit langjähriger energiewirtschaftlicher Nutzung liegt. Das KKW Krško befindet sich auf Breitengrad 45.938210 (Nord) und Längengrad 15.515288 (Ost) bzw. 455617.556 (Nord) und 153055.037 (Ost) gemäß WGS-84-Koordinaten beziehungsweise an den Gauß-Krüger-Koordinaten  $x = 88353,76$  m und  $y = 540326,67$  m.

Als die Ebene Krško Polje als möglicher Standort für ein Kernkraftwerk gewählt wurde, wurden die ersten Untersuchungen in den Jahren 1964 bis 1969 von einem Arbeitsteam des Energiewirtschaftsverbands Sloweniens (Poslovno združenje energetike Slovenije) durchgeführt. Bauherren des ersten Kernkraftwerks waren Savske elektrarne Ljubljana (Save-Kraftwerke Ljubljana) und Elektroprivreda Zagreb (Elektrizitätswirtschaft Zagreb), die mit einem Investitionsteam vorbereitende Arbeiten ausführten und im Rahmen einer Ausschreibung den günstigsten Bieter auswählten.

Im August 1974 schlossen die beiden Bauherren einen Vertrag mit der amerikanischen Westinghouse Electric Corporation über die Lieferung von Ausrüstungen und den Bau eines 632-MW-Kernkraftwerks. Die Planungsfirma war Gilbert Associates Inc., die Bauausführenden waren die inländischen Firmen Gradis und Hidroelektra, die Montage erfolgte durch die Firmen Hidromontaža und Đuro Đaković.

Am 1. Dezember 1974 wurde der Grundstein für das Kernkraftwerk Krško gelegt. Im Februar 1984 erhielt das KKW Krško die Genehmigung für den regulären Betrieb [3].

Das Gebiet verfügt über gute Straßen- und Eisenbahnverbindungen, da es sich in der Nähe einer Kreuzung von Regionalstraßen und in unmittelbarer Nähe zu einer Eisenbahnstrecke befindet. Die nächstgelegenen Wohngebiete befinden sich nordöstlich (Gebäude in Spodnji Stari Grad) in einer Entfernung von ca. 700 m, nördlich (Gebäude in Spodnja Libna) in einer Entfernung von ca. 850 m sowie westlich (Žadovinek) in einer Entfernung von ca. 1,4 km vom Standort des geplanten Vorhabens.

Die nächstgelegenen Kindergärten (Kindergarten Krško, Kindergarten Dolenja vas) befinden sich mehr als 2 km nordöstlich und nordwestlich, die nächstgelegene Grundschule (Grundschule Leskovec pri Krškem) ca. 2,6 km westlich und die nächstgelegene weiterführende Schule (Schulzentrum Krško-Sevnica) 2,2 km nordwestlich des Standorts des KKW Krško. Das Altenheim Krško ist mehr als 2 km vom Standort entfernt.

Das Gelände ist eben und liegt am Vorhabensstandort auf einer Geländehöhe von ca. 155 m ü. M.

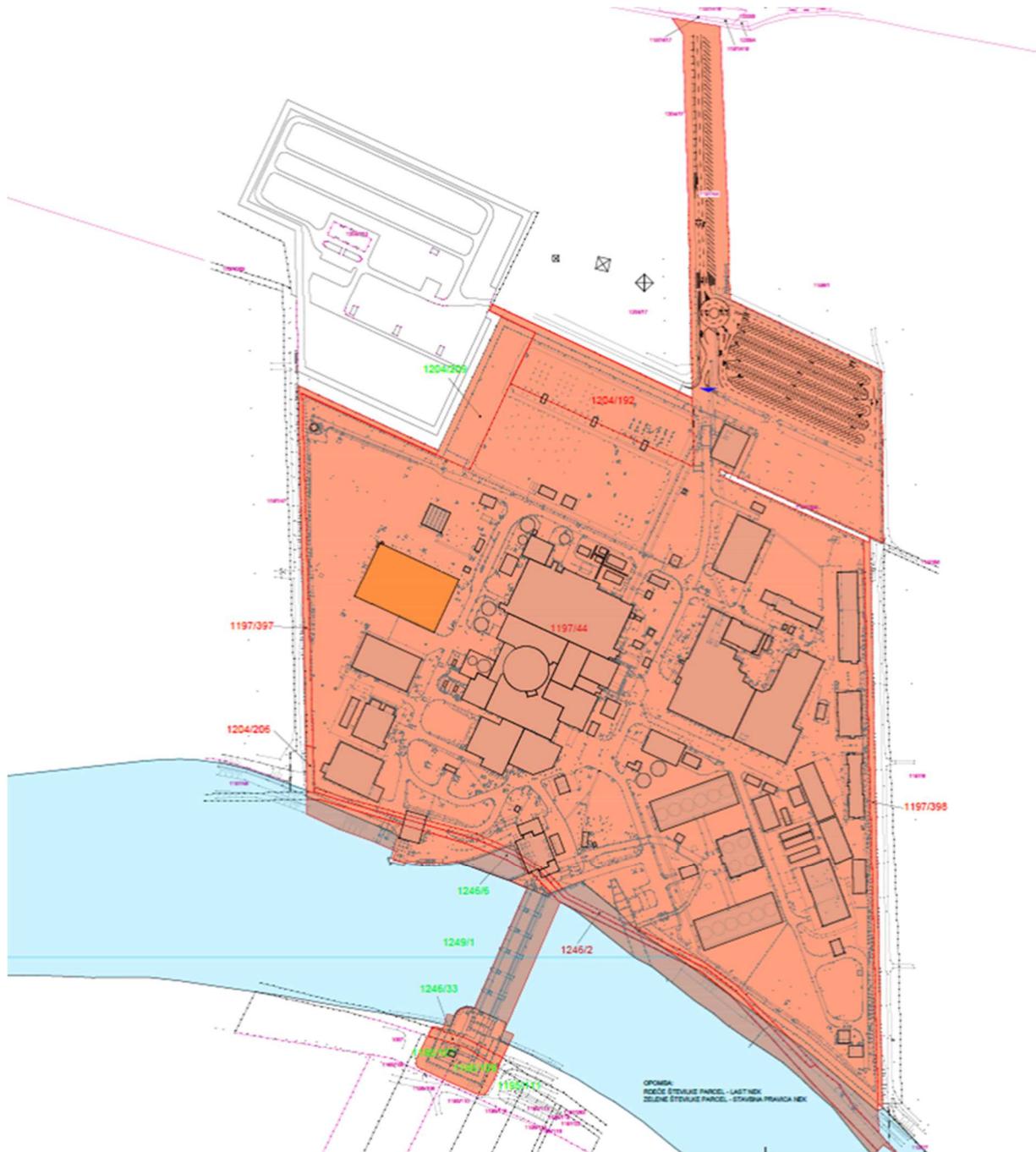
Nördlich des behandelten Standorts sind folgende Produktionsunternehmen tätig:

- SECOM d.o.o., Kerntätigkeit: 22.230 (Herstellung von Baubedarfsartikeln aus Kunststoffen)
- GEN energija d.o.o., Kerntätigkeit: 64.200 (Beteiligungsgesellschaften)
- GEN-I d.o.o., Kerntätigkeit: 35.140 (Elektrizitätshandel)
- Saramati Adem d.o.o., Kerntätigkeit: 41.200 (Bau von Gebäuden)

Östlich des behandelten Standorts ist folgendes Unternehmen tätig:

- KOSTAK d.d. Center za ravnanje z odpadki (IED-Anlage), Kerntätigkeit: 36.000 (Wasserversorgung)

In einer Entfernung von 800 - 2.000 m vom behandelten Standort befinden sich drei IED-Anlagen: VIPAP VIDEM KRŠKO d.d., KRKA d.d. und KOSTAK d.d. (IED-Anlagen sind Anlagen, die Verschmutzungen in großem Ausmaß verursachen können). Betriebe mit größeren oder geringeren Risiken (Seveso) gibt es im Gebiet der Stadt Krško derzeit nicht.



Anmerkung:  
Rote Grundstücksnummern: Eigentum der NEK d.d.  
Grüne Grundstücksnummern: Baurecht der NEK d.d.

Abbildung 1: Bereich der geprüften Gebäude

Das Gebiet der Umweltverträglichkeitsprüfung umfasst die folgenden Grundstücksnummern der Katastralgemeinde 1321 Leskovec:

- Grundstücke im Eigentum des KKW Krško: 1197/44, 1204/192, 1197/397, 1246/2, 1197/398 (teilweise) und 1204/206 (teilweise)

- Grundstücksteile, auf denen das KKW Krško ein Erbbaurecht besitzt: 1204/209, 1246/6, 1249/1, 1246/33, 1195/107, 1195/109, 1195/111

Räumlich ist das KKW Krško durch den Raumordnungsplan des Kernkraftwerks Krško (Amtsblatt der SR Slowenien Nr. 48/87, Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 59/97 und 21/2020) geregelt.

### 3.1.1. Erdbebengefahr

Gemäß den Auslegungsgrundsätzen 10 CFR 100 App. A, die bei der Planung und dem Bau des KKW Krško angewandt wurden, müssen Bauwerke, Komponenten und Systeme, die für die nukleare Sicherheit relevant sind, erdbebensicher ausgelegt und gebaut werden, was auch den slowenischen Rechtsvorschriften entspricht (JV5-Regelung [69]). Die Bauwerke und Systeme des KKW Krško sind erdbebensicher nach RG 1.60 ausgelegt. Ursprünglich wurde ein Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung des Kraftwerks (SSE) mit einer maximalen Bodenbeschleunigung (peak ground acceleration, PGA) von 0,3 g in Höhe des Fundaments berücksichtigt, wobei alle Bauwerke unter der Annahme ausgelegt wurden, dass das Fundament an der Oberfläche liegt, was sich als sehr konservative Annahme herausstellte. Dies ist eine der wesentlichen Annahmen, die die hohe Erdbebensicherheit des KKW Krško gewährleisten, was bereits in der probabilistischen Erdbebensicherheitsanalyse [75] nachgewiesen wurde.

Nach Abschluss der umfassenden probabilistischen Erdbebensicherheitsanalyse [75], in deren Rahmen auch eine Erdbebengefährdungsanalyse des Standorts des KKW Krško durchgeführt wurde, wurden bei den Untersuchungen der Standorte für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und für den zweiten Block des KKW Krško (JEK2) umfangreiche zusätzliche geologische, geotechnische und seismologische Untersuchungen in unmittelbarer Nähe des KKW Krško durchgeführt. Diese Untersuchungen konzentrierten sich auf einzelne geologische Strukturen (seismische Quellen und Verwerfungen) mit dem Ziel, die seismotektonische Struktur des Krško-Beckens besser zu verstehen und die Unsicherheit bei den Eingangsdaten für die Bestimmung der Erdbebengefährdung des Standorts zu verringern sowie eine Grundlage für die Beurteilung aktiver Verwerfungen ("capable faults") zu schaffen. Im Rahmen der vorläufigen Schlussfolgerungen dieser multidisziplinären Untersuchungen, die seit 2008 im weiteren Bereich des Standorts für die Errichtung des JEK2 (zweiter Block des KKW Krško) durchgeführt wurden [76], [77], haben sich keine Hinweise auf die Möglichkeit von Verwerfungsstrukturen oder geologischen Strukturen, die die Oberfläche des Standorts bei einem Erdbeben dauerhaft verformen könnten ("capable faults"), ergeben bzw. es wurden keine neuen Erkenntnisse gewonnen, die die bestehende Erdbebengefährdungsbeurteilung des Standorts des KKW Krško, welche in den Jahren 2002 - 2004 nach den vorangegangenen 10 Jahren Untersuchungen erstellt wurde, wesentlich ändern würden [78].

Durch Stresstests des Kernkraftwerks Krško [20] wurde nachgewiesen, dass die Beschleunigungen während eines Erdbebens, von denen Auswirkungen auf die Bauwerke und Systeme des Kraftwerks zu erwarten sind, wesentlich höher als die Auslegungsbeschleunigungen sind, was die hohe nukleare und seismische Sicherheit der kerntechnischen Anlagen des KKW Krško bestätigt. In der Folge wurde die seismische und nukleare Sicherheit durch die Bereitstellung mobiler Ausrüstungen und von Anschlüssen für diese, durch den Bau des dritten Dieselgenerators DG3 und die Umsetzung des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung des Kraftwerks weiter erhöht. Alle neuen Bauwerke und Systeme, die im Rahmen des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung auf der Hauptnuklearinsel ausgeführt wurden, sind auf eine maximale Bodenbeschleunigung an der Oberfläche ausgelegt, die doppelt so hoch ist wie die Auslegungsbeschleunigung am Fundament der bestehenden Bauwerke und Systeme des KKW Krško (d. h. 0,6 g). Die neuen, außerhalb der Hauptinsel errichteten Gebäude und Systeme (speziell befestigtes Sicherheitsgebäude, neues technisches Unterstützungszentrum) wie auch das im Bau befindliche Trockenlager für abgebrannte

Brennelemente sind seismisch auf eine um weitere 30 % höhere Auslegungsbeschleunigung an der Oberfläche (0,78 g) ausgelegt, womit die Berücksichtigung etwaiger Unsicherheiten in der Erdbebengefährdungsanalyse sichergestellt wurde. Laut Erdbebengefährdungsanalyse des Standorts des KKW Krško [76] sind Erdbeben mit einer Beschleunigung (PGA) von 0,56 g bei einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren zu erwarten.

Der Stresstestbericht enthält eine Schätzung des seismischen Grenzwerts, bei dem Kernschäden und Schäden am Sicherheitsbehälter (Containment) eintreten würden und es zum Cliff-Edge-Effekt käme. Die maximalen Bodenbeschleunigungen, bei denen es zu Schäden am Reaktorkern kommen könnte, wurden im Spitzenbodenbeschleunigungsbereich (PGA) von 0,8 g geschätzt. Bodenbeschleunigungen, bei denen es zu frühen größeren Freisetzungen kommen könnte, wären größer als 1 g PGA. Spätere gefilterte Freisetzungen könnten im Bodenbeschleunigungsbereich zwischen 0,8 und 0,9 g auftreten. Die Integrität des Brennelementbeckens wäre bis zu Bodenbeschleunigungen von mehr als 0,9 g nicht gefährdet [20]. Seismische Analysen haben gezeigt, dass Erdstöße mit einer PGA von mehr als 0,8 g am Standort des Kernkraftwerks sehr selten sind und ihre Wiederkehrperiode auf mehr als 50.000 Jahre geschätzt wird [20].

In Übereinstimmung mit den US-amerikanischen Regulierungsrichtlinien verfügt das KKW Krško über seismische Instrumente (11 Sensoren) zur Erfassung seismischer Erschütterungen, was einen Vergleich der Antwortspektren (berechnet aus den gemessenen Beschleunigungskurven) mit den Auslegungsantwortspektren für die Standorte der einzelnen Sensoren ermöglicht. Wenn die maximale Bodenbeschleunigung an der freien Oberfläche 0,01 g überschreitet, erfassen die Sensoren die seismische Bodenbewegung. In einem solchen Fall werden nach dem Erdbeben alle vitalen Teile des Kraftwerks überprüft. Übersteigt die Erdbebenintensität, ausgedrückt als maximale Bodenbeschleunigung auf der freien Oberfläche, die Hälfte der maximalen Auslegungsbeschleunigung, so wird das Kraftwerk vorsorglich abgeschaltet und erst nach Vorliegen der Bestätigung, dass keine Schäden an Bauwerken, Systemen oder Ausrüstungen durch die Erdbebenauswirkungen entstanden sind, wieder in Betrieb genommen.

### 3.1.2. Überschwemmungen

Hochwasserschutzanlagen wurden während der Planung des Kraftwerks und des Baus der Dämme entlang der Save flussaufwärts und flussabwärts des Kraftwerks ausgeführt. Die Eingänge und Öffnungen der Bauwerke liegen über der Höhe des 10.000-jährigen Hochwassers. Das Kraftwerk ist im Falle eines Auslegungshochwassers auch ohne Schutzdamm sicher.

Neben dem Auslegungshochwasser (DBF) ist das Kraftwerk auch gegen das vermutlich größte Hochwasser (PMF) durch entsprechend ausgelegte Zwischenbauwerke zwischen dem Fluss Save und den Außenanlagen sowie durch einen Schutzdamm gegen das Eindringen von Wasser auf das Gelände geschützt.

Für den Fall extrem starker lokaler Regenfälle und Stürme ist das Gebiet durch die Grundaulegung und ein integriertes Drainagesystem geschützt. Weitere Angaben sind in den Stresstests [20] zu finden. Die Hochwassersicherheit der Anlagen des KKW Krško ist auch im Falle von Dambrüchen bei den stromaufwärts gelegenen Wasserkraftwerken gewährleistet.

#### *Auslegungshochwasser (DBF)*

Das KKW Krško wurde gegen Hochwasser mit einer Häufigkeit von 0,01 % pro Jahr ausgelegt (das Hochwasser mit einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren wurde auf der Grundlage hydrologischer Daten aus dem Zeitraum 1926 bis 2000 bestimmt). Der voraussichtlich maximale Durchfluss der Save im Falle eines solchen Hochwassers beträgt 4790 m<sup>3</sup>/s, was einer Höhe von 155,35 m über dem

Meeresspiegel der Adria entspricht. Die Höhe der Plattform, auf der das KKW Krško steht, beträgt 155,20 m über dem Meeresspiegel. Die Gebäude des KKW Krško, die sich in der Mitte des in der (

DEC POPLAVA 157,53	DEC-Hochwasser 157,53
VHODI V BB1, BB2 IN OPC	Eingänge zum BB1, BB2 UND OPC
ZAGATNICE ZA NSSS OTOK IN DG3 HLADILNE ENOTE	Spundwände für die NSSS-Insel und DG3-Kühleinheiten
NASIP IN VAROVALNI ZID 11130 m <sup>3</sup> /s; 160,40	Damm und Sicherheitswand 11130 m <sup>3</sup> /s; 160,40
VREČE S PESKOM ~20 m <sup>3</sup> ; 160,10	Sandsäcke ~ 20 m <sup>3</sup> ; 160,10
Potočnica	Bach Potočnica
PROTIPOPLAVNI NASIP 157,18	Hochwasserdamm 157,18
PLATO ESW ZGRADBE 157,10	Plattform des ESW-Gebäudes 157,10
NAJVEČJE VERJETNE POPLAVE 7081 m <sup>3</sup> /s; 156,41	Vermutlich größtes Hochwasser (PMF) 7081 m <sup>3</sup> /s; 156,41
PROJEKTNE POPLAVE (10.000-letna povratna doba) 4790 m <sup>3</sup> /s; 155,35	Auslegungshochwasser (10.000-jährige Wiederkehrperiode) 4790 m <sup>3</sup> /s; 155,35
VHODI V STRUKTURE NSSS 155-50	Eingänge zu NSSS-Bauwerken 155,50
PLATO NEK 155,20	Plattform des KKW Krško 155,20
OKOLICA 151 - 154,50	Umgebung 151 – 154,50
HE BREŽICE NAJVEČJI OBRATOVALNI NIVO 153,10	Wasserkraftwerk Brežice - maximaler Betriebspegel 153,10
Sava	Fluss Save
PRAG JEZU 147,50	Dammschwelle 147,50
STRUGA SAVE ~146,50	Flussbett der Save ~146,50

Abbildung 2) gezeigten Gebiets befinden, haben Eingänge und Öffnungen auf einer Höhe von 155,50 m über dem Meeresspiegel. Dadurch wird sichergestellt, dass im Falle eines Bruchs der Dämme entlang der Save kein Wasser in die Bauwerke eindringen kann.

#### *Vermutlich größtes Hochwasser (PMF)*

Neben dem Auslegungshochwasser (10.000-jährige Wiederkehrperiode) ist das KKW Krško auch gegen das vermutlich größte Hochwasser (PMF) geschützt, bei dem der maximale Durchfluss der Save 7081 m<sup>3</sup>/s erreicht. Das PMF stellt ein hypothetisches Hochwasser dar, das als das nach vernünftigen Ermessen schlimmstmögliche Hochwasser anzusehen ist, wenn man die vermutlich maximale Niederschlagsmenge und andere hydrologische Faktoren, die einen maximalen Abfluss begünstigen – beispielsweise aufeinanderfolgende Stürme und gleichzeitige Schneeschmelze –, zugrunde legt. Die Höhe des PMF 7081 m<sup>3</sup>/s auf dem Stauwerk des KKW Krško beträgt 155,61 m über dem Meeresspiegel [2]. Das KKW Krško ist durch Hochwasserdämme vor dem PMF geschützt.

Der Cliff-Edge-Effekt bei Überschwemmungen wird auf Durchflüsse der Save, die um das 2,3-fache größer als das 10.000-jährige Auslegungshochwasser und um das 1,7-fache größer als das PMF-Hochwasser sind, geschätzt. Die jährliche Wahrscheinlichkeit, dass Durchflüsse dieser Größenordnung auftreten, wird auf weniger als 10<sup>-6</sup> geschätzt [20].

#### *Chronologie der Verbesserungen der Hochwassersicherheit des KKW Krško seit 2010*

Im Jahr 2010 wurde in der Studie "Preparation of new revision of PMF study and Conceptual design package for flood protection" (Fakultät für Bau- und Vermessungswesen, 2010) [79] auf der Grundlage zahlreicher ungünstiger Niederschlagszenarien ein PMF von 7.081 m<sup>3</sup>/s gemäß der Norm ANSI/ANS-2.8-1992 (ANS, 1992) ermittelt.

Auf der Grundlage dieser PMF-Bewertung hat das KKW Krško im Jahr 2012 die Hochwasserdämme entlang der Save in einer Länge von 1430 m und entlang des Baches Potočnica in einer Länge von 460 m erhöht, was eine zusätzliche Sicherheitshöhe von mindestens 75 cm im Vergleich zur Studie A bedeutet. Die Meereshöhe des Dammes entlang der Potočnica wurde auf 159,90 m über dem Meeresspiegel angehoben, während die Höhe des Dammes entlang der Save von 158,82 m am neuen Straßenkreisel auf 157,18 m über dem Meeresspiegel am Stauwerk des KKW Krško herabsinkt.

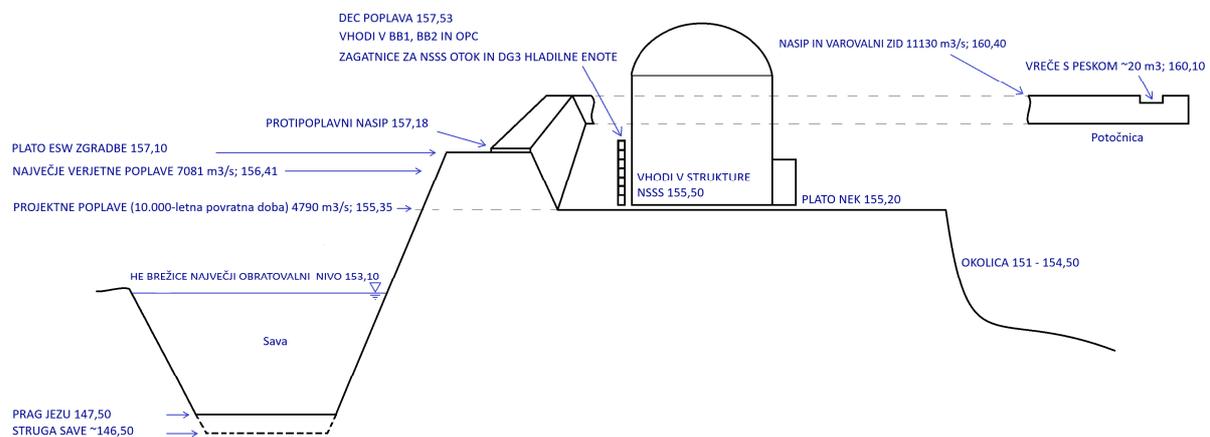
Gemäß den Ergebnissen der Studie NEKSIS-A200 / 081D: "KKW Krško – Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Hochwassersicherheit des KKW Krško, Variantenstudie, Revision B (IBE, August 2015)" [80] wären aufgrund der Unsicherheiten des hydraulischen Modells, das zur Überprüfung der

Auswirkungen des Baus des Wasserkraftwerks Brežice und anderer auf und entlang der Save befindlicher infrastruktureller Anlagen auf die Sicherheit des KKW Krško bei extrem hohen Durchflüssen verwendet wurde, zusätzliche Maßnahmen zur Verbesserung der Hochwassersicherheit des KKW Krško erforderlich.

Im Jahr 2018 wurde auf der Grundlage der Analysen der Studie NEKSIS-A200/081D [80] die zweite Rekonstruktion der Hochwasserdämme entlang der Save und des Baches Potočnica durchgeführt. Die Meereshöhe der Hochwasserschutzanlagen entlang der Potočnica wurde durch den Bau einer Brüstungsmauer auf dem Damm um 0,5 m auf die jetzige Höhe von 160,10 m über dem Meeresspiegel angehoben. Am Damm entlang der Save wurde nur eine geringfügige Höhenkorrektur um 10 cm auf einer Länge von 100 m vorgenommen.

Für die so erhöhten Dämme wurde der Durchfluss der Save, bei dem der Pegel die Krone der Hochwasserschutzanlagen erreicht, errechnet. Dieser Durchfluss beträgt 11.130 m<sup>3</sup>/s.

Vor dem Bau des Kraftwerks Brežice betrug die Durchflussmenge, bei der ein Überlauf auftreten würde, 10.600 m<sup>3</sup>/s.



DEC POPLAVA 157,53	DEC-Hochwasser 157,53
VHODI V BB1, BB2 IN OPC	Eingänge zum BB1, BB2 UND OPC
ZAGATNICE ZA NSSS OTOK IN DG3 HLADILNE ENOTE	Spundwände für die NSSS-Insel und DG3-Kühleinheiten
NASIP IN VAROVALNI ZID 11130 m3/s; 160,40	Damm und Sicherheitswand 11130 m <sup>3</sup> /s; 160,40
VREČE S PESKOM ~20 m3; 160,10	Sandsäcke ~ 20 m <sup>3</sup> ; 160,10
Potočnica	Bach Potočnica
PROTIPOPLAVNI NASIP 157,18	Hochwasserdamm 157,18
PLATO ESW ZGRADBE 157,10	Plattform des ESW-Gebäudes 157,10
NAJVEČJE VERJETNE POPLAVE 7081 m3/s; 156,41	Vermutlich größtes Hochwasser (PMF) 7081 m <sup>3</sup> /s; 156,41
PROJEKTNE POPLAVE (10.000-letna povratna doba) 4790 m3/s; 155,35	Auslegungshochwasser (10.000-jährige Wiederkehrperiode) 4790 m <sup>3</sup> /s; 155,35
VHODI V STRUKTURE NSSS 155-50	Eingänge zu NSSS-Bauwerken 155,50
PLATO NEK 155,20	Plattform des KKW Krško 155,20
OKOLICA 151 - 154,50	Umgebung 151 – 154,50
HE BREŽICE NAJVEČJI OBRATOVALNI NIVO 153,10	Wasserkraftwerk Brežice - maximaler Betriebspegel 153,10
Sava	Fluss Save
PRAG JEZU 147,50	Dammschwelle 147,50
STRUGA SAVE ~146,50	Flussbett der Save ~146,50

Abbildung 2: Hochwasserschutz

### 3.1.3. Sonstige extreme Wetterbedingungen

Das KKW Krško hat den technischen Bericht "Screening of External Hazards" [58] erstellt, der das Screening externer Gefahren dokumentiert, und zwar aller externen Gefahren außer Erdbeben und

aller sonstigen Gefahren, die nicht unter den internen Ereignissen, internen Überschwemmungen, internen Bränden und Brüchen von Hochenergieleitungen erfasst sind.

Die in das Screening einbezogenen externen Gefahren sind aus dem EPRI-Bericht "Identification of External Hazards for Analysis" und dem WENRA-Dokument "Issue T: Natural hazards, Guidance Document" [59] entnommen.

Die Untersuchung der externen Gefahren hat ergeben, dass alle externen Gefahren in den Analysen und Verfahren des KKW Krško angemessen berücksichtigt sind und daher keine Änderungen des bestehenden Modells der probabilistischen Sicherheitsanalysen (PSA) erforderlich sind.

Alle externen Gefahren (mit Ausnahme von Flugzeugunfällen, externen Überschwemmungen, starken Winden, Eis und extremer Dürre, die quantitativ bewertet sind) wurden anhand der festgelegten Kriterien untersucht und gescreent, so dass keine weitere separate Bewertung ihres quantitativen Beitrags zur Kernschadenshäufigkeit (CDF) erforderlich war. Im Dokument "NEK ESD-TR-18/16, Screening of External Hazards" [58] sind 104 externe Ereignisse definiert. Die Auslegungswerte bzw. der Schutz vor signifikanten extremen Wetterereignissen sind in der folgenden Tabelle beschrieben.

Table 1: Extreme Wetterbedingungen

Extreme Wetterbedingungen	Auslegungswerte
<b>Starker Wind</b>	Die Sicherheitsgebäude sind für Windgeschwindigkeiten bis zu 140 km/h ausgelegt. Die erweiterten Auslegungsbedingungen erfordern, dass die neuen DEC SSC (Strukturen, Systeme und Komponenten) starken Winden mit einer Höchstgeschwindigkeit von bis zu 240 km/h standhalten können.
<b>Extreme Temperaturen (niedrig, hoch)</b>	Die Sicherheitseinrichtungen und Gebäude sind für Temperaturen von -28 °C bis 40 °C ausgelegt. Die hinzukommenden neuen DEC-Sicherheitsanlagen und -Gebäude sind für niedrigere/höhere Außentemperaturen (-35,1 °C / +46 °C) ausgelegt.
<b>Blitzschlag</b>	Der Blitzschutz des KKW Krško ist für eine Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren ausgelegt (Stromamplitude bis zu 400 kA; spezifische Blitzdichte 1,4 km <sup>2</sup> /Jahr).
<b>Schnee und Eisregen</b>	Die Strukturen und Systeme des KKW Krško sind für hohe Belastungen ausgelegt (120 kg/m <sup>2</sup> bis 375 kg/m <sup>2</sup> ).

### 3.2. Technologie des KKW Krško

Das KKW Krško erzeugt Wärme durch die Spaltung von Urankernen im Reaktor. Der Reaktor besteht aus einem Reaktorbehälter mit Brennelementen, die den Kern bilden. Im Primärkreislauf zirkuliert gereinigtes Wasser unter Zusatz von Borsäure durch den Reaktor. Das unter Druck stehende Wasser führt die freigesetzte Wärme in die Verdampfer ab. In den Verdampfern auf der Sekundärseite entsteht Dampf, der die Turbine antreibt, welche wiederum den Stromgenerator antreibt. Nachdem der Dampf die Turbine verlassen hat, kondensiert er in einem Kondensator, der mit Wasser aus dem Fluss Save gekühlt wird. Anschließend wird das Kondensat zum Verdampfer zurückgepumpt, wo es wieder verdampft. Das Wasser aus der Save fließt durch einen Kondensator (Tertiärkreislauf), wo der Dampf kondensiert und die überschüssige Energie in die Save abgeleitet wird. Die gesamte Ausrüstung

des Reaktors und der zugehörige Primärkühlkreislauf befinden sich im Reaktorgebäude, das aufgrund seiner Funktion auch als Sicherheitsbehälter (Containment) bezeichnet wird.

Der Reaktorbehälter, der die Brennelemente enthält, ist während des Betriebs abgedichtet und steht unter hohem Druck. Für den geplanten Brennstoffwechsel muss das Kraftwerk abgeschaltet und abgekühlt werden. Der Zeitraum zwischen zwei Brennstoffwechseln wird als Brennstoffzyklus bezeichnet. Dieser dauert im KKW Krško 18 Monate. Am Ende eines jeden Brennstoffzyklus werden die abgebrannten Brennelemente durch neue ersetzt. Ein Brennelement bleibt grundsätzlich mindestens zwei Brennstoffzyklen im Kern.

#### 3.2.1. Primärkreislauf

Der Primärkreislauf besteht aus dem Reaktor, den Verdampfern, den Reaktorpumpen, dem Druckhalter und den Rohrleitungen.

Die im Reaktorkern freigesetzte Wärme erwärmt das im Primärkreislauf zirkulierende Wasser. Die Wärme des Wassers wird durch die Wände der Rohre in den Verdampfern auf das Wasser des Sekundärkreislaufs übertragen. Für die Wasserzirkulation im Primärkreislauf sorgen zwei Reaktorpumpen. Der Druckhalter hält den Druck im Primärkreislauf aufrecht und verhindert somit das Sieden des Wassers im Kern. Alle Komponenten des Primärkreislaufs sind im Sicherheitsbehälter (Containment) untergebracht, der die Aufgabe hat, das Primärsystem auch bei einem Störfall von der Umwelt zu isolieren.

#### 3.2.2. Sekundärkreislauf

Der Sekundärkreislauf besteht aus: Verdampfer, Turbine, Generator, Kondensator, Speisepumpen und Rohrleitungen. Bei den Verdampfern handelt es sich im Grunde um Dampfkessel, in denen aus dem Wasser des Sekundärkreislaufs Dampf entsteht, der in die Turbine treibt. In der Turbine wird die Energie des Dampfes in mechanische Energie umgewandelt. Diese Energie wird vom Generator in Strom umgewandelt und über Transformatoren in das Stromnetz eingespeist.

Der verbrauchte Dampf aus der Turbine fließt in den Kondensator, wo er bei Kontakt mit den kalten Rohren des Kondensators in Wasser übergeht bzw. kondensiert. Die Speisepumpen drücken das Wasser aus dem Kondensator zurück in den Verdampfer, wo wieder Dampf entsteht.

#### 3.2.3. Tertiärkreislauf

Der Tertiärkreislauf besteht aus dem Kondensator, den Kühlpumpen, den Kühltürmen und den Rohrleitungen. Der Tertiärkreislauf dient der Kühlung des Kondensators und der Ableitung der ungenutzten (überschüssigen) Wärme in den Fluss Save. Die Kühlpumpen drücken das Save-Wasser in den Kondensator und führen es in die Save zurück. Beim Durchströmen des Kondensators wird das Save-Wasser erhitzt, da es die Wärme des verbrauchten Dampfes aufnimmt. Die Erwärmung des Save-Wassers ist die bedeutendste Umweltauswirkung des Kernkraftwerks, da sie die biologischen Eigenschaften des Flusses Save beeinflussen kann. Die Erwärmung der Save wird durch behördliche Entscheidungen begrenzt, in denen der zulässige Temperaturanstieg [4] und die entnommene Wassermenge [5], [6], [7] festgelegt sind. Bei ungünstigen Wetterbedingungen werden die Kühltürme eingesetzt. Bei extrem ungünstigen Wetterbedingungen muss auch die Leistung des Kraftwerks reduziert werden, um die Grenzwerte einzuhalten.

#### 3.2.4. Grundlegende technische Daten zur Anlage

Die grundlegenden technischen Daten sind in den folgenden Tabellen aufgeführt: Tabelle 2 - Tabelle 8

Tabelle 2: Grunddaten des Kraftwerks

Reaktortyp:	Leichtwasserreaktor - Druckwasserreaktor
Thermische Leistung des Reaktors:	1994 MW
Elektrische Leistung an Generatorklemmen:	727 MW
Leistung an der Kraftwerksschwelle:	696 MW
Thermischer Wirkungsgrad:	36,6 %

Tabelle 3: Grunddaten des Brennstoffs

Anzahl der Brennelemente:	121
Anzahl der Brennstäbe im Brennelement:	235
Anordnung der Brennstäbe:	16 x 16
Länge der Brennstäbe:	3,658 m
Material, aus dem die Hülle besteht:	Zircaloy-4, ZIRLO
Chemische Zusammensetzung des Brennstoffs:	UO <sub>2</sub>
Gesamtmenge an Uran:	48,7 t

Tabelle 4: Grunddaten des Reaktorkühlmittels

Stoff:	H <sub>2</sub> O
Zusatzmittel:	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Anzahl der Kühlkreisläufe:	2
Druck:	15,41 MPa (157 ata)
Reaktoreintrittstemperatur:	287 °C
Reaktoraustrittstemperatur:	324 °C

Tabelle 5: Grunddaten der Steuerstäbe

Anzahl der Cluster:	33
Neutronenabsorber:	Ag-In-Cd
Prozentuale Zusammensetzung:	80-15-5 %

Tabelle 6: Grunddaten der Verdampfer

Material:	INCONEL 690 TT
Anzahl der Verdampfer:	2
Dampfdruck am Austritt:	6,5 MPa (63,5 ata)
Dampfmassenstrom aus beiden Verdampfern:	1088 kg/s

Tabelle 7: Grunddaten der Turbine und des Generators

Maximale Leistung:	730 MW
Eintrittsdruck des Frischdampfs:	6,4 MPa (63 ata)
Temperatur des Frischdampfs:	280,7 °C
Drehzahl der Turbine:	157 rad/s (1500 U/min)
Dampfefeuchte beim Eintritt:	0,10 %
Kondensationsdruck (Vakuum):	5,1 kPa (0,052 ata)
Durchschnittliche Kondensattemperatur:	33 °C
Nennleistung des Generators:	850 MVA
Nennspannung:	21 kV
Nennfrequenz des Generators:	50 Hz
Nenn-cos $\phi$ :	0,876

Tabelle 8: Grunddaten der Transformatoren

<b>Blocktransformatoren</b>	
Nennleistung:	2 x 500 MVA
Übersetzungsverhältnis:	21/400 kV
<b>Eigenbedarfstransformatoren</b>	
Maximal zulässige Dauerleistung:	2 X 30 MVA
Übersetzungsverhältnis:	21 /6,3 kV
<b>Hilfstransformator</b>	
Maximal zulässige Dauerleistung:	60 MVA
Übersetzungsverhältnis:	105/6,3/6,3 kV

### 3.2.5. Sicherheitssysteme

Die Sicherheitssysteme verhindern, dass bei einem Störfall Kernbrennstoffe beschädigt und radioaktive Stoffe unkontrolliert in die Umgebung freigesetzt werden. Der nuklearen Sicherheit wurde bereits in der Phase der Reaktorplanung und Kraftwerksauslegung große Aufmerksamkeit gewidmet. Die Sicherheitssysteme sind so konzipiert, dass die Sicherheitsfunktionen unter allen Betriebsbedingungen gewährleistet sind, auch bei einem Ausfall bestimmter Einrichtungen.

Das Kernkraftwerk befindet sich in einem sicheren Zustand, wenn **drei grundlegende Sicherheitsbedingungen** zu jeder Zeit erfüllt sind:

- effektive Kontrolle der Reaktivität des Reaktorkerns (Kontrolle der Reaktorleistung),
- Kühlung des Kernbrennstoffs im Reaktor, im Becken für abgebrannte Brennelemente und im Trockenlager für abgebrannte Brennelemente,
- Rückhaltung radioaktiver Stoffe (Verhinderung der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung).

Die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung wird durch **4 aufeinanderfolgende Sicherheitsbarrieren** verhindert:

- Die **erste Barriere** ist der Kernbrennstoff (bzw. die Kernbrennstofftabletten), der die radioaktiven Stoffe in sich hält.
- Die **zweite Barriere** ist die wasserdichte Hülle, die die Brennstofftabletten umgibt und verhindert, dass radioaktive Gase aus dem Brennstoff entweichen.
- Die **dritte Barriere** ist die Grenze des Primärsystems (Rohrwände, Reaktorbehälterwände und andere Primärkomponenten), die radioaktives Wasser für die Reaktorkühlung zurückhält.
- Die **vierte Barriere** ist der Sicherheitsbehälter (Containment), der das Primärsystem hermetisch von der Umgebung trennt.

Das Hauptziel der ersten drei Barrieren ist es, den Übergang von radioaktivem Material zur nächsten Barriere zu verhindern, während die vierte Barriere die direkte Freisetzung von radioaktivem Material in die Umgebung des Kernkraftwerks verhindert.

Da das Funktionieren der Sicherheitssysteme bei Fehlern und Ausfällen oder bei einem sehr unwahrscheinlichen Störfall im Kernkraftwerk von größter Bedeutung ist, sind alle Sicherheitssysteme redundant ausgelegt (die Anlage verfügt über zwei Sicherheitssystemlinien). Zur Erfüllung der Sicherheitsbedingungen und Aufrechterhaltung der Sicherheitsbarrieren ist es immer ausreichend, wenn nur eine Sicherheitssystemlinie funktioniert. Darüber hinaus werden alle Sicherheitssysteme bzw. deren einzelne Einrichtungen während des Kraftwerksbetriebs und der regelmäßigen Überholung systematisch getestet.

### 3.2.6. Gewährleistung der Sicherheitsfunktionen

Das KKW Krško muss während des Betriebszustands, eines Auslegungsunfalls und eines erweiterten Auslegungsunfalls die sogenannten kritischen Sicherheitsfunktionen gewährleisten:

- Kontrolle der Reaktivität des Kernbrennstoffs (und der abgebrannten Brennelemente im Becken bzw. Lager für abgebrannte Brennelemente).
- Wärmeabfuhr aus dem Kern und dem Becken für abgebrannte Brennelemente durch das Essential Service Water System (SW-System), das mit Save-Wasser, welches aus dem

Becken vor der Stauwerksschwelle entnommen wird, mittels Wärmetauschern das Komponentenkühlsystem (CC-System) kühlt. Auf diese Weise wird sowohl die Restwärme aus dem Becken für abgebrannte Brennelemente als auch die Restwärme bei der Abschaltung des Reaktors abgeführt. Das System ist doppelt ausgeführt und verfügt an jedem physisch und elektrisch unabhängigen Kreislauf über einen eingebauten Wärmetauscher sowie eine Pumpe mit zugehörigen Filtern und Ventilen. Außerdem ist noch eine dritte Pumpe über eine Verbindungsleitung an das System angeschlossen und kann an jeden der beiden Kühlkreisläufe angeschlossen werden. Das System ermöglicht die Abfuhr der Restwärme sowohl unter normalen Abschaltzuständen als auch bei Störfallzuständen.

- Rückhaltung radioaktiver Stoffe und Verhinderung ihrer unkontrollierten Freisetzung in die Umgebung.

Bei der Gewährleistung der Sicherheitsfunktionen ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Prinzip der tief gestaffelten Verteidigung;
- Einzelfehlerprinzip (single failure principle);
- räumliche Trennung und Entkopplung von Teilsystemen;
- Diversitätsprinzip;
- Redundanzprinzip;
- Fail-Safe-Prinzip;
- Einsatz bewährter Komponenten;
- Prinzip des stufenweisen Vorgehens.

Das KKW Krško muss die Auslegungsgrundlagen, die die Sicherheit der Anlage gewährleisten, regelmäßig überprüfen. Eine Überprüfung der Auslegungsgrundlagen ist auch bei jeder periodischen Sicherheitsüberprüfung und nach Betriebsereignissen, die sich auf die Strahlungs- oder nukleare Sicherheit ausgewirkt haben, sowie bei neuen relevanten Informationen über die Strahlungs- oder nukleare Sicherheit (z. B. Bewertung von Standortmerkmalen, Sicherheitsanalysen und Entwicklung von Sicherheitsnormen oder -praktiken) durchzuführen.

Bei der Überprüfung der Auslegungsgrundlagen werden deterministische und probabilistische Sicherheitsanalysen oder ingenieurtechnische Beurteilungen herangezogen, um Verbesserungsbedarf und -möglichkeiten zu erkennen, wobei Lösungen in der Planung mit den vorgeschriebenen Anforderungen und der guten Praxis verglichen werden. Die aus diesen Analysen gewonnenen Erkenntnisse werden vom KKW Krško dahingehend verwendet, dass die Systeme und Strukturen angemessen nachgerüstet oder andere Maßnahmen ergriffen werden, die zur Gewährleistung der Strahlungs- bzw. nuklearen Sicherheit erforderlich sind.

Außerdem stellt das KKW Krško durch Analysen von erweiterten Auslegungsereignissen sicher, dass ausreichende Reserven vorhanden sind, um Fälle zu verhindern, in denen eine geringe Änderung eines einzelnen Parameters schwerwiegende und inakzeptable Folgen hätte (Cliff-Edge-Effekt).

Im Rahmen der Auslegungsänderungen und Nachrüstungen (Modifizierungsprozess) überprüft das KKW Krško auch die Auswirkungen auf die bestehenden Auslegungsgrundlagen der Anlage oder des Systems bzw. der jeweiligen Komponente. Die Überprüfung von Änderungen der Auslegungsgrundlagen unterliegt auch der Überprüfung im Rahmen der PSÜ, die regelmäßig alle zehn Jahre durchgeführt wird. Wenn mögliche Auswirkungen festgestellt werden, werden Analysen durchgeführt, um die Art und Weise der Auswirkungen zu bestimmen und notwendige Anpassungen der Auslegungsgrundlagen zu ermitteln. Die Prüfungen werden gemäß Artikel 19 der JV5-Regelung durchgeführt [69].

Externe und interne auslösende Ereignisse

Ein auslösendes Ereignis beim Kraftwerksbetrieb ist jedes Ereignis, das eine Folge von Ereignissen (Szenario) auslösen und zu einer unerwünschten Folge führen kann. Detaillierte Informationen sind im Jahresbericht über probabilistische Sicherheitsanalysen [60] zu finden.

Allgemeine Aufschlüsselung der auslösenden Ereignisse:

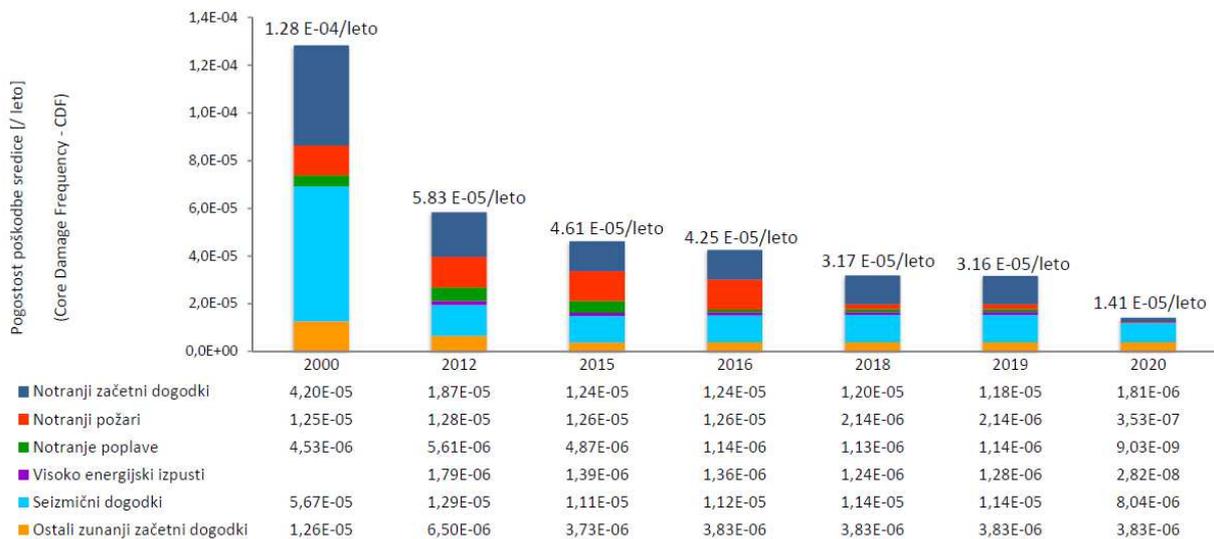
a. Interne auslösende Ereignisse (Internal Initiating Events, IIE)

Interne auslösende Ereignisse lassen sich in folgende Kategorien einteilen:

- Kategorie "LOCA": Rohrbruch des Primärkühlsystems (Kühlmittelverlustunfall – "Loss of Coolant Accident")
- Kategorie "Non LOCA": Rohrbruch auf der Sekundärseite, transiente Vorgänge, Ausfall von Unterstützungssystemen, Ereignisse mit Ausfall der externen Stromversorgung und transiente Vorgänge ohne automatische Reaktorabschaltung.

b. Externe auslösende Ereignisse aus dem Kraftwerk bzw. interne Risiken wie interne Überschwemmung, interne Brände und Brüche von Hochenergieleitungen (High Energy Line Break - HELB).

c. Externe auslösende Ereignisse aus der Umgebung bzw. externe Risiken außerhalb der Anlage (external hazards/external initiating events outside of plant), wie z. B. seismische Ereignisse, starke Winde, externe Überschwemmungen, Ereignisse im Zusammenhang mit menschlichen Aktivitäten (Flugzeugabstürze, Transport- und Industrieereignisse) und sonstige externe Ereignisse.



E-05/leto	E-05/Jahr
Pogostost poškodbe sredice [ /leto ]	Kernschadenshäufigkeit [ /Jahr ]
Notranji začetni dogodki	Internes auslösendes Ereignis
Notranji požari	Interne Brände
Notranje poplave	Interne Überschwemmungen
Visoko energijski izpusti	Hochenergieemissionen
Seizmični dogodki	Seismische Ereignisse
Ostali zunanji začetni dogodki	Sonstige externe auslösende Ereignisse

Abbildung 3: Historie der Häufigkeit von Kernschäden durch interne auslösende Ereignisse, externe auslösende Ereignisse aus dem Kraftwerk und externe auslösende Ereignisse aus der Umgebung

Das Diagramm zeigt eine Abnahme der Häufigkeit von Kernschäden durch seismische Ereignisse und interne Ereignisse im Jahr 2012, was auf die Installation eines zusätzlichen Sicherheitsdieselgenerators (DG3) zurückzuführen ist. Der DG3 ist auf höhere seismische Belastungen ausgelegt, was zu einer niedrigeren Kernschadenshäufigkeit (CDF) beiträgt. Durch den Bau des Hilfskontrollraums im Jahr 2018 wurde auch die Wahrscheinlichkeit von Kernschäden durch interne Brände verringert.

### 3.2.7. Notfallvorsorge

#### *Schutz- und Rettungsplan (NZIR)*

Das KKW Krško verfügt über einen speziellen Notfallplan. Der Schutz- und Rettungsplan für außergewöhnliche Ereignisse (NZIR) [81] befasst sich mit nuklearen und radiologischen Unfällen im KKW Krško.

Der Grundzweck der Notfallplanung und Aufrechterhaltung der Notfallbereitschaft besteht darin, den Schutz, die Gesundheit und die Sicherheit der Bevölkerung in der Umgebung und des Personals im Kraftwerk bei Eintritt eines außergewöhnlichen Ereignisses zu gewährleisten, indem verhindert wird, dass die Entwicklung des außergewöhnlichen Ereignisses zu einer Verschlechterung der Situation führt, bzw. indem die Folgen des außergewöhnlichen Ereignisses beseitigt oder gemildert werden und die Voraussetzungen für die Wiederherstellung des Normalzustands geschaffen werden.

Das KKW Krško ist zuständig und verantwortlich für die Aufrechterhaltung der Notfallbereitschaft und für das Eingreifen bei einem außergewöhnlichen Ereignis im Bereich des Kraftwerks, außerdem informiert es die zuständigen Institutionen über den Stand des außergewöhnlichen Ereignisses im Kraftwerk zum Zwecke von Schutzmaßnahmen in der Umgebung.

Der Zweck des Schutz- und Rettungsplans des KKW Krško besteht darin, Folgendes festzulegen:

1. den Umfang der Planung, die Annahmen, auf denen der Plan basiert, und das Reaktionskonzept;
2. die Kräfte und Organisation des KKW Krško im Falle eines außergewöhnlichen Ereignisses mit im Voraus festgelegten Verantwortlichkeiten und Aufgaben bezüglich der Leitung, Koordination und Durchführung von Notfallmanagementmaßnahmen;
3. zusätzliche Unterstützung des KKW Krško für das Notfallmanagement;
4. Notfallmanagementmaßnahmen, was Folgendes umfasst:
  - Ermittlung der Ursache des außergewöhnlichen Ereignisses, Einstufung des Gefahrengrads und Aktivierung der Einsatzkräfte;
  - operative Maßnahmen und Abhilfemaßnahmen im Kraftwerk bei einem außergewöhnlichen Ereignis;
  - Maßnahmen im Kraftwerk im Falle erweiterter Auslegungszustände sowie Strategien zum Umgang mit auslegungsüberschreitenden Unfällen;
  - Bewertung der nuklearen Sicherheit und der Folgen eines außergewöhnlichen Ereignisses; Vorschlagen von Sofortmaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung;
  - Unterrichtung der Kommandanten und Stäbe des Zivilschutzes und anderer zuständiger Organe in der Umgebung über den Eintritt und Zustand eines außergewöhnlichen Ereignisses sowie über die vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung in den gefährdeten Gebieten;
  - Unterrichtung der Öffentlichkeit über das außergewöhnliche Ereignis;
  - Schutzmaßnahmen – Schutz-, Rettungs- und Hilfsaufgaben im Kraftwerk;
5. Ressourcen, Zentren, Ausrüstung und Kommunikation des KKW Krško für das Notfallmanagement;

6. fachliche Schulung des Personals in der Organisation des KKW Krško für außergewöhnliche Ereignisse und des externen Hilfspersonals zur Wahrnehmung von Aufgaben beim Notfallmanagement gemäß dem Schutz- und Rettungsplan;
7. Unterrichtung des Personals des KKW Krško über Schutz- und andere Maßnahmen im Falle eines außergewöhnlichen Ereignisses;
8. Aufrechterhaltung der Bereitschaft und Koordinierung der Aktivitäten des KKW Krško mit den zuständigen Organen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene zur Sicherstellung der Bereitschaft und der Ergreifung von Maßnahmen im Falle eines außergewöhnlichen Ereignisses;
9. Schaffung der Voraussetzungen für die Rückkehr des Kraftwerks in den Normalzustand.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Sicherheitsanalysen des KKW Krško wird davon ausgegangen, dass das angesammelte radioaktive Material im Reaktorkern und in den abgebrannten Brennelementen die größte Gefahrenquelle für die Umwelt darstellt.

#### *Auslegungs- und erweiterte Auslegungsstörfälle (DEC)*

Das KKW Krško sorgt für die Planung und Aufrechterhaltung der Bereitschaft für das gesamte Spektrum von außergewöhnlichen Ereignissen, die zu einer Beeinträchtigung der nuklearen Sicherheit der Anlage und zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung führen oder führen könnten. Dazu gehören radiologische Störfälle, Ereignisse oder Kraftwerkszustände, die einen indirekten Einfluss auf die nukleare Sicherheit des Kraftwerks haben könnten, nukleare Störfälle mit minimalen radiologischen Folgen in der Umwelt und sehr unwahrscheinliche nukleare Auslegungs- und auslegungsüberschreitende Störfälle mit radiologischen Folgen im Kraftwerk und in der Umwelt.

Das KKW Krško wurde so ausgelegt, dass es Auslegungsstörfällen standhalten und diese mit seinen Sicherheitssystemen bewältigen kann. Im Kapitel 15 ACCIDENT ANALYSIS und Kapitel 20 DESIGN EXTENSION CONDITIONS des aktualisierten Sicherheitsberichts USAR [2] sind Auslegungsstörfälle und DEC-Störfälle beschrieben. Darüber hinaus ist in Kapitel 19 beschrieben, wie mit schweren auslegungsüberschreitenden Störfällen umzugehen ist (accident management). Der Zweck der Analysen der postulierten Auslegungsstörfälle besteht darin, Anforderungen und akzeptable Kriterien für Systeme, Strukturen und Komponenten (SSC) festzulegen. Diese Anforderungen gewährleisten, dass die SSC in der Lage sind, ihre Sicherheitsfunktion zu erfüllen, und legen die Kriterien für die Betriebsfähigkeit während und nach einem Ereignis fest. Der Zweck aller Sicherheitssysteme besteht darin, Menschen vor Emissionen und Strahlung zu schützen. Das KKW Krško wurde gemäß 10 CFR 50, Appendix A, General Design Criterion 19 Exposure Limits ausgelegt. Die in vielen technischen Berichten dargestellte globale Praxis auf dem Gebiet der Aktualisierung und Entwicklung von Modellen zur Verbesserung der Analysen wird vom KKW Krško ständig mitverfolgt. Der FER-MEIS-Bericht "Calculation of doses at certain distances for Design Basis (DB) and Beyond Design Basis (BDB) accidents at NPP Krsko" [56] gibt die geschätzte Dosis für Auslegungsstörfälle in bestimmten Entfernungen vom KKW Krško an.

Nach dem Fukushima-Unfall erstellte das KKW Krško eine Reihe von Analysen zu erweiterten Auslegungsstörfällen. Diese Unfälle sind in der Grundauslegung des Kraftwerks bzw. im Rahmen der Auslegungsstörfälle nicht berücksichtigt. Die Analysen befassten sich mit Kombinationen von Störfällen und erforderten eine zusätzliche Nachrüstung des Kraftwerks (Design Extension Conditions - DEC-Unfälle). Die Nachrüstung erfolgte im Rahmen des im Kapitel 3.3 beschriebenen *Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung*. Die neuen zusätzlichen Systeme, die im Rahmen des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung installiert werden, stellen sicher, dass das KKW Krško mit der erweiterten Ausstattung und den Nachrüstungen in der Lage sein wird, auslegungsüberschreitende Störfälle zu bewältigen. Die Einrichtungen wurden in DEC-A- und DEC-B-Einrichtungen unterteilt.

Die DEC-A-Einrichtungen kann das KKW Krško zur Verhinderung einer Reaktorkernschmelze einsetzen. Die DEC-B-Einrichtungen sind für das Management von Ereignissen vorgesehen, bei denen es zu einer sehr unwahrscheinlichen Kernschmelze käme, und konzentrieren sich auf den Schutz der letzten Barriere gegen Freisetzungen, d. h. die Integrität des Sicherheitsbehälters (Containment). Das passive Filtersystem (PCFVS) dient der Druckentlastung des Sicherheitsbehälters, wobei die für die Umgebung schädlichen Stoffe in den Filtern zurückgehalten werden. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass es beim Schmelzen des Kerns zu einer direkten Freisetzung in die Umgebung kommen würde.

Die geschätzten Dosen in verschiedenen Entfernungen vom KKW Krško bei einem Störfall, bei dem der Einsatz des PCFV-Systems vorgesehen wäre, sind im FER-MEIS-Bericht "Calculation of doses at certain distances for Design Basis (DB) and Beyond Design Basis (BDB) accidents at NPP Krsko" [56] angegeben.

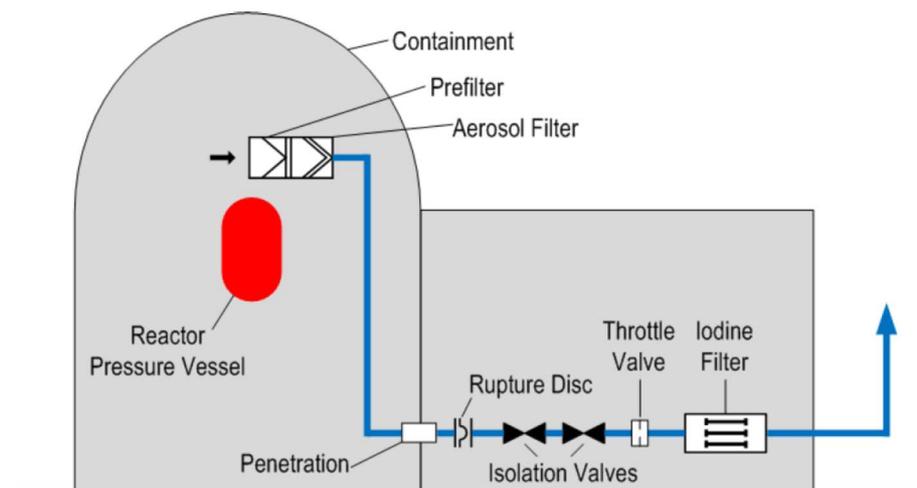


Abbildung 4: Schematische Darstellung eines passiven Filtersystems zur Entlastung des Sicherheitsbehälters (Containment)

Die oben genannten Ansätze für Auslegungs- und auslegungsüberschreitende Störfälle stellen eine Weiterentwicklung der Anforderungen aus den US-amerikanischen Regulierungsvorschriften dar und stehen im Einklang mit dem slowenischen Gesetz über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit (ZVISJV-1) [45].

### 3.2.8. Alterungsmanagement

Das KKW Krško hat ein Alterungsmanagementprogramm (AMP) für die Systeme, Strukturen und Komponenten (SSC) während des Kraftwerksbetriebs im Rahmen der Grundbetriebsdauer (40 Jahre) und der verlängerten Betriebsdauer eingeführt. Das AMP definiert umfassend die Verantwortlichkeiten, Aktivitäten und Methoden im Rahmen des Alterungsmanagements der Anlagen und Einrichtungen. Das AMP sieht auch Maßnahmen zur Verringerung oder Umkehrung der Auswirkungen des Alterns vor.

Das AMP umfasst verschiedene Programme, Verfahren und Aktivitäten des KKW Krško, die sicherstellen, dass alle vorgesehenen Funktionen der vom KKW Krško betriebenen Systeme, Strukturen und Komponenten (SSC) identifiziert und ordnungsgemäß auf die Auswirkungen der Alterung überprüft werden. Die Auswirkungen der Alterung werden sorgfältig überwacht. Auf deren Grundlage sind Maßnahmen festgelegt, die ermöglichen, dass die SSC ihre vorgesehene Funktion bis zum Ende der Betriebsdauer des KKW Krško wie auch im Falle einer Verlängerung der Betriebsdauer des Kraftwerks erfüllen. Das AMP des KKW Krško wurde gemäß dem NUREG-1801 - Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report entwickelt und ist mit diesem konform. Das AMP deckt somit das Alterungsmanagement des Kraftwerks einschließlich der mechanischen, elektrischen und baulichen SSC umfassend ab. Mit ihm werden die Alterungsmechanismen und deren Auswirkungen auf

sicherheitsrelevante SSC systematisch identifiziert, mögliche Folgen der Alterung ermittelt und notwendige Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit der SSC festlegt.

Das eigentliche Alterungsmanagement der SSC und andere Aktivitäten im Zusammenhang mit der Überwachung der Anlagen und Einrichtungen, die in den Verfahren angegeben sind, werden durch das System von Arbeitsaufträgen und das Programm zur vorbeugenden Instandhaltung ausgeübt.

Das Alterungsmanagement des KKW Krško ist somit auf Grundlage der 10 CFR 54 - "Requirements for Renewal of Operating Licences for Nuclear Power Plants" erstellt. Die übrigen Aktivitäten werden durch die sogenannte Instandhaltungsregel - Maintenance Rule (10 CFR 50.56) und das Umweltqualifizierungsprogramm - Environmental Qualification Programs (10 CFR 50.49) kontrolliert. Die Aktivitäten im Zusammenhang mit dem Austausch von Anlagen und Einrichtungen sind in den langfristigen Investitionsplan und die Wartungsaktivitäten einbezogen.

### 3.2.9. Brandschutz

Das KKW Krško besitzt ein Brandschutzprogramm, nämlich die Brandschutzordnung [62], die die Organisation des Brandschutzes, Brandschutzmaßnahmen und die Kontrolle ihrer Umsetzung festlegt, Anweisungen für das Vorgehen im Brandfall gibt sowie ein Schulungsprogramm vorschreibt, welches zum Erfolg des Brandschutzes beiträgt.

Das KKW Krško ist in einzelne, durch Brandschutzmaßnahmen voneinander getrennte Gebäude unterteilt. Die Gebäude wiederum sind in Brandabschnitte unterteilt, deren Zweck darin besteht, einen potenziellen Brand auf einen kleineren Bereich zu begrenzen und eine Brandtrennung von redundanten Sicherheitssystemlinien zu gewährleisten. Durch die Einordnung von Sicherheitssystemen in getrennte Brandabschnitte, durch zusätzlichen Brandausbreitungsschutz sowie durch automatische Löschsyste und Brandmeldeanlagen werden die Auswirkungen eines etwaigen Brandes auf die Gewährleistung der Sicherheitsfunktionen reduziert (USAR [2], Kapitel 9.5.1).

Im KKW Krško wird sowohl passiver als auch aktiver Brandschutz ausgeübt. Passiver Brandschutz wird durch bauliche und andere Maßnahmen gewährleistet, die die Wahrscheinlichkeit einer Brandentstehung verringern und die Brandausbreitung zwischen den Brandabschnitten verhindern. Zu den passiven Brandschutzelementen gehören Brandwände, abgedichtete Wanddurchführungen, Brandschutztüren und automatische Brandschutzklappen.

Aktive Brandschutzmaßnahmen dienen der Brandlöschung. Die im KKW Krško installierten Systeme für aktiven Brandschutz umfassen Folgendes: Erkennungs- und Meldesystem, Sicherheitsbeleuchtung, Löschwasserversorgungssystem, automatische Feuerlöschsysteme (Sprinkleranlagen), Rauchabzugs- und Wärmeabfuhrsysteme.

Bei der Umsetzung des Brandschutzes im KKW Krško wird der Grundsatz der tief gestaffelten Verteidigung eingehalten. Dabei muss gemäß JV5-Regelung [69] Folgendes sichergestellt werden:

- Ausübung von Maßnahmen zur Verhinderung der Entstehung von Bränden,
- schnelle Erkennung, Kontrolle und Löschung jedes Brandes sowie
- Minimierung der Auswirkungen eines etwaigen Brandes auf die wesentlichen Sicherheitsfunktionen des Kraftwerks, so dass die Fähigkeit zur sicheren Abschaltung nicht beeinträchtigt wird.

Unter Brandschutzmaßnahmen sind alle Aktivitäten zu verstehen, die sicherstellen, dass die Wahrscheinlichkeit eines Brandes auf ein Minimum reduziert wird: Aufrechterhaltung von Ordnung und Sauberkeit, Überwachung von Arbeiten mit thermischer Wirkung, Überwachung von brennbaren

Stoffen, Brandschutz-Erlaubnisschein, Brandsicherheitswache und Feuerschutzwände. Zu den weiteren vorbeugenden und aktiven Brandschutzmaßnahmen gehören Brandschutzverfahren und -aktivitäten bezüglich des Betriebs, der Wartung, der Prüfung und der technischen Anleitungen der Brandschutzsysteme.

Darüber hinaus hat das KKW Krško Maßnahmen zur Verhütung von Explosionsgefahren und zur Gewährleistung der Sicherheit von brennbaren Abfällen, Elektro- und Gaseinrichtungen sowie anderen Zündquellen festgelegt, die in der Explosionsgefahrenstudie definiert sind.

Für den Fall von unerwünschten Ereignissen sind auch Maßnahmen zur sicheren Evakuierung und für schnelle Einsätze festgelegt. Dazu gehören Aktivitäten in Bezug auf Folgendes: stets passierbare und instand gehaltene Flucht- und Rettungswege, Kenntnis des akustischen Evakuierungsalarms, Schulung, Vertrautheit mit dem Gebäude und Verständnis der eigenen Rolle bei einer Evakuierung, angemessene Beleuchtung der Flucht- und Rettungswege usw.

Zu den weiteren vorbeugenden und aktiven Brandschutzmaßnahmen gehören Brandschutzverfahren und -aktivitäten bezüglich des Betriebs, der Wartung, der Prüfung und der technischen Anleitungen der Brandschutzsysteme.

### 3.2.10. Radioaktive Abfälle

Seit Beginn der Nutzung der Kernenergie in Slowenien ist sich die Fachwelt sowohl ihrer Vorteile als auch ihrer Risiken bewusst. Aus diesem Grund gelten für die internationale und slowenische Kernenergiewirtschaft sehr hohe Umwelt-, Sicherheits- und Ethikstandards bezüglich der Entsorgung radioaktiver Abfälle. Alle radioaktiven Stoffe bzw. Gegenstände, die radioaktive Stoffe enthalten, unterliegen von ihrer Entstehung bis zur Endlagerung einer ständigen Kontrolle.

Das KKW Krško führt genaue Aufzeichnungen über die Verwendung radioaktiver Stoffe. Für radioaktive Abfälle ist zu jedem Zeitpunkt, von ihrer Entstehung bis zu ihrer Endlagerung, jemand verantwortlich. All diese Maßnahmen gewährleisten die sichere Nutzung der Kernenergie heute und in Zukunft. In Slowenien beherrscht man schon jetzt die Technologien zum sicheren Umgang mit radioaktiven Abfällen aller Art. Die Kernenergie ist daher ein Beispiel für nachhaltige Energie.

#### Gasförmige radioaktive Abfälle

Die aus dem primären Kühlsystem stammenden Gasgemische, die Radionuklide von Edelgasen oder anderen Elementen in Form von Dämpfen und Aerosolen enthalten, werden als gasförmige radioaktive Abfälle behandelt. Sie werden in Gaszerfallssammelbehältern gelagert, wo ihre Aktivität durch natürlichen radioaktiven Zerfall reduziert wird.

Gase werden vor ihrer kontrollierten Freisetzung mit Hilfe von Kohlefiltern und hocheffizienten Partikelfiltern im Ventilationssystem gefiltert.

Verbrauchte Kohlefilter werden zu Abfall. Wenn Filter kontaminiert sind, werden sie als radioaktive Abfälle behandelt. Wenn sie nicht kontaminiert sind, werden sie an einen für solche Abfälle zugelassenen Abfallsammler (gemäß den gesetzlichen Anforderungen) übergeben.

#### Flüssige radioaktive Abfälle

Mit Radionukliden kontaminierte Flüssigkeiten, deren Konzentration den Grenzwert für die Freigabe (Unterlassung der radiologischen Überwachung) überschreitet, werden als flüssige radioaktive Abfälle behandelt.

Diese Abfälle machen einen beträchtlichen Teil der Gesamtmenge der im Kernkraftwerk anfallenden radioaktiven Abfälle aus und werden daher gesondert behandelt und aufbereitet, um ihr Volumen zu reduzieren. Für die Behandlung von flüssigen radioaktiven Abfällen gibt es mehrere Verfahren und

Methoden, deren Wahl von der Menge und den physikalisch-chemischen Eigenschaften abhängt. Nach der Behandlung erhält man zwei separate Produkte: ein Konzentrat, das eine erhöhte Konzentration von Radionukliden aufweist, und eine dekontaminierte Flüssigkeit. Das Konzentrat wird anschließend zu einer festen stabilen Form weiterverarbeitet, die für den Transport und die Lagerung geeignet ist. Die dekontaminierte Flüssigkeit bzw. das dekontaminierte Wasser werden auf der Grundlage von radiochemischen Analysen und unter besonderer Kontrolle und Genehmigung wiederverwendet oder freigesetzt. Die im KKW Krško eingesetzten Verfahren zur Behandlung von flüssigen radioaktiven Abfällen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Die im KKW Krško eingesetzten Verfahren zur Behandlung von flüssigen radioaktiven Abfällen

PROZESS	Medium	ABFALLFORM
<b>Verdampfung im Verdampfer</b>	Flüssigkeiten	Verdampferschlamm (Konzentrat)
<b>Ionenaustausch</b>	Wasser mit ionischen Verunreinigungen	Verbrauchte Ionenaustauscher (getrocknet)
<b>Filterung</b>	Alle Flüssigkeiten mit Partikeln	Filtereinsätze

#### Feste radioaktive Abfälle

Feste radioaktive Abfälle sind Abfallstoffe, deren spezifische Aktivität die Grenzwerte für die Freigabe (Unterlassung der radiologischen Überwachung) gemäß der *Verordnung über Strahlungstätigkeiten* überschreitet.

Feste radioaktive Abfälle werden je nach Grad und Art der Radioaktivität in folgende Kategorien eingeteilt: radioaktive Abfälle im Übergangsstadium, sehr schwach radioaktive, schwach radioaktive und mittelradioaktive Abfälle (diese werden weiter unterteilt in kurzlebige und langlebige), hochradioaktive Abfälle und radioaktive Abfälle, die natürliche Radionuklide enthalten. Die Abfallkategorie, die mengenmäßig am stärksten vertreten ist und folglich den größten Raum im Lager des KKW Krško einnimmt, sind die kurzlebigen schwach- und mittelradioaktiven Abfälle.

Zu den festen radioaktiven Abfällen gehören verfestigte und eingekapselte radioaktive Abfälle (Verdampfungsrückstände in Silikatbeton), Filter und kontaminierte feste Abfälle wie Kunststoffe, Papier, Lumpen, persönliche Schutzausrüstung, Werkzeuge und Maschinenteile.

Gemäß der *Verordnung über Strahlungstätigkeiten* [72] sind Kriterien festgelegt, anhand welcher eine größere Menge von Abfällen, deren Aktivitäten unterhalb der behördlichen Grenzwerte liegen, von der weiteren behördlichen Kontrolle ausgenommen werden kann. Mit verschiedenen Maßnahmen (Sortierung, Schutz, Dekontaminierung, korrekte Verwendung usw.) kann die Möglichkeit einer Kontamination oder Aktivierung von Materialien verhindert oder verringert werden, wodurch die Entstehung radioaktiver Abfälle reduziert wird. Wenn die spezifische Aktivität und Oberflächenkontamination eines Materials, das zur Wiederverwendung, Verwertung, normalen Ablagerung oder Verbrennung bestimmt ist, die in der *Verordnung über Strahlungstätigkeiten* [72] festgelegten und aus europäischen, IAEA- und internationalen Normen übernommenen Werte nicht überschreitet, kann für dieses Material eine vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit gemäß Artikel 24 ZVISJV-1 zu erteilende Genehmigung für die Freigabe radioaktiver Stoffe erteilt werden, sofern alle erforderlichen Kriterien für die beabsichtigte Freigabe (Unterlassung der radiologischen Überwachung) erfüllt sind.

Stoffe und Gegenstände, die bei ihrer Verwendung im radiologisch überwachten Bereich nicht kontaminiert werden bzw. die nach einer radiologischen Kontrolle in kleinen Mengen ausgebracht werden können, sind nach dem Verfahren "Ausbringung von Anlagenteilen, Werkzeugen, sauberen Stoffen und Proben aus dem radiologisch überwachten Bereich des KKW Krško" zu behandeln. Das Verfahren schreibt eine radiologische Kontrolle sauberer Anlagenteile, Werkzeuge und Stoffe vor, die der Benutzer oder die verantwortliche Person zur bedingungslosen Verwendung aus dem radiologisch überwachten Bereich ausbringen möchte. Hierzu gehören auch kleine Stoffmengen in Form von Proben für weitere Analysen.

Vor der Ausbringung von Anlagenteilen und Werkzeugen ist die Oberflächenkontamination der Außen- und Innenflächen zu überprüfen. Bevor saubere Stoffe, die nicht verwendet wurden und nicht kontaminiert sind, ausgebracht werden, sind ihre spezifische Aktivität und die Oberflächenkontamination der Verpackung zu überprüfen. Dies erfolgt durch einen tragbaren Detektor oder durch den Monitor für Kleingegenstände am Ausgang des radiologisch überwachten Bereichs, der die Aktivität misst. Die Verpackung der Probe darf nicht kontaminiert sein und sie muss stoßfest und transporttauglich sein. Eine bedingungslose Ausbringung ist nur dann zulässig, wenn das Niveau der Oberflächenkontamination und der spezifischen Aktivität unter dem vorgeschriebenen Grenzwert gemäß der *Verordnung über Strahlungstätigkeiten* [72] liegt.

Gemäß der *Verordnung über Strahlungstätigkeiten* [72] sind Kriterien festgelegt, anhand welcher eine größere Menge von Abfällen, deren Aktivitäten unterhalb der behördlichen Grenzwerte liegen, von der weiteren behördlichen Kontrolle ausgenommen werden kann. Dies erfolgt gemäß dem Verfahren "Antrag auf Freigabe von Abfällen (Unterlassung der radiologischen Überwachung)".

Die Volumenreduzierung von festen unverfestigten radioaktiven Abfällen wird durch mechanische und chemische Verfahren erreicht, deren Wahl von den Eigenschaften des Abfalls abhängt. Die (Tabelle 10) zeigt die Prozesse, die zur Volumenreduzierung unverfestigter fester radioaktiver Abfälle eingesetzt werden.

Tabelle 10: Prozesse zur Volumenreduzierung unverfestigter fester radioaktiver Abfälle

PROZESS	STOFFE, BEI DENEN DER PROZESS EINGESETZT WIRD	REDUKTIONSFAKTOR
<b>Abfälle werden mit einer Niederdruckpresse in Fässer gepresst</b>	Textilien, Kunststoff, Bleche, Kabel, Kleinteile usw.	≤ 4
<b>Supercompacting von Fässern</b>	Textilien, Kunststoff, Papier, Blech, kleine Metallteile usw.	≤ 10
<b>Verbrennung</b>	Alle brennbaren Stoffe	≤ 30
<b>Pyrolyse</b>	Brennbare Stoffe, Ionenaustauscher	≤ 60
<b>Schmelzen</b>	Metalle	≤ 10
<b>Schneiden, Schreddern</b>	Alle Stoffe	≤ 2

Abfälle werden innerhalb des umzäunten Geländes des KKW Krško im Lagergebäude für radioaktive Abfälle (RWSB - Radioactive Waste Storage Building) gelagert und sind im Kapitel 11 des USAR [2] mit dem Titel RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT beschrieben. Die gelagerten Abfälle müssen den spezifischen Lagerungskriterien gemäß der *Regelung über die Entsorgung radioaktiver Abfälle und*

abgebrannter Brennstoffe [71] entsprechen. Diese Regelung regelt die Einstufung radioaktiver Abfälle nach Grad und Art der Radioaktivität, den Umgang mit radioaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen, den Umfang der Berichterstattung über angefallene radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente sowie die Art und den Umfang der Führung des Zentralregisters angefallener radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente sowie der Führung von Aufzeichnungen über zwischengelagerte und endgelagerte radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente.

### 3.2.11. Abgebrannte Brennelemente

Das KKW Krško lagert seit seiner Inbetriebnahme alle abgebrannten Brennelemente (ABE) im umzäunten technologischen Bereich des Kraftwerks. Das Grundkonzept des Kraftwerks sah die Lagerung von ABE in einem Becken für abgebrannte Brennelemente (Spent Fuel Pit, SFP) im Brennstoffhandhabungsgebäude (Fuel Handling Building, FHB) vor. Die Abfuhr der Restwärme aus den ABE erfolgt über das aktive Kühlsystem des Beckens für abgebrannte Brennelemente. Im Rahmen der sicherheitstechnischen Aufrüstung wurden Verbesserungen an der alternativen Kühlung des Beckens für abgebrannte Brennelemente vorgenommen.

Die Analysierung möglicher Verbesserungen bei der Lagerung von Kernbrennstoffen erfolgte im Rahmen der Reaktion der Nuklearindustrie und der Verwaltungsbehörden auf den Unfall von Fukushima. Aus den Schlussfolgerungen der Analysen des KKW Krško und den Bescheiden des Amts der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit folgt, dass die Einführung der Trockenlagerung von ABE aufgrund der neuen Sicherheitsanforderungen eine wichtige sicherheitstechnische Aufrüstung darstellt. Bei dieser Art der Lagerung sind keine Geräte, Systeme oder Energieträger für die Kühlung und den Betrieb erforderlich, da sie passiv funktioniert.

Der Grundzweck der Trockenlagerung abgebrannter Brennelemente besteht darin, die Technologie der Zwischenlagerung von ABE zu modernisieren. Die Einführung der Technologie der Trockenlagerung von ABE stellt eine sicherere Art der Lagerung von ABE dar, da das Kühlsystem passiv ist. Außerdem werden sowohl die Strahlungssicherheit als auch die Robustheit des Systems verbessert. Das Gebäude und die Behälter mit abgebrannten Brennelementen werden sich am Standort des KKW Krško innerhalb der Umzäunung des technologischen Teils des Kraftwerks befinden.

Die Einführung der Technologie der Trockenlagerung stellt eine sicherere Art der Lagerung von ABE unter gleichen Umwelt- und radiologischen Bedingungen, wie sie in der bestehenden Betriebsgenehmigung angegeben sind, dar. Die Trockenlagerung gilt weltweit als die sicherste und am weitesten verbreitete technologische Lösung für die Lagerung von ABE. Die Trockenlagerung funktioniert nämlich völlig passiv. Neben der passiven Kühlung, besserer Strahlungssicherheit und Robustheit bietet die Trockenlagerung auch andere Vorteile, vor allem wegen des besseren Schutzes vor absichtlichen und unbeabsichtigten negativen Einflüssen bzw. Handlungen von Menschen. Die vorgeschlagene Lösung der Trockenlagerungstechnologie für ABE wurde in die *EntschlieÙung zum Nationalen Programm der Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente für den Zeitraum 2016 - 2025* (ReNPRRO16-25) aufgenommen [32].

Nach einer mehrjährigen Abkühlung im Becken für abgebrannte Brennelemente (SFP, Spent Fuel Pit) werden die ABE in spezielle Behälter (Abbildung 5) versetzt, die hermetisch verschweiÙt und in eine entsprechende Ummantelung (Transferabschirmung, Lagerungsabschirmung oder Transportabschirmung) gesetzt werden [35].

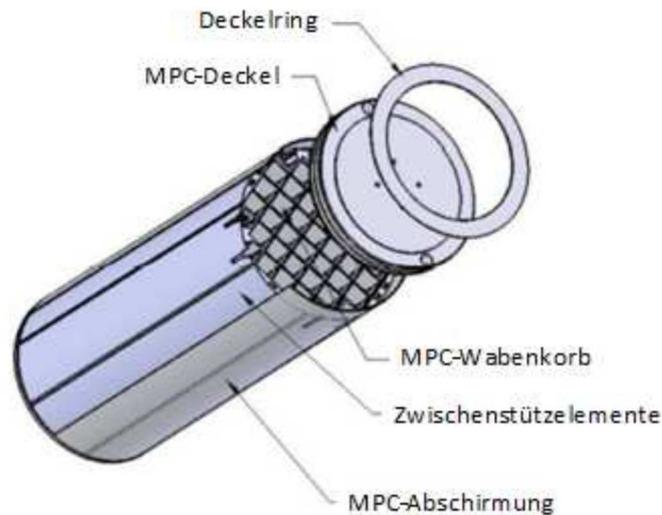
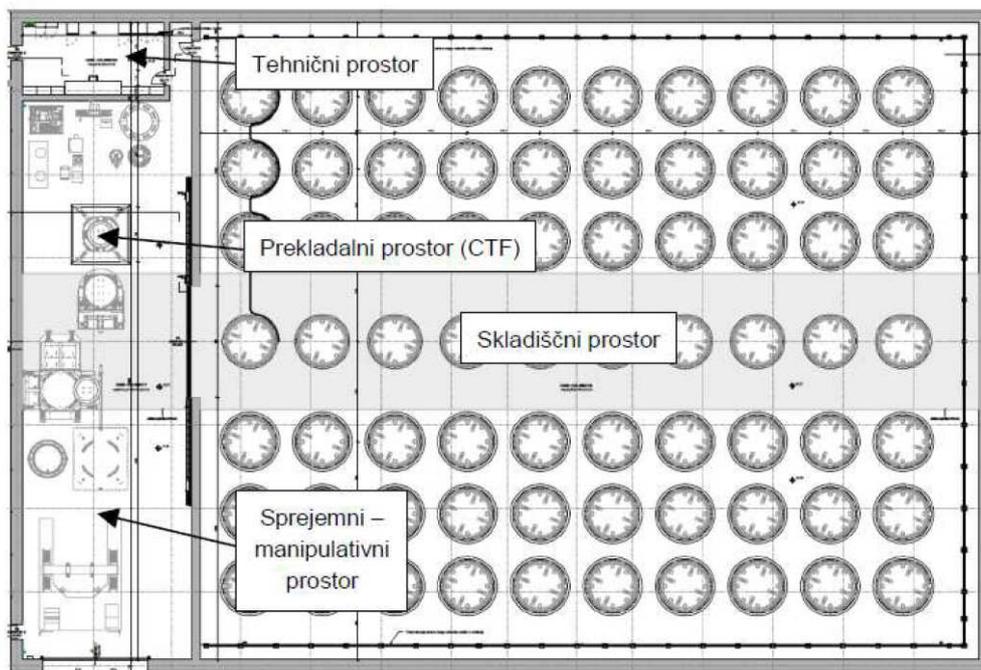


Abbildung 5: Darstellung eines Behälters für abgebrannte Brennelemente

Diese Behälter werden dann in speziellen Lagerungsabschirmungen in das Trockenlagergebäude für ABE (

Tehnični prostor	Technischer Raum
Prekladalni prostor (CTF)	Umladeraum (CTF)
Skladiščni prostor	Lagerraum
Sprejemni - manipulativni prostor	Annahme- und Manipulationsraum

Abbildung 6) gestellt. Das Gebäude besteht aus mehreren Teilen: Manipulations-, Technik- und Lagerraum. Die ABE werden in dem Gebäude aufbewahrt, bis eine Entscheidung über die Wahl einer nationalen Strategie für die Endlagerung oder Wiederaufbereitung der ABE getroffen wird.



Tehnični prostor	Technischer Raum
Prekladalni prostor (CTF)	Umladeraum (CTF)
Skladiščni prostor	Lagerraum
Sprejemni - manipulativni prostor	Annahme- und Manipulationsraum

Abbildung 6: Grundriss des Trockenlagergebäudes für ABE

Das Trockenlagergebäude ermöglicht die Lagerung von abgebrannten Brennelementen in 70 Behältern, die jeweils 37 Brennelemente enthalten können, wobei für die Lagerung der Brennelemente während der vorgesehenen Lebensdauer des Kraftwerks 62 Behälter vorgesehen sind und 8 Behälter als Reservelagerkapazität dienen. Die ABE werden in dem Gebäude aufbewahrt, bis eine Entscheidung über die Wahl einer nationalen Strategie für die Endlagerung oder Wiederaufbereitung der ABE getroffen wird.

Zum Jahresende 2020 waren insgesamt 1.323 Brennelemente im Becken für abgebrannte Brennelemente gelagert, wobei auch zwei Spezialbehälter mit Brennstäben und Fissionszelle aus dem Jahr 2017 berücksichtigt sind. Im Falle des Betriebs des KKW Krško bis Ende 2023 würden sich voraussichtlich insgesamt 1.553 Brennelemente im KKW Krško befinden; bei einem Betrieb bis Ende 2043 wären es insgesamt 2.281 (schätzungsweise). Im Jahr 2023 wird die erste Phase der Befüllung des Trockenbehälters erfolgen, in der die ersten 592 abgebrannten Brennelemente versetzt werden. In einer zweiten Phase werden dann die nächsten 592 abgebrannten Brennelemente versetzt (siehe Kapitel 5.2.8).

### 3.3. Programm der sicherheitstechnischen Aufrüstung

Gemäß den slowenischen Rechtsvorschriften zur nuklearen Sicherheit (JV5-Regelung, [69]) hat das KKW Krško die Systeme, Strukturen und Komponenten unter dem Gesichtspunkt schwerer Unfälle analysiert. Das KKW Krško ist verpflichtet, auf Grundlage der Analysen alle sinnvollen Maßnahmen zur Verhütung oder Milderung der Folgen schwerer Unfälle innerhalb der festgelegten Fristen zu ergreifen. Nach dem Unfall im japanischen Kernkraftwerk Fukushima Daiichi im März 2011 wurde diesem Prozess hohe Priorität eingeräumt. Mit dem Bescheid des Amtes der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit Nr. 3570-11/2011/7 vom 1.9.2011 wurde eine Analyse schwerer Unfälle und die Erstellung eines Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung gefordert. In der Begründung des Bescheids wird ausdrücklich auf die gute Praxis in Europa hingewiesen, die das KKW Krško bei seiner Analyse zu berücksichtigen hat.

Der Nuklearunfall im Kraftwerk Fukushima hat die gesamte Nuklearindustrie zu der Erkenntnis geführt, dass schwere Unfälle möglich sind und dass eine technologische Vorbereitung zur Verhütung und Bewältigung schwerer Unfälle erforderlich ist. Der Unfall löste in allen Ländern mit Nukleartechnologie rasche Reaktionen aus. Auf der Grundlage einer von allen EU-Staaten gemeinsam entwickelten Methodik hat auch das Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit mit dem Beschluss Nr. 3570-9/2011/2 vom 30.05.2011 dem KKW Krško die Durchführung einer außerordentlichen Sicherheitsüberprüfung auferlegt. Der Bericht wurde bis zum 31.10.2011 erstellt und enthält insbesondere eine Bewertung der damaligen Maßnahmen zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit im Falle außergewöhnlicher externer Ereignisse und einen Vorschlag für kurzfristige Verbesserungen. In deren Rahmen wurden auch zusätzliche Modifikationen vorgenommen, um den Anschluss von mobilen Geräten zu ermöglichen. Am 23.12.2011 übermittelte das Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit den Nationalen Stresstestbericht [20] an die ENSREG und veröffentlichte ihn auf seiner Website. Das Programm der sicherheitstechnischen Aufrüstung des KKW Krško [25] wurde als Reaktion der slowenischen Nuklearindustrie auf Grundlage des nationalen Post-Fukushima-Aktionsplans im Anschluss an die EU-Stresstests und nicht aufgrund des langfristigen Betriebs des KKW Krško durchgeführt.

Das KKW Krško hat stets präventiv gehandelt und auf wichtige Ereignisse in der Nuklearindustrie reagiert, um eine angemessene nukleare Sicherheit zu gewährleisten. Im KKW Krško waren bereits vor den Ereignissen in Japan bestimmte Modernisierungen im Gange, wie z. B. die Installation eines dritten Dieselgenerators zur Stromversorgung der Sicherheitssysteme, was zur Verbesserung der Sicherheit beiträgt und zugleich die Modernisierungsiniciativen nach dem Fukushima-Unfall unterstützt. Auch

nach dem Unfall in Fukushima reagierte das KKW Krško schnell und wirksam. Das Programm, das vom KKW Krško als Reaktion auf den Bescheid des Amtes der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit vorgeschlagen wurde, entspricht den Anforderungen der WENRA und ist mit der Praxis der Nuklearindustrie in den anderen europäischen Ländern vergleichbar.

Im August 2013 veröffentlichte die Europäische Kommission den Abschlussbericht mit den Ergebnissen der außerordentlichen Sicherheitsüberprüfungen aller Kraftwerke [21]. Der Bericht bestätigt, dass das KKW Krško sehr gute Ergebnisse aufweist und auf Extremereignisse angemessen vorbereitet ist. Der Bericht enthält auch eine Tabelle mit Empfehlungen für Sicherheitsverbesserungen in den jeweiligen Kernkraftwerken. Nach dieser Tabelle ist das KKW Krško das einzige Kernkraftwerk, das keine einzige Empfehlung erhalten hat – auch deshalb, weil es bereits B.5.b-Maßnahmen (infolge des Anschlags auf das WTC vom 11.9.2001) umgesetzt hatte, über einen Entwurf des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung verfügte und große eingebaute Sicherheitsreserven sowohl bei der Erdbeben- als auch bei der Hochwassersicherheit nachweisen konnte.

Die Modernisierung von Sicherheitslösungen umfasst die besten verfügbaren technologischen Lösungen und folgt der internationalen Praxis (z. B. Schweiz, Belgien, Schweden, Frankreich). Dies gilt insbesondere für die zuverlässige Kernkühlung, die Gewährleistung der Integrität des Sicherheitsbehälters, die Beherrschung schwerer Unfälle und die Kühlung abgebrannter Brennelemente.

Neben dem Reaktorkern stellt das Becken für abgebrannte Brennelemente im KKW Krško die bedeutendste potenzielle Quelle einer radiologischen Bedrohung für die Umgebung bei einem nuklearen Unfall dar. Die Strategie der Lagerung abgebrannter Brennelemente wurde wegen der jüngsten Ereignisse und Lehren aus dem Unfall in Fukushima sowie der Überarbeitung der *Entschließung zum nationalen Programm der Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente für den Zeitraum 2016-2025* [32] geändert. Im Jahr 2023 wird das Vorhaben zum Bau des Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente abgeschlossen [35]. Dadurch wird die nukleare Sicherheit weiter verbessert und das Risiko möglicher Unfälle im Becken für abgebrannte Brennelemente verringert.

Auf der Grundlage eigener Analysen und der Empfehlungen internationaler Organisationen und Behörden wurden im KKW Krško bestimmte kurz- und langfristige Maßnahmen ergriffen. Im Rahmen der kurzfristigen Maßnahmen wurden bestimmte mobile Geräte angeschafft (beispielsweise Dieselgeneratoren unterschiedlicher Leistung, Luftkompressoren, Wasserpumpen, Zugfahrzeug). An einzelnen Systemen im Kraftwerk wurden entsprechende Anschlussstellen für mobile Geräte installiert. Im Rahmen der langfristigen Maßnahmen und auf der Grundlage des Bescheids des Amtes der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit [65] wurde eine umfassende Analyse [64] durchgeführt und ein umfassendes Modernisierungsprogramm zur Verhütung schwerer Unfälle und zur Milderung ihrer Folgen – das Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung des KKW Krško [21] – erstellt. Das Programm enthält auch Vorschläge, die vom Kraftwerk nicht in den vom Dokument [48] ausgehenden Aktionsplan aufgenommen wurden. Mit den zusätzlichen Anforderungen von WENRA ([50] und [51]) und bestimmten technischen Lösungen, die in der vergleichbaren europäischen und globalen Industrie entwickelt wurden, hat das KKW Krško zusätzliche Analysen erstellt ([52], [53], [54], [63] und [64]), mit denen es die Angemessenheit und Vollständigkeit der technischen Lösungen für ein akzeptables Niveau der Verhütung und Milderung schwerer Unfälle nachweist. Das Programm der sicherheitstechnischen Aufrüstung des KKW Krško wird 2021 abgeschlossen, mit Ausnahme des Baus des Trockenspeichers und der Versetzung der abgebrannten Brennelemente (erste Kampagne), was in der ersten Hälfte des Jahres 2023 erfolgen wird.

### 3.4. Periodische Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ)

Gemäß Artikel 112 des Gesetzes über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit (ZVISJV-1, Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 76/17 und 26/19) [45] ist der Betreiber einer Strahlungseinrichtung oder kerntechnischen Anlage verpflichtet, "eine regelmäßige, umfassende und systematische Bewertung und Überprüfung der Strahlungs- oder nuklearen Sicherheit der Anlage durch periodische Sicherheitsüberprüfungen sicherzustellen".

Details zu Häufigkeit, Inhalt, Umfang, Dauer und Art der Durchführung der periodischen Sicherheitsüberprüfungen und der Berichterstattung über diese Sicherheitsüberprüfungen sind in der JV9-Regelung [70] festgelegt. Eine erfolgreich durchgeführte PSÜ ist eine Voraussetzung für die Verlängerung des Betriebs um zehn Jahre.

Der Zweck der periodischen Sicherheitsüberprüfung besteht darin, dass der Betreiber einer Strahlungs- oder kerntechnischen Anlage

- die Gesamtauswirkungen der Alterung der Anlage, die Auswirkungen von Änderungen an der Anlage, die Betriebserfahrungen, die technische Entwicklung, die Auswirkungen von Veränderungen am Standort und alle anderen möglichen Einflüsse auf die Strahlungs- oder nukleare Sicherheit überprüft sowie die Konformität mit den Auslegungsgrundlagen, aufgrund welcher die Betriebsgenehmigung erteilt wurde, mit den geltenden Sicherheitsnormen und mit der internationalen Praxis ermittelt, wodurch bestätigt wird, dass die Anlage mindestens so sicher ist, wie es während ihrer Planung vorgesehen war, und dass sie weiterhin sicher betrieben werden kann;
- die neueste Methodik anwendet, die geeignet, systematisch und dokumentiert ist sowie auf dem deterministischen und probabilistischen Ansatz für Analysen und Bewertungen der Strahlungs- und nuklearen Sicherheit basiert;
- etwaige bei der periodischen Sicherheitsüberprüfung festgestellte Abweichungen von der Auslegung der Anlage unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit schnellstmöglich behebt;
- die Kenntnisse über die Anlage und die Prozesse sowie die gesamte technische Dokumentation prüft und organisiert;
- die sicherheitsrelevante Bedeutung von Abweichungen von geltenden Normen und besten internationalen Praktiken identifiziert und bewertet;
- alle geeigneten und sinnvollen Änderungen, die sich aus der periodischen Sicherheitsüberprüfung ergeben, ausführt;
- Änderungen derart vornimmt, dass er für den jeweiligen Inhalt eine schriftliche, mit entsprechenden Analysen dokumentierte und gestützte Beurteilung der Situation erstellt.

Das KKW Krško hat gemäß den Anforderungen zwei periodische Sicherheitsüberprüfungen erfolgreich durchgeführt, die erste im Jahr 2003 [23] und die zweite im Jahr 2013 [24]; beide wurden vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit durch Bescheide bestätigt. Die beiden umfassenden Sicherheitsbewertungen im Rahmen der PSÜ haben bestätigt, dass das Kraftwerk sicher ist und bis zur nächsten PSÜ sicher betrieben werden kann. Eine dritte periodische Sicherheitsüberprüfung [73] ist derzeit im Gange und wird im Jahr 2023 abgeschlossen.

### 3.5. Unabhängige internationale Peer Reviews des Kraftwerksbetriebs

Das KKW Krško nimmt an einer Reihe unabhängiger internationaler Peer Reviews (Missionen) teil, die alle Aspekte des sicheren und zuverlässigen Kraftwerksbetriebs eingehend prüfen. Die Prüfungen werden von verschiedenen Organisationen durchgeführt: Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO), Weltverband der Kernkraftwerksbetreiber (WANO) und andere.

Die Missionen verfolgen den Zweck, Verbesserungen im Bereich der nuklearen Sicherheit und der Zuverlässigkeit von Kernkraftwerken durch den Informationsaustausch zwischen ausländischen Experten und dem KKW Krško wie auch die Kommunikation und Vergleiche zwischen den WANO-Mitgliedern zu fördern. Der Vergleich der eigenen Praxis mit globalen Erfahrungen und die objektive Beurteilung des Betriebszustandes zielen darauf ab, die höchsten Standards der nuklearen Sicherheit, Verfügbarkeit und Exzellenz beim Kernkraftwerksbetrieb zu erreichen.

Die Prüfer verglichen das KKW Krško mit den hohen Betriebsstandards der Nuklearindustrie in folgenden Bereichen: Sicherheitskultur und menschliches Verhalten, Organisation und Verwaltung, Effizienzsteigerung und Betriebserfahrung, Betrieb, Instandhaltung, Chemie, Arbeitsprozessmanagement, Engineering, Konfigurationskontrolle, Kernbrennstoffeffizienz, Anlagenzuverlässigkeit, Strahlenschutz, Ausbildung und Qualifikation, Brandschutz, Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz, Organisation und Maßnahmen für den Fall eines außergewöhnlichen Ereignisses sowie Umsetzung internationaler Empfehlungen. Die Beobachter beobachteten auch die Durchführung von Betriebsschichtsszenarien, um die Reaktion des Betriebspersonals auf ungeplante Ereignisse zu beurteilen.

Mitte der 1990er Jahre wurden im Rahmen der probabilistischen Sicherheitsanalysen der Stufe 2 für das Kraftwerk unter anderem Analysen ausgewählter Störfallszenarien durchgeführt, die über die Auslegungsunfälle hinausgehen. Die Analysen umfassten Zustände mit Reaktorkernschäden und Versagen des Sicherheitsbehälters (Analysen schwerer Unfälle). Solche Analysen dienen auch als Grundlage für die Erstellung von Leitlinien für das Management schwerer Unfälle (SAMG - Severe Accident Management Guidelines). Darüber hinaus wurden Inspektionen der Ausstattung durchgeführt und einige Änderungen vorgenommen, die eine angemessenere Reaktion der Ausstattung und des Personals im Falle solcher Unfälle ermöglichen. Beispiele sind: die Strategie der Flutung des Raums unter dem Reaktorbehälter ("Wet Cavity") im Falle des Schmelzens des Reaktorbehälters, Austausch von Gitterwerken des Sicherheitsbehälters (Containment) und der thermischen Isolierung der Rohrleitungen im Sicherheitsbehälter. Nach Anschaffung eines Simulators für die Schulung des Bedienpersonals und erfolgter Erstellung der SAMG kann das KKW Krško auch Bereitschaftsübungen für auslegungsüberschreitende Unfälle durchführen. Bei den Übungen wurden auch die SAMG-Verfahren funktionell getestet.

Auf Einladung des Amtes der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit wurde 2001 eine von der IAEO organisierte RAMP-Mission im KKW Krško durchgeführt, um den Umfang und die Angemessenheit der erwähnten Analysen sowie die Leitlinien für das Vorgehen im Falle schwerer Unfällen zu überprüfen. Ein Teil der Empfehlungen der RAMP-Mission wurde in der Zeit nach der Prüfungsmission umgesetzt, während die übrigen Empfehlungen zusätzliche, eingehendere Analysen erforderten und vom KKW Krško im Rahmen des Aktionsplans der ersten periodischen Sicherheitsüberprüfung umgesetzt wurden (z. B. Wasserstoffproduktion, Wasserstoffverteilung und Management des Risikos einer Wasserstoffexplosion im Sicherheitsbehälter bei einem schweren Unfall). Im Rahmen des Aktionsplans der periodischen Sicherheitsüberprüfung hat das KKW Krško auch die spezifischen Grundlagen für die Notfallmanagementanweisungen (EOP) erstellt und auf Grundlage der Analysen die Kriterien ("Setpoint") hierfür überarbeitet. Alle Maßnahmen in diesem Aktionsplan wurden abgeschlossen (und vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit im Rahmen verschiedener Verwaltungsverfahren geprüft und genehmigt).

Im Rahmen der Stresstests wurde auch eine Überprüfung des Managements schwerer Unfälle (Ausstattung, Verfahren, Organisation usw.) durchgeführt. Darüber hinaus wurde im Rahmen der IAEO- und WANO-Prüfungen in den Jahren 2017 und 2019 die Angemessenheit der Störfallmanagementorganisation geprüft. Im Jahr 2018 wurde auch eine Validierung der neuen SAMG am Simulator des KKW Krško erfolgreich durchgeführt.

### 3.6. Alterungsmanagementprogramm (AMP)

Das Alterungsmanagementprogramm (AMP) wurde als Teil der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSR1) und mit Maßnahmen, die sich aus dem PSR1-Abschlussbericht ergaben, erstellt.

Das KKW Krško hat die Maßnahmen aus der periodischen Sicherheitsüberprüfung, die sich auf die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško beziehen, vollständig abgeschlossen. Im Rahmen des Verwaltungsverfahrens hat das Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit diejenigen Teile der Änderungen des Sicherheitsberichts des KKW Krško (USAR) und der Technischen Spezifikationen des KKW Krško (TS - NEK Technical Specifications), die sich auf die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško beziehen (Bescheid des URSJV Nr. 3570-6/2009/28 vom 20.4.2012 und Bescheid des URSJV Nr. 3570-6/2009/32 vom 20.6.2012), sowie das gesamte Alterungsmanagementprogramm genehmigt.

Das Alterungsmanagementprogramm des KKW Krško basiert auf der US-Vorschrift NUREG-1801, Generic Aging Lessons Learned, Revision 2. Das AMP umfasst somit alle passiven und "langlebigen" Systeme, Strukturen und Komponenten. Das von der IAEO konzipierte europäische AMP (International Generic Aging Lessons Learned (IGALL) for Nuclear Power Plants) sieht vor, dass sich das Alterungsmanagementprogramm auch auf aktive Komponenten erstreckt. Das KKW Krško übt die Kontrolle über die aktiven Komponenten gemäß der Wartungsregel – Maintenance Rule (10 CFR 50.65) und dem Environmental Qualification Program (10 CFR 50.49) aus.

Die Kontrolle der Alterung der aktiven Komponenten wie auch die Wartung basieren auf:

- 10 CFR 50.65 – Requirements for monitoring the effectiveness of maintenance at nuclear power plants, Regulatory Guide 1.160,
- "Monitoring the Effectiveness of Maintenance Rule at Nuclear Power Plants" Rev. 3 in NUMARC 93-01,
- "Industry Guideline for Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants", Rev. 4A.

Ein wichtiger Bestandteil des AMP waren auch zeitlich begrenzte Sicherheitsanalysen (TLAA-Analysen), unter denen die Analyse AMP-TA-10 "Update of USAR Chapters 11 and 15" hervorzuheben ist, die ergab, dass die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško keine Änderung der bestehenden Situation darstellt, die neue Gefahren und Belastungen für die Umwelt mit sich bringen würden.

Die Kohärenz und Integrität des Alterungsmanagementprogramms wurde durch eine Reihe von Missionen überprüft:

- im Jahr 2014: WANO Peer Review Mission im KKW Krško (AMP),
- im Jahr 2017: IAEA OSART + LTO + PSA Mission,
- im Jahr 2017 wirkte das KKW Krško aktiv an der Erstellung des nationalen Berichts ENSREG Topical Peer Review (TPR) on Aging Management mit,
- im Jahr 2019: WANO Peer Review des AMP des KKW Krško.

Für das Trockenlagerprojekt wurde ein spezielles Alterungsmanagementprogramm entwickelt.

Alle Missionen (einschließlich der OSART-Mission 2017) wie auch die Prüfung des Amtes der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit und der im Rahmen des oben beschriebenen Verwaltungsverfahrens erlassene Bescheid haben gezeigt, dass das Alterungsmanagementprogramm den internationalen Empfehlungen und der JV9-Verordnung [70] entspricht.

Darüber hinaus wird das AMP des KKW Krško im Rahmen der IAEA Pre-SALTO Mission (Safety Aspects of Long Term Operation) im Jahr 2021 überprüft und bewertet. Die Pre-SALTO Mission wird eine gründliche Überprüfung der Alterungsmanagementprogramme und ihrer Umsetzung auf der Grundlage der IAEO-Standards und der besten internationalen Praktiken durchführen. Das

Alterungsmanagementprogramm wird im Rahmen der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSR3) gemäß dem vom URSJV mit Bescheid Nr. 3570-7/2020/22 vom 23.12.2020 [73] genehmigten Programm umfassend und systematisch evaluiert.

### 3.7. Managementsystem

Der äußere Rahmen für den Betrieb des KKW Krško und die Geschäftstätigkeit des Unternehmens NEK d.d. wird durch die Gesetzgebung, das zwischenstaatliche Abkommen, die Standards der Nuklearindustrie und die Standards für effiziente Unternehmensführung vorgegeben.

Die interne Organisation des Unternehmens ist so konzipiert, dass sie alle Funktionen umfasst, die für eine qualitätsgerechte Ausübung der Arbeitsprozesse gemäß den Normen und Vorschriften der Nuklearindustrie erforderlich sind. Zugleich wird die spezifische Rolle des Unternehmens berücksichtigt, die neben den Betriebsfunktionen auch Engineering- und Unternehmensfunktionen umfasst, einschließlich der unabhängigen Überwachung der nuklearen Sicherheit. Das Managementsystem "NEK MD-2" als eines der Schlüsseldokumente stellt die grundlegenden organisatorischen Merkmale systematisch dar und definiert die Verantwortlichkeiten für die Führungs-, Schlüssel- und Unterstützungsprozesse sowie die unabhängige Überwachung der nuklearen Sicherheit.

Das integrierte Managementsystem, das im Dokument "NEK MD-2 - Managementsystem - Prozessorganisation" beschrieben ist, entspricht den Anforderungen, die im *Gesetz über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit* (ZVISJV-1; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 76/17 und 26/19) [45] und eingehender in der *Regelung über die Faktoren des Strahlenschutzes und der nuklearen Sicherheit* (JV5-Regelung; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 74/16) [69] im Kapitel 5 (Managementsystem) festgelegt sind. Das Programm entspricht auch den General Safety Requirements No. GSR Part 2, Leadership and Management for Safety, 2016.

Bestandteil des integrierten Managementsystems ist das Qualitätssicherungsprogramm als Teil der unabhängigen Überwachung der nuklearen Sicherheit, das den Anforderungen der slowenischen Gesetzgebung und der US-Vorschrift 10 CFR 50 Appendix B Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants entspricht. Das Programm schreibt die Überwachung derjenigen Tätigkeiten vor, die sich auf die nukleare Sicherheit und die Bereitschaft von Kernbrennstoffen, Strukturen, Systemen und Komponenten (SSC) sowie auf die Qualität der damit verbundenen Dienstleistungen auswirken.

Bestandteil des Managementsystems ist auch das Umweltmanagementsystem, das im KKW Krško im Jahr 2008 gemäß ISO 14001:2004 eingeführt wurde. Im November 2017 wurde ein Rezertifizierungsaudit des Umweltmanagementsystems und eine erfolgreiche Umstellung auf die neue Fassung der Norm ISO 14001:2015 durchgeführt. Das Zertifikat Nr. SL22114E gemäß ISO 14001:2015 wurde am 14.12.2017 mit Gültigkeit bis zum 18.12.2020 erteilt. Die Zertifikate werden für einen Zeitraum von drei Jahren ausgestellt, so dass nach zwei Kontrollaudits im Oktober 2020 ein erfolgreiches Rezertifizierungsaudit durchgeführt wurde. Das KKW Krško hat das neue Zertifikat Nr. SI008072 [17] gemäß ISO 14001:2015 für den nächsten Dreijahreszeitraum (bis Ende 2023) erhalten.

Das Arbeitsschutzmanagementsystem gemäß BS OHSAS 18001:2007 wurde im Jahr 2011 eingeführt.

Nach der Herausgabe der neuen Arbeitsschutznorm im Jahr 2018 wurden sukzessive Änderungen und Ergänzungen des Arbeitsschutzmanagementsystems eingeführt, die für den Übergang von der Norm BS OHSAS 18001:2007 auf die Norm ISO 45001:2018 notwendig sind.

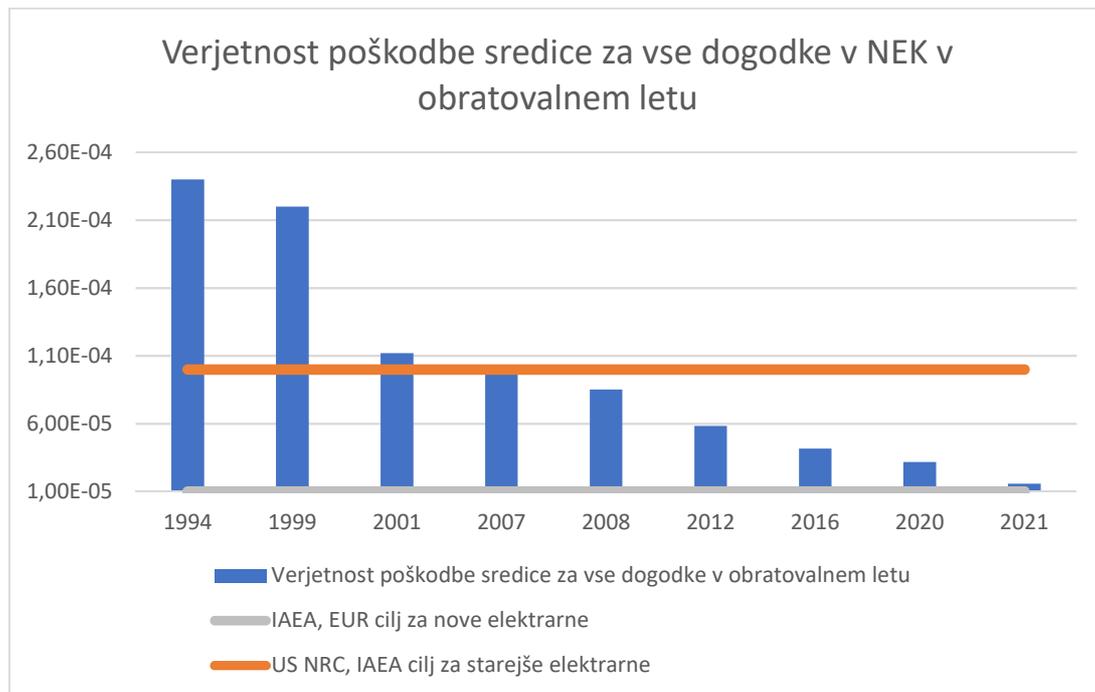
Im Oktober 2020 wurde die Umstellung auf die neue Norm in einem Rezertifizierungsaudit durch die externe Zertifizierungsorganisation Bureau Veritas detailliert geprüft und bestätigt. Das KKW Krško ist für einen Zeitraum von drei Jahren nach ISO 45001:2018 zertifiziert [18].

### 3.8. Die wesentlichen Sicherheitsmerkmale des Kraftwerks im Jahr 2021

Mit durchdachten und gezielten Sicherheitsverbesserungen in den letzten zehn Jahren im KKW Krško, insbesondere mit der Umsetzung des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung, wird das Sicherheitsniveau ständig verbessert, wie die

Verjetnost poškodbe sredice za vse dogodke v NEK v obratovalnem letu	Wahrscheinlichkeit eines Kernschadens für alle Ereignisse im KKW Krško während eines Betriebsjahres
Verjetnost poškodbe sredice za vse dogodke v obratovalnem letu	Wahrscheinlichkeit eines Kernschadens für alle Ereignisse während eines Betriebsjahres
IAEA, EUR cilj za nove elektrarne	IAEO-, EUR-Ziel für neue Kraftwerke
US NRC, IAEA cilj za starejše elektrarne	US-NRC-, IAEO-Ziel für ältere Kraftwerke

Abbildung 7 aufzeigt – in ihr ist die Wahrscheinlichkeit von Kernschäden durch alle möglichen internen und externen Ereignisse (Anlagenausfälle, Rohrbrüche, Brände, Erdbeben, Überschwemmungen usw.) dargestellt.



Verjetnost poškodbe sredice za vse dogodke v NEK v obratovalnem letu	Wahrscheinlichkeit eines Kernschadens für alle Ereignisse im KKW Krško während eines Betriebsjahres
Verjetnost poškodbe sredice za vse dogodke v obratovalnem letu	Wahrscheinlichkeit eines Kernschadens für alle Ereignisse während eines Betriebsjahres
IAEA, EUR cilj za nove elektrarne	IAEO-, EUR-Ziel für neue Kraftwerke
US NRC, IAEA cilj za starejše elektrarne	US-NRC-, IAEO-Ziel für ältere Kraftwerke

Abbildung 7: Darstellung des Sicherheitsniveaus, gemessen an der Kernschadenswahrscheinlichkeit je Betriebsjahr (CDF/yr)

Die

Verjetnost poškodbe sredice za vse dogodke v NEK v obratovalnem letu	Wahrscheinlichkeit eines Kernschadens für alle Ereignisse im KKW Krško während eines Betriebsjahres
Verjetnost poškodbe sredice za vse dogodke v obratovalnem letu	Wahrscheinlichkeit eines Kernschadens für alle Ereignisse während eines Betriebsjahres
IAEA, EUR cilj za nove elektrarne	IAEO-, EUR-Ziel für neue Kraftwerke
US NRC, IAEA cilj za starejše elektrarne	US-NRC-, IAEO-Ziel für ältere Kraftwerke

Abbildung 7 zeigt die Wahrscheinlichkeit eines Kernschadens für alle Ereignisse im KKW Krško je Betriebsjahr durch die Betriebshistorie im Vergleich zu den Zielwerten gemäß US NRC und IAEO für Kernkraftwerke der 2. Generation, dargestellt durch die orangefarbene Linie, und den Zielwerten gemäß IAEO und EUR für neue Kraftwerke der 3. Generation, graue Linie, laut NEA/CSNI/R(2009)16. Ein Kernschaden im KKW Krško entspricht der Definition von US NRC 10 CFR 50.46, Abschnitt 1b. Die Abbildung zeigt, dass in den letzten 20 Jahren die Wahrscheinlichkeit eines Kernschadens deutlich gesunken ist, was auf umfangreiche Investitionen in die sicherheitstechnische Aufrüstung des Kraftwerks zurückzuführen ist. Wesentliche Verbesserungen wurden in Bezug auf das Erdbebenrisiko, den Hochwasserschutz, Maßnahmen zur Milderung von Brandfolgen, die Sicherstellung zusätzlicher Stromquellen bei Störfällen oder Ausfällen der Stromversorgung aus dem Netz u. a. m. vorgenommen. Beispielsweise gewährleisteten alternative Wärmeabfuhrmöglichkeiten mit neuen DEC-Systemen (ASI-Tank, AAF-Tank und Brunnen [7]) eine langfristige Kühlung des Kraftwerks. Die Risikoreduzierungen in den letzten Jahren und die geplante Risikoreduzierung im Jahr 2021 sind das Ergebnis des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung des KKW Krško [25].

### 3.8.1. Die wichtigsten Auslegungsänderungen am Primärkreislauf

#### *Austausch der Verdampfer*

Der Austausch der Verdampfer erfolgte im Rahmen der Kraftwerksmodernisierung. Die Modernisierung umfasste eine Reihe von Teilprojekten. Das erste umfasste die Planung, Herstellung, Endbearbeitung, Montage, Prüfung und den Transport neuer Verdampfer. Das zweite bestand aus Sicherheitsanalysen und der Einholung von Austauschgenehmigungen. Das dritte Projekt, das zu Beginn der Überholung abgeschlossen wurde, war der Bau eines kompletten Simulators zur Schulung des Personals und zur Analyse des Verhaltens des Kraftwerks bei verschiedenen Ereignissen. Der Austausch der Verdampfer und der Bau des Simulators erfolgten im Jahr 2000.

#### *Einführung eines neuen Systems zur Messung der Primärkreislauftemperatur*

Das Primärkühlmitteltemperatur-Messsystem verfügte über einen Bypass an den Kühlkreisläufen A und B, der an den Heiß-, Kalt- und Zwischenzweig angeschlossen war und insgesamt 30 Ventile besaß. Aufgrund der schwierigen Wartung und möglicher Leckagen wurden bei der Überholung 2013 alle Ventile und Bypass-Leitungen entfernt und es wurden Temperaturmessfühler direkt in die Primärkühlmittelleitung eingebaut. Diese Lösung reduziert die Betriebs- und Wartungseingriffe und das Risiko von Leckagen des Primärkühlmittels.

#### *Nachrüstung der Reaktorpumpenmotoren*

Die beiden ursprünglichen Elektromotoren der Reaktorkühlmittelpumpen wurden umgebaut und modernisiert und es wurde ein neuer Ersatzmotor geliefert. Auch die Kontrollinstrumente und visuellen Anzeigen zur Überwachung der Temperaturen und Ölstände der Lager sowie der Motorvibrationen wurden modernisiert. Die Nachrüstung fand in den Jahren 2007 und 2010 statt.

#### *Austausch des Reaktorkopfes*

Aufgrund der Betriebserfahrungen der Nuklearindustrie wurde der Reaktorkopf ersetzt. Korrosionsbeständigere Materialien und bessere Herstellungsverfahren sorgen für einen sichereren und zuverlässigeren Betrieb des Kraftwerks. Der Austausch des Reaktorkopfes erfolgte im Jahr 2012.

### 3.8.2. Die wichtigsten Änderungen am Sekundärkreislauf und den elektrischen Systemen

#### *Austausch der Niederdruckturbinen*

Aufgrund der Alterung der Niederdruckturbinen und der Notwendigkeit, die Stromerzeugung zu optimieren, ersetzte das KKW Krško beide Turbinen. Die beiden neuen Niederdruckturbinen haben im Vergleich zu den alten Turbinen einen höheren inneren Wirkungsgrad. Der Austausch erfolgte 2006.

#### *Austausch des Stators und des Rotors des Hauptgenerators*

Die Modifikation umfasste den Austausch des Statorteils des Generators (Außen- und Innengehäuse, Kern, Wicklung, Hauptanschlüsse mit Durchführungen, Wasserstoffkühler), des Stator Kühlwassersystems, des Wasserstofftemperaturregelventils und der Alarmtafel, den Einbau eines neuen Wasserstofftrockners und die Modernisierung der Kontrollinstrumente mit Datenübertragung zum Kontrollraum.

Zum Austausch des Rotors des Hauptgenerators entschloss sich das KKW Krško aufgrund der Einschätzung, dass die ausgelegte und bei der Herstellung berücksichtigte Lebensdauer aller Teilkomponenten des Generators unter Berücksichtigung der normalen Betriebsbedingungen und der Betriebszuverlässigkeit 30 Jahre beträgt. Der Rotor des Generators wurde durch einen neuen ersetzt, der eine höhere Zuverlässigkeit und einen höheren Wirkungsgrad aufweist.

Der Austausch des Stators und des Rotors des Hauptgenerators erfolgte in den Jahren 2010 und 2012.

#### *Austausch des Turbinenkontroll- und -schutzsystems (Turbinensteuerungs- und -überwachungssystem)*

Das alte digitale Elektrohydrauliksystem (Digital Electro Hydraulic System, DEH-System) der Turbinensteuerung wurde durch ein neues programmierbares digitales Elektrohydrauliksystem (Programmable Digital Electro Hydraulic System, PDEH-System) ersetzt, das vom Originallieferanten hergestellt wurde.

Die Installation des neuen PDEH-Turbinensteuerungs- und -überwachungssystems umfasste auch den Austausch des Turbinenschutzsystems (Emergency Trip System) und des Systems zur Regelung der Dampfüberhitzung und der Feuchtigkeitsabscheider sowie die Versetzung der Schalteinrichtungen für die Steuerung und Testung von zwölf Ventilen des Dampfabscheidungssystems von einer unabhängigen Schalttafel zum neuen PDEH-System. Der Austausch erfolgte 2012.

#### *Austausch der Erregermaschine, des Spannungsreglers und des Generatorhauptschalters*

Das dritte Projekt zur Modernisierung des Generatorsystems umfasste den Austausch der Erregermaschine und des Spannungsreglers des Hauptgenerators.

Der Austausch des Generatorhauptschalters ist eine der durchgeführten Modernisierungen des Generatorsystems, die die Zuverlässigkeit des Kraftwerksbetriebs erhöhen. Das Projekt umfasst den Austausch des Hauptgeneratorschalters mit allen dazugehörigen Einrichtungen sowie den Austausch des Überspannungsschutzes. Da der neue Generatorschalter keine Wasserkühlung und keine Druckluft für seinen Betrieb benötigt, wurden sowohl die bestehende Kompressorstation als auch das Kühlsystem des alten Generatorschalters entfernt. Das System wurde im Jahr 2016 ersetzt.

#### *Erneuerung der Schaltanlage und Austausch von 400-Kilovolt-Sammelschienen*

Gemäß der Vereinbarung über technische Aspekte von Investitionen wurde die Schaltanlage gemeinsam mit dem Netzbetreiber ELES komplett erneuert. Die Erneuerung begann bereits mit der

Überholung 2010 und wurde bei den Überholungen 2012 und 2013 mit dem Austausch aller primären Einrichtungen wie Leistungsschalter, Trennschalter und Sammelschienen sowie dem Austausch der Mess- und Regelsysteme fortgesetzt.

Vom Doppelzaun zwischen dem KKW Krško und dem Umspannwerk Krško bis zum Umspannfeld wurde ein Teil der 400-Kilovolt-Sammelschienen mit Stützisolatoren und Portalen ausgetauscht. Der Austausch der Sammelschienen stellt die erste Phase des gemeinsamen Projekts von KKW Krško und ELES zum Umbau der 400-Kilovolt-Schaltanlage dar.

#### *Einbau und Anschluss des Leistungstransformators*

Das KKW Krško hat den Haupttransformator mit einer Nennleistung von 400 MVA durch einen neuen 500-MVA-Transformator ersetzt. Der neue Transformator beseitigt einen Engpass bei der Stromverteilung in das Stromversorgungsnetz und bringt das Kraftwerk wieder in die Ausgangskonfiguration mit zwei Transformatoren gleicher Leistung zurück. Der Austausch erfolgte 2013.

### 3.8.3. Die wichtigsten Änderungen am Tertiärkreislauf und an den Subsystemen

#### *Erweiterung des Kühlturmsystems*

Die Auslegungsänderung ist eine Folge von Veränderungen im Kraftwerk und in der Umgebung. Mit ausgewählten technischen Lösungen wurde das Kühlsystem des Tertiärkreislaufs im KKW Krško verbessert. Es wurden vier neue Kühlzellen installiert (neuer Kühlturm - CT3), die elektrische Ausrüstung des Kühlturmsystems wurde vollständig ausgetauscht. Die Erweiterung erfolgte 2008.

#### *Umbauten im Zuge des Baus des Wasserkraftwerks Brežice*

Aufgrund des Wasserkraftwerks Brežice ist der Flusspegel der Save im Gebiet des KKW Krško um 3 m auf 153,20 m über dem Meeresspiegel angestiegen. Infolge der veränderten hydraulischen Verhältnisse war es notwendig, bestimmte Systeme im Bereich des KKW Krško umzubauen, um nach dem Anstieg des Save-Pegels den Betrieb der Systeme innerhalb der bestehenden Auslegungsgrundlagen und zugleich auch eine normale Instandhaltung der betroffenen Systeme und Bauwerke zu ermöglichen.

#### *Modifikation am hydraulischen System des Stauwerks*

Der Umbau umfasste alle mechanischen, baulichen, elektrischen und I&C-Arbeiten am Stauwerk des KKW Krško, die wegen des Baus des Kraftwerks Brežice erforderlich waren. Die hydraulischen Veränderungen an der Save flussaufwärts und flussabwärts des Stauwerks des KKW Krško haben folgende Eingriffe erforderlich gemacht:

Baulicher Teil:

- Einrichtung der Zugänge und Umgebung des Stauwerks,
- Erweiterung des Lagers, wo die für Wartungsarbeiten bestimmten Wehre gelagert werden,
- Überhöhung der Pfeiler der Überlauffelder und Bau einer neuen Brücke für die Krananlage,
- Rekonstruktion der Fundamente des Tosbeckens mit zusätzlicher Stahlschwelle,
- Anbringung zusätzlicher Führungen an den Flügelmauern des Stauwerks,
- Verlängerung der Kranbahnfundamente und
- zusätzliche Aufschüttung für die Plattform des erweiterten Lagers.

#### Maschinentechnischer Teil:

- Lieferung und Montage von stromabwärtigen Segmentwehren, die für Wartungsarbeiten bestimmt sind (6 neue Elemente);
- Lieferung und Montage von stromaufwärtigen Wartungswehren (2 neue Rollsegmente);
- Lieferung und Montage eines neuen Portalkrans, 2 x 100 kN, für die Manipulation der stromabwärtigen Wartungswehre auf den Überlaufeldern mit Kranbahn;
- Lieferung und Montage von Hebezangen zum Erfassen und Absenken der Elemente der stromabwärtigen Wartungswehre, die am Portalkran aufgehängt sind;
- Lieferung und Montage einer mobilen hydraulischen Vorrichtung für den Transport der stromabwärtigen Wartungswehre vom Portalkran zum Lager für die Wehre mit der Kranbahn;
- Lieferung und Montage der Ausstattung des Lagers für die stromabwärtigen Wartungswehre, bestehend aus einem Satz von Sockeln für die Wehre; und
- Rekonstruktion der hydraulischen Hebevorrichtung der Radialwehre, einschließlich Hydraulikaggregate mit Elektro-, Motor- und manuellem Antrieb, Hydraulikzylinder und flexibler Schlauchleitungen für flexible Anschlüsse.

#### Elektrik und Steuerung:

Das bisherige Steuerungs- und Kontrollsystem für die Einrichtungen am Stauwerk des KKW Krško, das auch die Regulierung des Save-Flusspegels durch Erfassung von Durchfluss- und Pegelmessungen einschließt, wurde durch ein neues System ersetzt. Es wurden auch bidirektionale Datenverbindungen zu den Steuerungseinrichtungen der Staudämme der Wasserkraftwerke Brežice und Krško eingerichtet, so dass diese Dämme gemeinsam mit dem Stauwerk des KKW Krško geführt werden können.

#### Rekonstruktion des CW-Systems

Um den normalen und sicheren Betrieb des Kraftwerks beim erhöhten Flusspegel der Save während des Baus des Wasserkraftwerks Brežice zu gewährleisten, waren auch bestimmte Umbauten am tertiären Kühlsystem (CW - Circulating Water System) erforderlich, die Folgendes umfassten:

- die Einführung zusätzlicher Wehre (stop logs) zur Isolierung der CW-Einlaufbauwerke, was die Wartung der Grobrechen, Wandersiebe und CW-Pumpen ermöglicht;
- Umbau und Modernisierung der CW-Reinigungssysteme;
- eine neue Rechenreinigungsvorrichtung (zwei neue Maschinen mit höherer Effizienz);
- Modernisierung der Wandersiebe CW 105TSC-001, -006 (erhöhte Bewegungsgeschwindigkeit der Siebe, Modifikation der Sicherheitsklappen);
- Installation einer zusätzlichen Pumpe zum Spülen der Siebe und zusätzlicher Düsen für jedes Sieb;
- Austausch von Schaltschränken und Modernisierung der Steuerungen, Modernisierung der Messung der Wasserstandsdimensionen an den Grobrechen und Wandersieben);
- Rekonstruktion der CW-Enteisungsrohrleitung zur Verhinderung von Eisbildung im CW;
- Einbau einer neuen Pumpe, um die Betriebsanforderungen des Enteisungssystems zu erfüllen;
- Modifikation der Düsen der Enteisungsrohrleitung (Einführung zusätzlicher Düsen an der CW-Enteisungsrohrleitung);
- Renovierung der Manipulationsplattformen (Podeste).

### Umbau am SW-System

Aufgrund des Baus des Wasserkraftwerks Brežice war auch ein Umbau am tertiären Sicherheitskühlsystem (SW-System) notwendig. Der Umbau umfasste Folgendes:

- Einbau zusätzlicher Spundwände und Requalifizierung der bestehenden Spundwände,
- Vorentwurf des SW-Pumpenführungssystems,
- Einbau neuer Arbeitspodeste,
- Aufrüstung bzw. Austausch des bestehenden Entschlammungssystems,
- Modernisierung des Systems zur Messung des Schlammpegels im Einlaufbecken (intake basin),
- Anpassung des Kathodenschutzsystems für die Unterwasserbauten und Rohrleitungen.

### Umbau am PW- und SV-System

Der Bau des Wasserkraftwerks Brežice machte auch einen Umbau am System unterirdischer Brunnen sowie der Niederschlagswasser- und Schmutzwasserkanalisation erforderlich:

- Unterirdische Brunnen:  
Um den Grundwasserspiegel auf gleichem Niveau wie vor dem Bau zu halten, sind innerhalb des Dichtungsschleiers drei unterirdische Brunnen [6] mit den zugehörigen Verbindungsleitungen zum bestehenden PB-Gebäude eingebaut.
- Niederschlagswasserkanalisation:  
Abriss des bestehenden Pumpwerks der Niederschlagswasserkanalisation und Einbau eines neuen Pumpwerks am selben Standort.
- Schmutzwasserkanalisation:
  - Bau eines neuen Gravitationsabflusses oberhalb der künftigen Stauhöhe des Wasserkraftwerks Brežice auf 153,50 m über dem Meeresspiegel,
  - Austausch von zwei bestehenden Tauchpumpen.

#### 3.8.4. Sonstige Auslegungsänderungen zur Verbesserung der Sicherheit

### Verbesserung der Sicherheits-Wechselstromversorgung (DG3)

Diese Maßnahme stellt eine Verbesserung der Sicherheits-Wechselstromversorgung des Kraftwerks durch Sicherstellung einer alternativen Versorgungsquelle für den Fall eines vollständigen Ausfalls der Wechselstromversorgung (Station Blackout - SBO) dar. Die Aufrüstung der Sicherheitsstromversorgung umfasste den Einbau eines zusätzlichen Dieselgenerators (DG3) mit einer Leistung von 4 Megawatt (6,3 kV, 50 Hz, Anlaufzeit unter 10 Sekunden), der über eine neue 6,3-kV-Sammelschiene (MD3) mit den Sammelschienen MD1 oder MD2 verbunden ist. Die Nachrüstung erfolgte in den Jahren 2006 und 2013.

#### 3.8.5. Projekte zur sicherheitstechnischen Aufrüstung des KKW Krško

Mit der Umsetzung des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung [25] ist das KKW Krško auf schwere Unfälle vorbereitet, wie es gemäß dem *Gesetz über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit* (ZVISJV-1; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 76/17 und 26/19) [45] und der *Regelung über die Faktoren des Strahlenschutzes und der nuklearen Sicherheit* [69] gefordert wird. Das Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung wurde vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (URSJV) geprüft und im Februar 2012 mit dem Bescheid Nr. 3570-11/2011/09 genehmigt. Bereits im Jahr 2012 begann das KKW Krško mit der Erstellung der Planungsdokumentation für das Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung und reichte im Jahr 2013 auch Anträge für die Ausführung der ersten beiden Änderungen der sicherheitstechnischen Aufrüstung (Einbau eines

passiven autokatalytischen Wasserstoffbindungssysteme und Einbau eines passiven Filterventilationssystems des Sicherheitsbehälters) ein. Diese beiden Änderungen als wesentliche Lösungen für Situationen bei schweren Unfällen wurden vom URSJV im Oktober 2013 genehmigt.

#### Phase 1

##### Einbau von passiven autokatalytischen Verbrennungsanlagen zur Wasserstoffregulierung im Sicherheitsbehälter (Containment)

Durch den Einbau passiver autokatalytischer Wasserstoffverbrennungsanlagen wird die Konzentration explosiver Gase (Wasserstoff und Kohlenmonoxid) im Sicherheitsbehälter für den Fall eines Schwerstunfalls begrenzt. Die eingebauten Einrichtungen benötigen für ihren Betrieb keine Stromversorgung und funktionieren daher auch bei einem vollständigen Ausfall der Wechselstromversorgung des Kraftwerks. Diese sicherheitstechnische Aufrüstung gewährleistet die Integrität des Sicherheitsbehälters im Falle eines Schwerstunfalls. Der Einbau der autokatalytischen Verbrennungsanlagen erfolgte im Jahr 2013.

##### Ausbau des Systems zur gefilterten Entlastung des Sicherheitsbehälters

Der Einbau eines passiven Ventilationssystems zur Entlastung des Sicherheitsbehälters gewährleistet eine minimale Freisetzung (weniger als 0,1 %) der radioaktiven Spaltprodukte des Kerns (außer Edelgase), die im Falle eines Schwerstunfalls, bei dem es zu einem den Auslegungsdruck übersteigenden Druckanstieg im Sicherheitsbehälter kommt, in den Sicherheitsbehälter freigesetzt werden. Auf diese Weise wird die Integrität des Sicherheitsbehälters als Barriere, die die unkontrollierte Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung verhindert, aufrechterhalten. Das System besteht aus fünf Aerosolfiltern im Sicherheitsbehälter, einem Jodfilter im Nebengebäude, einer Rohrleitung mit Entlastungsplatte, Ventilen, einer Drossel, einer Stickstoffstation, einem radiologischen Monitor und der notwendigen Instrumentierung. Das grundlegende Ziel der Modifikation besteht darin, die Integrität des Sicherheitsbehälters aufrechtzuerhalten, um seinen Zusammenbruch im Falle eines Schwerstunfalls, der einen unkontrollierten Druckanstieg verursachen könnte, zu verhindern. Das System wurde im Jahr 2013 eingebaut.

#### Phase 2

##### Hochwassersicherheit der Anlagen des KKW Krško

Im Jahr 2012 wurden Planungslösungen zur Gewährleistung der Hochwassersicherheit der Anlagen des KKW Krško bis zur Höhe von 157,530 m über dem Meeresspiegel entwickelt, auch für den Fall, dass die flussabwärts und flussaufwärts gelegenen Dämme an der Save brechen. Die Planungslösungen umfassen passive und aktive Hochwasserschutzelemente. Zu den passiven Elementen gehören die wasserdichten Außenwände der Bauwerke, der Austausch von Außentüren durch wasserdichte Außentüren und der Austausch der Dichtungen an den Außenwanddurchführungen durch wasserdichte Dichtungen. Aktiver Hochwasserschutz wird durch die Errichtung von Wassersperren und den Einbau von Rückschlagventilen in den Drainagesystemen gewährleistet. Der neue Hochwasserschutz des KKW Krško ist so ausgelegt und dimensioniert, dass er auch bei einem Erdbeben mit einer Bodenbeschleunigung von 0,6 g einen funktionalen Schutz bietet. Das Projekt wurde im Jahr 2017 abgeschlossen.

##### Bau eines Hilfskontrollraums

Hauptzweck des Baus des Hilfskontrollraums ist die Einrichtung eines alternativen Kontrollstandorts, der im Falle einer Evakuierung des Hauptkontrollraums die sichere Abschaltung und Abkühlung des Kraftwerks ermöglicht und im Falle eines schweren Unfalls mit Kernschaden die Kontrolle über den Zustand im Sicherheitsbehälter ermöglicht. Der Bau des Kontrollraums wurde im Jahr 2019 abgeschlossen.

Der neue Hilfskontrollraum stellt sicher, dass ein alternativer Ort für die Abschaltung und Abkühlung des Kraftwerks zur Verfügung steht (für den Fall eines Ausfalls des Hauptkontrollraums), womit sich das KKW Krško an vergleichbare Kernkraftwerke in Nordeuropa, die in den 1990er Jahren ähnliche 'bunkerartige' Hilfskontrollräume eingerichtet haben, angleicht. Bei neueren Kraftwerken ist eine solche Lösung bereits in der Grundplanung enthalten.

Der Hilfskontrollraum verfügt über eine zusätzliche, vom Hauptkontrollraum unabhängige Instrumentierung für die Kontrolle des Kraftwerks im Falle eines schweren Unfalls.

#### Aufrüstung des technischen und operativen Supportzentrums

Zusammen mit dem Bau des Hilfskontrollraums wurde auch das neue technische Supportzentrum (TPC - Technical Support Center) aufgerüstet. Die Kapazität des bestehenden unterirdischen Schutzraums wurde erhöht, wobei das neue OPC-Gebäude die Voraussetzungen für eine langfristige Arbeit und Unterbringung eines Teams von bis zu 200 Personen auch bei extremen Erdbeben, Überschwemmungen und anderen unwahrscheinlichen außergewöhnlichen Ereignissen gewährleistet. Neben zusätzlichen Luftfiltern verfügt das Gebäude auch über einen neuen Dieselgenerator, der eine unabhängige Stromversorgung des Zentrums gewährleistet. Die Aufrüstung wurde im Jahr 2021 abgeschlossen.

#### Alternative Kühlung des Beckens für abgebrannte Brennelemente

Im Rahmen des Projekts wurde Folgendes eingebaut: ein neues Sprühsystem (fixes Sprühwasserleitungssystem zur Besprühung des Beckens für abgebrannte Brennelemente), ein Beckenkühlsystem mit mobilem Wärmetauscher (neuer tragbarer Wärmetauscher zur alternativen Kühlung des Beckens für abgebrannte Brennelemente) und eine Klappe zur Druckentlastung des Brennelementhandhabungsgebäudes (FHB). Die Modernisierung des Systems wurde im Jahr 2020 abgeschlossen.

#### Einbau von Bypass-Entlastungs-Motorventilen des Primärsystems

Durch die Auslegungsänderung wurde ein Durchflussweg geschaffen, der eine kontrollierte Entlastung des Primärsystems unter erweiterten Auslegungsbedingungen ermöglicht, wenn die vorhandenen Entlastungsventile nicht verfügbar sind. Die Umsetzung der Strategie der koordinierten Entlastung und Wiederauffüllung des Primärsystems stellt die Kühlung des Kerns sicher und verhindert Kernschäden. Die Auslegungsänderung wurde im Jahr 2018 abgeschlossen.

#### Alternative Kühlung des Reaktorkühlsystems und des Sicherheitsbehälters

Hauptzweck der Auslegungsänderung war die Installation eines alternativen Systems zur langfristigen Restwärmeabfuhr. Die primäre Funktion des neuen Systems besteht darin, unter erweiterten Auslegungsbedingungen Restwärme aus dem Reaktorkühlsystem abzuführen, indem Kühlmittel aus dem heißen Strang des Reaktorkühlsystems entnommen, durch den Wärmetauscher gekühlt und in den kalten Strang des Reaktorkühlsystems zurückgeführt wird, und Restwärme aus dem Reaktorkühlsystem abzuführen, indem Wasser aus dem Sicherheitsbehältersumpf in das Reaktorkühlsystem zurückgeführt wird. Zusätzlich ist es möglich, den Sicherheitsbehälter durch Besprühen zu kühlen. Die Auslegungsänderung wurde im Jahr 2021 abgeschlossen.

#### Phase 3

##### Bau eines zusätzlich befestigten Gebäudes (BB2) mit zusätzlichen Wassertanks für die Abfuhr der Restwärme des Reaktors

Die Aufrüstung umfasst den Bau des neuen befestigten Gebäudes 2 (BB2 - Bunkered Building 2) mit Nebensystemen sowie die Herstellung von Verbindungen zwischen verschiedenen neuen Systemen innerhalb des neuen Gebäudes und den bestehenden Systemen, Strukturen und Komponenten des KKW Krško. Das BB2-Gebäude ist für die Unterbringung der alternativen Sicherheitseinspeisesysteme

(ASI), des alternativen Hilfsspeisewassersystems (AAF) und der Sicherheitsstromversorgung des BB2-Gebäudes ausgelegt. Für den Bau dieses Gebäudes mit allen eingebauten Systemen (AAF, ASI usw.) wurde eine Sonderbaugenehmigung erteilt (Nr. 35105-68/2018/8 1093 und 35105-29/2018/6 1093-04 vom 24.7.2018). Der Bau wurde im Jahr 2021 fertiggestellt.

#### Alternatives Verdampferbefüllungssystem (AAF)

Das Upgrade ist Teil der dritten Phase des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung und umfasst den Einbau einer zusätzlichen Pumpe zum Befüllen der Verdampfer inklusive aller Rohrleitungen und Ventile, die den Anschluss des neuen Systems an das bestehende Verdampfer-Hilfsspeisewassersystem ermöglichen. Unter erweiterten Auslegungsbedingungen bei einem Ausfall des bestehenden Verdampfer-Hilfsspeisewassersystems wird das neue alternative Verdampferbefüllungssystem eine alternative Kühlwasserquelle für einen oder beide Verdampfer bereitstellen und dadurch die Wärmeabfuhr aus dem Primärkreislauf sowie die Abkühlung des Reaktors ermöglichen. Die Auslegungsänderung wurde im Jahr 2021 abgeschlossen.

#### Alternative Sicherheitseinspeisung (ASI)

Die Aufrüstung, die ebenfalls Teil der dritten Phase des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung ist, umfasst den Einbau eines alternativen Systems für die Sicherheitseinspeisung von boriiertem Wasser in den Primärkreislauf des Reaktorkühlmittels. Das im neuen befestigten Sicherheitsgebäude BB2 installierte System besteht aus einem 1.600 m<sup>3</sup> fassenden Behälter für boriiertes Wasser, einer Hochdruckpumpe und einem Hauptmotorventil, einer zugehörigen Rohrleitung, die mit dem bestehenden System des KKW Krško verbunden ist, sowie Einrichtungen zur Unterstützung der Steuerung und Kontrolle des Systems. Das Projekt wurde im Jahr 2021 abgeschlossen.

#### Trockenlagerung abgebrannter Brennelemente (SFDS)

Das Trockenlager für abgebrannte Brennelemente (ABE) stellt eine technologische und sicherheitstechnische Aufrüstung innerhalb des bestehenden Kraftwerkskomplexes dar. Neben der passiven Kühlung sowie einer besseren Strahlungssicherheit und Robustheit hat die Trockenlagerung abgebrannter Brennelemente noch weitere Vorteile, vor allem wegen des besseren Schutzes vor absichtlichen und unbeabsichtigten negativen Einflüssen bzw. Handlungen von Menschen. Die Trockenlagerung von ABE ist eine vorübergehende, sicherere Lagerung von ABE während des Betriebs des KKW Krško und auch nach seiner Stilllegung. Sie ist nicht als Endlagerung von ABE gedacht.

Das Trockenlager für abgebrannte Brennelemente befindet sich im technologischen Bereich des KKW Krško, westlich des Standorts des Beckens, in dem die abgebrannten Brennelemente heute gelagert werden. Das äußere Erscheinungsbild des Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente wird an die bestehenden Bauwerke im Kraftwerkskomplex angepasst, welcher bereits in den Raum integriert ist und ein räumliches Erkennungsmerkmal des Gebiets von Krško darstellt. Das Trockenlager befindet sich im Bau und soll in der ersten Hälfte des Jahres 2023 fertiggestellt werden.

#### Einbau von Hochtemperaturdichtungen in die Reaktorkühlmittelpumpe

Einbau eines neuen Reaktorkühlmittelpumpen-Dichtungseinsatzes mit Hochtemperaturdichtungen (HTS). Die HTS-Dichtungen sollen die Reaktion des Kraftwerks auf einen möglichen Ausfall der gesamten Wechselstromversorgung verbessern, wenn es zu einer Unterbrechung der Zufuhr von Dichtungs- und Kühlwasser zu den Dichtungen der Reaktorkühlmittelpumpen und folglich zu einer Leckage des Primärkühlmittels käme. Durch den Einbau der HTS wird in einem solchen Fall der Verlust des Primärkältemittels verhindert. Das Projekt wurde im Jahr 2021 abgeschlossen.

### 3.8.6. Beobachtung von Erfahrungen, Untersuchungen und Entwicklungen in Wissenschaft und Technik

Betriebserfahrungen aus anderen Kernkraftwerken sind eine wertvolle Informationsquelle, um mehr über die Sicherheit und Zuverlässigkeit einer kerntechnischen Anlage zu erfahren und diese zu verbessern. Im KKW Krško werden Erfahrungen aus anderen Kernkraftwerken systematisch mitverfolgt und hinsichtlich ihrer Bedeutung für das KKW Krško, einer etwaigen Anwendung von Empfehlungen und der Wahrscheinlichkeit eines ähnlichen Ereignisses im KKW Krško untersucht. Korrekturmaßnahmen zur Identifizierung von Schwachstellen sind im Korrekturmaßnahmenprogramm des KKW Krško festgelegt und werden demgemäß umgesetzt. Die damit verbundenen Prozesse sind gut definiert und dokumentiert.

Es gibt verschiedene Programme zur Verbreitung von Betriebserfahrungen seitens IAEO, WANO, Institute of Nuclear Power Operations (INPO), verschiedener Gruppen von Kernkraftwerkseigentümern (PWROG, WOG), Veröffentlichungen von Aufsichtsbehörden, Korrespondenzen mit Lieferanten und Architekten/Ingenieuren, EPRI und Nuclear Energy Agency der OECD. Das Betriebserfahrungsprogramm des KKW Krško legt fest, dass Analysen und Ereignisse im KKW Krško mit der Industrie geteilt werden. Mitarbeiter des KKW Krško nehmen an verschiedenen Aktivitäten wie beispielsweise OSART- (INPO) und WANO-Delegationen sowie an einer Reihe von EPRI-Aktivitäten teil. Diese Informationen sind eine wertvolle Quelle von Betriebserfahrungen. Viele Aktivitäten sind auch in den Informationsprogrammen von WANO/INPO, Nuclear Operation and Maintenance Information System (NOMIS) und Nuclear Maintenance Experience Information System (NUMEX) erfasst.

Die Independent Safety Engineering Group (ISEG) führt unabhängige Bewertungen von behördlichen Mitteilungen, Branchenwarnungen, Berichten über Genehmigungsereignisse und anderen Quellen von Informationen über die Auslegung und den Betrieb von Kraftwerken, einschließlich Anlagen ähnlicher Bauart, die auf Bereiche mit Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Sicherheit hinweisen könnten, durch.

Alle WANO-SOER-Empfehlungen wurden geprüft und vom Kraftwerk genehmigt. Es wurden entsprechende Korrekturmaßnahmen zur rechtzeitigen Umsetzung und Weiterverfolgung bis zum Abschluss festgelegt.

Das KKW Krško wirkt in zahlreichen Untersuchungen mit und nimmt an vielen internationalen Konferenzen verschiedener Bereiche teil. Dazu gehören:

- Teilnahme an PWROG-Projekten (Untersuchungen im Bereich der Erprobung von autokatalytischen Platten der PAR),
- Entwicklung eines Ausbreitungsmodells – Lagrangesches Modell der Nuklidausbreitung in der Umwelt,
- jährliche Mitfinanzierung von Projekten der angewandten Forschung im Rahmen der Ausschreibung der Forschungsagentur der Republik Slowenien (ARRS),
- Teilnahme an den U.S. NRC CAMP- und CSARP-Programmen,
- Teilnahme an internationalen Projekten der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) usw.

Gemäß den Anforderungen des ZVISJV-1 und der JV9-Regelung führt das KKW Krško alle zehn Jahre eine periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) durch, um die Einhaltung der geltenden internationalen Normen und der besten internationalen Praktiken zu überprüfen und zu bewerten. Bei der PSÜ wird auch die Berücksichtigung eigener und fremder Betriebserfahrungen sowie neuer Erkenntnisse aus technischen Untersuchungen und dem Fortschritt sowie dem Betrieb anderer Strahlungseinrichtungen bzw. kerntechnischen Anlagen bewertet.

## 4. Beschreibung der voraussichtlichen Situation im Jahr 2043

### 4.1. Ausgangspunkte

#### 4.1.1. Grundlegende und technische Merkmale der Bewertung

Anhang 1 der UVP-Verordnung [41] definiert unter D.II (Kernenergie) die Arten von Umwelteingriffen, für die eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und ein Vorverfahren vorgeschrieben sind. Die potenziellen Eingriffe sind unter D.II.1 bis einschließlich D.II.7 aufgeführt, nämlich

- Kernkraftwerke und andere Kernreaktoren, einschließlich ihres Rückbaus oder ihrer Beseitigung;
- kerntechnische Anlagen zur Erforschung der Herstellung und Umwandlung von spaltbaren und angereicherten Stoffen, deren Höchstleistung 1 kW thermische Dauerleistung übersteigt;
- andere kerntechnische Anlagen zur Erforschung der Herstellung und Umwandlung von spaltbarem und angereichertem Material;
- Anlagen zur Herstellung oder Anreicherung von Kernbrennstoffen;
- Anlagen zur Wiederaufbereitung radioaktiver Kernbrennstoffe oder hochradioaktiver Abfälle oder zur Wiederaufbereitung radioaktiver Kernbrennstoffe;
- Tiefbohrungen für die Lagerung von Kernabfällen;
- Endlagerstätten für abgebrannte Brennelemente oder ausschließlich radioaktive Abfälle;
- Langzeitlager (für mehr als 10 Jahre geplant) ausschließlich für abgebrannte Brennelemente oder radioaktive Abfälle an einem anderen Standort als dem, an dem die Stromerzeugung stattfindet.

Durch die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško

- wird die Position oder Lage des Kernkraftwerks im Raum nicht geändert;
- werden die Abmessungen und die Auslegung des Kernkraftwerks samt Technologie nicht geändert;
- werden die Erzeugungskapazität und die Betriebsweise des Kernkraftwerks nicht geändert;
- wird die Betriebsdauer der Anlage um 20 Jahre geändert, und zwar von 40 auf 60 Jahre verlängert;
- sind keine neuen Bauwerke oder Anlagen vorgesehen, die die physischen Merkmale des KKW verändern würden.

Bis zum Ende der vorgesehenen verlängerten Nutzungsdauer (bis zum Jahr 2043) wird der Betrieb des KKW Krško wie bisher, d. h. zuverlässig, sicher und unter Einhaltung der Umweltauslassbeschränkungen verlaufen. Die Sicherheitskultur, die Kompetenz der Mitarbeiter und ihre Verantwortlichkeit werden weiterhin Leitprinzip und Hauptbestandteil der Organisations- und Betriebsstruktur des KKW Krško sein und gewährleisten, dass das KKW Krško weiterhin sicher und möglichst umweltfreundlich arbeitet. Wie bisher wird das KKW Krško die notwendigen Sicherheits- und sonstigen Verbesserungen regelmäßig und rechtzeitig vornehmen. Das KKW Krško wird alle technologischen Systeme, insbesondere die Sicherheitssysteme, regelmäßig warten und entsprechend den Betriebserfahrungen im In- und Ausland modernisieren.

Das KKW Krško wird alle in Abschnitt 3.8 aufgeführten Managementsysteme pflegen und regelmäßig aktualisieren. Es wird alle natürlichen und juristischen Personen, die für das KKW Krško arbeiten, über die Umweltpolitik informieren und der interessierten Öffentlichkeit Einsicht in die Umweltmanagementpolitik ermöglichen. Durch die umfassende Aufrüstung der Sicherheitssysteme [25] gemäß der Nukleargesetzgebung der Republik Slowenien haben sich alle mit dem Betrieb des KKW Krško verbundenen Risiken erheblich verringert.

Durch die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre bis 2043 ändert sich die bestehende Umweltgenehmigung des KKW Krško [4] nicht. Ebenso bleiben die bestehenden Wassergenehmigungen des KKW Krško [5], [6], [7] unverändert.

*Fürs Vorhaben/Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre bis 2043 ist ein Umweltverträglichkeitsstudium/De-Umweltverträglichkeitsprüfung in Form der Umweltauswirkungen der Anlage gemäß Verordnung über Umweltverträglichkeitsstudien in der (Anmerkung:*

*Rote Grundstücksnummern: Eigentum der NEK d.d.  
Grüne Grundstücksnummern: Baurecht der NEK d.d.*

Abbildung 1) dargestellten Grundstücken.

#### 4.1.2. Vorabauskunft gemäß dem Umweltschutzgesetz

Gemäß Artikel 52 Umweltschutzgesetz (ZVO-1) [40] hat das KKW Krško im November 2020 einen Antrag auf Erteilung einer Vorabauskunft über den Umfang und Inhalt des Berichts über die Umweltauswirkungen des beabsichtigten Vorhabens gestellt. Das Ministerium für Umwelt und Raumordnung hat gemäß Artikel 52 Absatz 3 ZVO-1 die Ministerien und andere Organisationen, die aufgrund des beabsichtigten Vorhabens für einzelne Angelegenheiten des Umweltschutzes oder für den Schutz oder die Nutzung von Naturgütern oder für den Schutz des Kulturerbes zuständig sind, aufgefordert, sich zu der Frage zu äußern, welche Informationen der Umweltverträglichkeitsbericht enthalten soll, damit sie eine Stellungnahme zu den Umweltauswirkungen des beabsichtigten Vorhabens vom Gesichtspunkt ihrer jeweiligen Zuständigkeit abgeben können.

Die Umweltagentur der Republik Slowenien (ARSO) hat in einem Schreiben [68] vom Jahresende 2020 die Meinungen zu den Informationen, die der Umweltverträglichkeitsbericht gemäß Artikel 52 Absatz 3 ZVO-1 für das Vorhaben auf Grundlage des Entwurfs der Planungsunterlagen enthalten soll, übermittelt. Die Informationen sind teilweise in dieses Dokument einbezogen; vollständig werden sie in den Umweltverträglichkeitsbericht aufgenommen.

#### 4.1.3. Bestehende gültige Genehmigungen; Betrieb und Umwelt

Das KKW Krško wird im Rahmen einer unbefristeten Betriebsgenehmigung betrieben (Bescheid des Amtes der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit Nr. 3570-8/2012/5, Änderung der Betriebsgenehmigung des KKW Krško vom 22.3.2013) [3], die direkt mit dem Sicherheitsbericht des KKW Krško (USAR – Updated Safety Analysis Report – Rev. 26) [2] verbunden ist und alle Bedingungen und Einschränkungen für den sicheren Betrieb des Kraftwerks enthält. Das KKW Krško ist technisch in der Lage, noch mindestens weitere 20 Jahre lang betrieben zu werden, sofern es gemäß den geltenden Rechtsvorschriften alle 10 Jahre einer periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) unterzogen wird.

Der Bau des KKW Krško begann im Jahre 1974, Lieferant des Kraftwerks ist Westinghouse aus den USA. Der Standort des KKW wurde in Übereinstimmung mit der Standortgenehmigung [8] und den damals geltenden Rechtsvorschriften festgelegt. Die Betriebsgenehmigung für das KKW wurde am 17.7.1989 durch den Bescheid Nr. 351-02/89-15 des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Ljubljana Nr. 351-02/89-15 erteilt.

#### 4.1.4. Betriebsgenehmigung

Brennstoff wurde erstmals im Mai 1981 in den Reaktor eingebracht, nachdem eine Sondergenehmigung erteilt worden war. Das Kraftwerk wurde im Oktober desselben Jahres mit dem Netz synchronisiert. Im Probetrieb wurde die volle Leistung im August 1982 erreicht. Mit Bescheid Nr. 31-04/83-5 vom 06.02.1984, erlassen vom Energieinspektorat der SR Slowenien in Ljubljana [3], erhielt das KKW Krško eine Sondergenehmigung für die Inbetriebnahme (Betriebsgenehmigung). Das

Verwaltungsverfahren wurde aufgrund des vorläufigen und endgültigen Sicherheitsberichts des KKW Krško unter Berücksichtigung der Vorschriften des Lieferstaats und mit Unterstützung von Missionen der Internationalen Atomenergie-Organisation durchgeführt. Das KKW Krško erhielt daraufhin am 17.07.1989 vom Komitee der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Ljubljana die Nutzungsgenehmigung Nr. 351-02/89-15 vom 17.07.1989. Alle Sicherheitseinrichtungen im KKW Krško sind gemäß den Anforderungen der US Nuclear Regulatory Commission aus dem Jahre 1973 ausgelegt. Das Unternehmen Westinghouse war als Hauptvertragspartner für die Umsetzung dieser Anforderungen in der Planungs-, Bau- und Testphase verantwortlich. Während des Betriebs wurden bereits viele Änderungen an der Ausstattung zur Verbesserung der Sicherheit vorgenommen. Gemäß Bescheid des Amtes der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit Nr. 390-2/2004/1/13 vom 8.7.2004 wurde das KKW Krško als kerntechnische Anlage eingestuft. Das KKW Krško ist im Register der Strahlungseinrichtungen und kerntechnischen Anlagen unter der laufenden Nummer 1 eingetragen.

#### 4.1.5. Umweltgenehmigung

Im Jahr 2006 stellte KKW Krško beim Ministerium für Umwelt und Raumordnung – Umweltagentur der Republik Slowenien einen Antrag auf Erteilung einer Umweltgenehmigung für den Betrieb des KKW Krško. Am 30.6.2010 erließ das Ministerium für Umwelt und Raumordnung den Bescheid Nr. 35441-103/2006-24 - Umweltgenehmigung für den Betrieb des Kernkraftwerks Krško bezüglich Emissionen in Gewässer [4], in welchen besondere Bedingungen für den Betrieb der Anlage festgelegt wurden. Daraufhin wurden am 4.6.2012 und am 10.10.2013 die Bescheide Nr. 3544-103/2006-33 und 35444-11/2013-3 erlassen, mit denen Änderungen in den Punkten, die die Bedingungen für den Betrieb der Anlage bestimmen, eingeführt wurden [4]. Das KKW Krško wird mit einer gültigen Umweltgenehmigung [4] betrieben.

#### 4.1.6. Wassergenehmigung

Das KKW Krško wird gemäß den gültigen Wassergenehmigungen für die Wasserentnahme zu technologischen Zwecken betrieben. Die erste teilweise Wassergenehmigung wurde am 15.10.2009 unter der Nummer 35536-31/2006-16 [5] erteilt und aufgrund einer Änderung der Wasserentnahmemenge aus dem Fluss Save durch den Bescheid Nr. 35536-54/2011-4 vom 8.11.2011 und den Bescheid Nr. 35530-7/2018-2 vom 22.6.2018 geändert [5]. In den letzten zwei Jahren wurden Wassergenehmigungen für neue Brunnen erteilt: die Wassergenehmigung Nr. 35530-100/2020-4 vom 14.11.2020 [6] und die Wassergenehmigung Nr. 35530-48/2020-3 vom 9.9.2021 [7].

#### 4.1.7. Änderung der Betriebsgenehmigung – unbefristeter Betrieb

Im Jahr 2012 bestätigte und genehmigte das Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (URSJV) mit den Bescheiden Nr. 3570-6/2009/28 und Nr. 3570-6/2009/32 die Änderungen des Sicherheitsberichts des KKW Krško (USAR) [2] und der zugehörigen Dokumentation, die bis dahin die Betriebsdauer auf 40 Jahre begrenzt hatten. Die genehmigten Änderungen bieten nun die Möglichkeit, das Kernkraftwerk Krško für weitere 20 Jahre, also insgesamt 60 Jahre, zu betreiben. Der Betrieb des KKW Krško wurde somit vom vorgesehenen Jahr 2023 bis 2043 verlängert, vorbehaltlich des erfolgreichen Abschlusses der periodischen Sicherheitsüberprüfungen in den Jahren 2023 und 2033. Auf Grundlage der erwähnten Bescheide des URSJV haben die Republik Slowenien und die Republik Kroatien als Eigentümerinnen des KKW Krško gemäß dem Zwischenstaatlichen Abkommen [30] die Entscheidung unterstützt, die Betriebsdauer des KKW Krško bis zum Jahr 2043 zu verlängern [31].

#### 4.1.8. Umfassender nationaler Energie- und Klimaplan der Republik Slowenien

Der Umfassende nationale Energie- und Klimaplan der Republik Slowenien (NEPN) ist ein strategisches Dokument, in dem Ziele, Politiken und Maßnahmen für die fünf Dimensionen der Energieunion für den Zeitraum bis 2030 (mit Vision bis 2040) festgelegt werden sollen:

1. Dekarbonisierung (Treibhausgasemissionen und erneuerbare Energien),
2. Energieeffizienz,
3. Energiesicherheit,
4. Energiebinnenmarkt sowie
5. Forschung, Innovationen und Wettbewerbsfähigkeit.

Die im NEPN festgelegten Projekte und Maßnahmen liegen aus energie- und klimapolitischer Sicht gemäß dem Energiewirtschaftsgesetz im öffentlichen Interesse.

Im Rahmen der Erstellung des NEPN wurden die folgenden Szenarien für die künftige Energienutzung und -versorgung behandelt und analysiert:

- Szenario "Bestehende Maßnahmen" – die weitere Entwicklung basiert auf der fortgesetzten Umsetzung aller bereits bis zum 1. Oktober 2018 beschlossenen Maßnahmen,
- NEPN-Szenario.

Das Szenario "Bestehende Maßnahmen" ist vergleichend und geht von minimalen zusätzlichen Investitionen in Großanlagen aus. Es sieht die Fertigstellung der Kette von Wasserkraftwerken an der Unteren Save vor, hingegen keine weiteren Investitionen in erneuerbare Energien (EE). Außerdem wird davon ausgegangen, dass das bestehende KKW Krško bei Erteilung der entsprechenden Umweltgenehmigung bis zum Ende seiner verlängerten Betriebsdauer (2043) betrieben wird.

Das entwicklungsorientierte NEPN-Szenario sieht eine verstärkte Stromerzeugung aus Wasserkraft wie auch aus Wind- und Sonnenenergie, die zu den dezentralen Energiequellen zählen, in Kombination mit Stromspeichern vor. Das NEPN-Szenario behandelt zwei Optionen: die eine basiert auf der Nutzung von Synthesegas, die andere sieht ein neues Kernkraftwerk vor. Sowohl erstere als auch letztere sehen die Fortführung des Betriebs des bestehenden KKW Krško bis 2043 vor, sofern eine entsprechende Umweltgenehmigung erteilt wird.

Parallel zur Ausarbeitung des NEPN [14] wurde eine umfassende Umweltverträglichkeitsprüfung des NEPN durchgeführt. Im Rahmen der Erstellung des NEPN und seiner umfassenden Beurteilung wurde auch die Komplexität der Ziele und Beiträge bis 2030 diskutiert. Die breite und fundierte Diskussion verlief auf fachlichen Grundlagen und war ausschlaggebend für die Erzielung eines Konsenses in einem möglichst breiten Kreis von Interessengruppen bezüglich der anspruchsvollen, aber erreichbaren slowenischen Ziele bis 2030, die wichtige nationale Gegebenheiten berücksichtigen und einen angemessenen Schritt in Richtung eines klimaneutralen Sloweniens bis 2050 darstellen.

Zu den Zielen Sloweniens aus Sicht des NEPN gehören:

- Dekarbonisierung der Energiewirtschaft,
- Gewährleistung einer zuverlässigen und wettbewerbsfähigen Energieversorgung,
- Aufrechterhaltung des hohen Niveaus des Stromverbunds mit den Nachbarländern,
- mindestens 75 % der Stromversorgung aus Quellen in Slowenien bis 2030 und bis 2040 sowie Gewährleistung einer angemessenen Zuverlässigkeit der Stromversorgung,
- die weitere Nutzung der Kernenergie und die Aufrechterhaltung der Exzellenz beim Betrieb kerntechnischer Anlagen in Slowenien,
- Verringerung der Importabhängigkeit auf dem Gebiet fossiler Brennstoffe,

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Stromverteilungsnetzes gegen Störungen - Erhöhung des Anteils des unterirdischen Mittelspannungsnetzes von derzeit 35 % auf mindestens 50 %.

Aus den obigen Ausführungen wird deutlich, dass der Betrieb des KKW Krško eine wesentliche Rolle bei der Erreichung der im NEPN festgelegten Ziele spielt.

Die Modernisierung der Arbeitsprozesse, die technologische Aufrüstung, der 18-monatige Brennstoffzyklus und das Engagement der Mitarbeiter sorgen für eine stabile Stromerzeugung und deren Steigerung. In einer Zeit, in der die ganze Welt und insbesondere Europa Energiestrategien zur Bewältigung des Klimawandels entwickeln, tragen solche Ergebnisse auch zum Verständnis bei, dass die Kernenergie von strategischer Bedeutung für den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Gesellschaft ist; die Kernenergie wird die Energieunabhängigkeit der Staaten bewahren, die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft sichern und den Bürgern den Zugang zu Strom ermöglichen.

Abbildung 8 zeigt den Anstieg der Stromerzeugung seit Inbetriebnahme des KKW Krško.

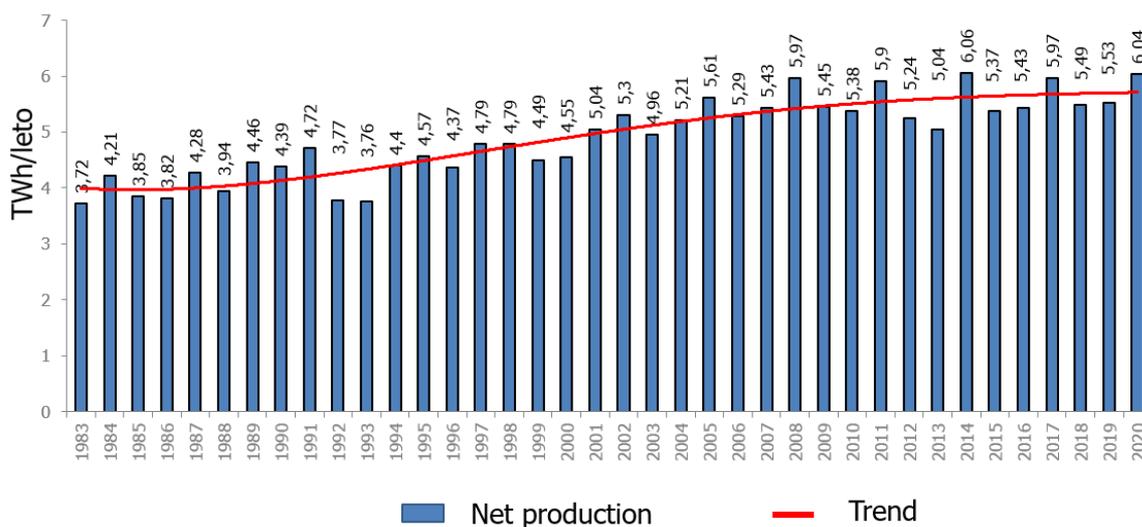


Abbildung 8: Nettostromerzeugung im Laufe der Jahre

#### 4.2. Planungsgrundlagen für den langfristigen Betrieb des KKW Krško

Aufgrund einer Reihe von Studien und Analysen bestätigte das Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit mit Bescheid Nr. 3570-6/2009/32 vom 20.6.2012, dass der alterungsbedingte Zustand der Anlagen des KKW Krško angemessen ist und dass dabei alle Sicherheitsreserven und Betriebsfunktionen gewährleistet sind.

Die Fähigkeit zur Verlängerung des Betriebs beruht vor allem auf den folgenden Tatsachen:

1. Das Kraftwerk verfügt über eingebaute Materialien und Einrichtungen, die über ausreichende Sicherheitsreserven verfügen.
2. Alle Einrichtungen, die die Betriebszuverlässigkeit beeinträchtigen, wurden ausgetauscht.
3. Das Kraftwerk arbeitet stabil.
4. Es wurde eine sicherheitstechnische Aufrüstung gemäß den Anforderungen des *Gesetzes über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit* (ZVISJV-1) und den Erfahrungen aus allen bisherigen schweren Nuklearunfällen durchgeführt, was sich im ENSREG Slovenian National Post Fukushima Action Plan widerspiegelt [48], [28].
5. Das KKW Krško verfügt über ein umfassendes Alterungsmanagementprogramm (AMP), mit dem die Alterung aller passiven Strukturen und Komponenten (Reaktorbehälter, Beton, unterirdische Rohrleitungen, Stahlkonstruktionen, elektrische Kabel usw.) überwacht wird.

Mit diesen Aktivitäten hat das Kraftwerk moderne Sicherheitsstandards erreicht.

#### 4.2.1. Beschreibung des Vorhabens der Betriebsverlängerung des KKW Krško

Das geplante Vorhaben umfasst den Weiterbetrieb des KKW Krško mit den bestehenden Betriebseigenschaften nach 2023, wobei neue Bauwerke oder Anlagen, die die physischen Eigenschaften des KKW Krško verändern würden, nicht vorgesehen sind.

Am 2.10.2020 erließ die Umweltagentur der Republik Slowenien (ARSO) den Beschluss Nr. 35405-286/2016-42 [1], mit dem der Vorhabensträger Nuklearna elektrarna Krško (NEK) verpflichtet wurde, für das geplante Vorhaben "Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre bis 2043" eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen und eine Umweltgenehmigung einzuholen.

Das Ministerium hat gemäß Artikel 8 Absatz 1 der *Verordnung über Umwelteingriffe, für die eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich ist* [41], von Amts wegen ein Vorverfahren durchgeführt. Im Rahmen des Vorverfahrens gemäß Artikel 51a Absatz 1 Umweltschutzgesetz (ZVO-1) [40] wurden die Kriterien bezüglich der Merkmale des geplanten Umwelteingriffs, des Standorts und der Merkmale der möglichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt berücksichtigt.

Es wurde festgestellt, dass es sich bei dem geplanten Vorhaben um eine Änderung handelt, die ein wesentliches Merkmal des bestehenden Umwelteingriffs betrifft, da die Betriebsdauer des KKW Krško bis 2043 verlängert wird, und dass die Auswirkungen aufgrund der Änderung des Umwelteingriffs erheblich zunehmen würden bzw. aufgrund der beabsichtigten Änderung eine wesentliche Zunahme der Auswirkungen auf die Umwelt zu erwarten ist. Es wurde auch festgestellt, dass das geplante Vorhaben funktionell und wirtschaftlich mit mindestens einem weiteren geplanten Vorhaben verbunden ist, nämlich dem Bau eines Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente. Das Ministerium stellt fest, dass sich die Verpflichtung zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung für die Verlängerung des Betriebs eines Kernkraftwerks auch aus der Rechtsprechung der Gerichte der Europäischen Union ergibt [46].

Aufgrund des festgestellten Sachverhalts kam das Ministerium zu dem Schluss, dass für das geplante Vorhaben eine Umweltverträglichkeitsprüfung und eine Umweltgenehmigung erforderlich sind, was auch eine Forderung aus dem oben erwähnten Beschluss ist.

## 5. Ausgangspunkte für die Bewertung der Umweltauswirkungen des langfristigen Betriebs des KKW Krško

### 5.1. Grundlegende Erläuterungen zum Vorhaben

Die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre wird gewisse Auswirkungen auf die Umwelt haben:

- höhere Anzahl von abgebrannten Brennelementen;
- höhere Menge entstandener schwach- und mittelradioaktiver Abfälle;
- Stromerzeugung bis zu 6 TWh pro Jahr (insgesamt bis zu 120 TWh – slowenischer Anteil: 60 TWh);
- Bis zu 4,8 Millionen Tonnen weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr aufgrund des Betriebs des KKW Krško (insgesamt 97 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> weniger);
- Regelmäßige Wartung und Austausch von Systemen durch sicherere Systeme;
- Regelmäßiger Austausch von Systemen durch effizientere und zuverlässigere Systeme;
- Reinigung des Flusses Sava durch Rechen aller Art;

Mit der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško ist ein Bau von neuen Bauwerken oder Anlagen, die die physischen Eigenschaften des Kernkraftwerks Krško verändern würden, **nicht vorgesehen**.

### 5.2. Mögliche Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die Umwelt

Die Auswirkungen einer Verlängerung des Betriebs des KKW Krško müssen gemäß dem Espoo-Übereinkommen, Anhang 1 und 2 [42], bewertet werden.

Gemäß der *Verordnung über den Inhalt des Umweltverträglichkeitsberichts* (Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 36/09 und 40/17) muss im Umweltverträglichkeitsbericht festgelegt werden, welche Inhalte behandelt werden und welche für die Beurteilung relevant sind. Im Folgenden sind die Ausgangspunkte für eine solche Fachbeurteilung angeführt. Die meisten Eingriffe bleiben im gleichen Umfang, die Zahl der abgebrannten Brennelemente und die Menge an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen werden hingegen zunehmen. Alle Auswirkungen sind in Bezug auf die Situation im Jahr 2020 definiert. Bei der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre sind keine zusätzlichen Freisetzungen in die Luft zu erwarten. Die Arten und Konzentrationen/Aktivitäten der zu erwartenden Emissionen bleiben unverändert. Die zu erwartende Höhe der jährlichen Emissionen bleibt unverändert und liegt innerhalb der bisherigen Grenzwerte, die in den Technischen Spezifikationen des KKW Krško (NEK TS) [9] und in den RETS [11] vorgeschrieben sind.

#### 5.2.1. Treibhausgasemissionen

Durch die Betriebsverlängerung werden keine zusätzlichen Treibhausgasemissionen in die Atmosphäre entstehen.

#### 5.2.2. Stoff- und Wärmeemissionen in Gewässer

Bei der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre sind keine zusätzlichen Freisetzungen in Gewässer zu erwarten. Die Arten und Konzentrationen/Aktivitäten der zu erwartenden Emissionen bleiben unverändert. Die Menge der jährlichen Emissionen von Stoffen und

Wärme in die Gewässer bleibt UNVERÄNDERT und innerhalb der zulässigen Grenzen, die in der Umweltgenehmigung [4] und den RETS [11] festgelegt sind.

#### 5.2.3. Ablagerung/Freisetzung von Stoffen in den Boden

Eine Ablagerung bzw. Freisetzung von Stoffen in den Boden als Folge der Betriebsverlängerung ist nicht zu erwarten. Niederschlags-, Prozess- und kommunale Abwässer werden gemäß der geltenden Umweltgenehmigung abgeleitet.

#### 5.2.4. Lärm

Infolge der Betriebsverlängerung sind keine neuen Lärmquellen vorgesehen, so dass es zu keiner Erhöhung des Lärmpegels in der natürlichen Umwelt und dem Lebensumfeld kommen wird. Die Lärmemissionen werden gegenüber der bestehenden Situation gleich bleiben.

#### 5.2.5. Ionisierende Strahlung - Normalbetrieb

Bei der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre bleiben die Arten und die geschätzten jährlichen Dosen radioaktiver Strahlung unverändert. Die geschätzten Dosen radioaktiver Strahlung bleiben UNVERÄNDERT und im Rahmen des USAR [2] und der RETS [11].

Infolge der Verlängerung der Betriebsdauer wird die Jahresdosis am Zaun des KKW Krško den Grenzwert von 200  $\mu\text{Sv}$  nicht überschreiten [11]. Die Dosisleistung wird den Grenzwert von 3  $\mu\text{Sv/h}$ , der gemäß Artikel 4 Absatz 1 Ziffer 4 der *Regelung über Strahlenschutzmaßnahmen in kontrollierten und überwachten Bereichen* [74] vorgeschrieben ist und die maximal zulässige durchschnittliche Dosisleistung in acht Stunden für kontrollierte Bereiche festlegt, nicht überschreiten. Die Dosisleistung wird auch den Grenzwert von 0,5  $\mu\text{Sv/h}$  aus Artikel 7 Absatz 1 der vorstehend genannten Regelung [74] für überwachte Bereiche nicht überschreiten.

Zusätzlich zu den vom KKW Krško durchgeführten Messungen aller Freisetzungen in Gewässer und in die Luft wird eine unabhängige radiologische Überwachung geführt. Dies erfolgt durch die akkreditierten Institutionen in der Republik Slowenien (Institut Jožef Stefan, Anstalt für Arbeitsschutz (ZVD), MEIS Umweltdienstleistungen) und der Republik Kroatien (Institut Ruđer Bošković). Zweck der radiologischen Überwachung ist es, den Betrieb des Kraftwerks zu überwachen und die Auswirkungen auf Umwelt bzw. Bevölkerung zu beurteilen sowie die vorgeschriebenen Beschränkungen einzuhalten. Externe autorisierte Institutionen messen Umweltproben hauptsächlich im Umkreis von 12 Kilometern um das KKW.

Außerdem befinden sich in der Nähe des Kraftwerks 13 automatische Strahlungsmessstationen, die sowohl Veränderungen der natürlichen Strahlungswerte durch Niederschläge als auch etwaige Veränderungen durch die kerntechnische Anlage erfassen können.

Die Überwachung der Save erfolgt flussabwärts bis zu einer Entfernung von 30 Kilometern vom Kraftwerk, ebenfalls durch unabhängige autorisierte Institutionen.

Die Auswirkungen der radioaktiven Strahlung des KKW Krško auf die Umgebung sind so gering, dass sie eigentlich nicht messbar sind. Anhand von Modellen können sie aber für die am stärksten exponierte Bevölkerungsgruppe berechnet werden und die Jahresdosis kann mit der Dosis aus natürlichen und anderen Strahlungsquellen verglichen werden.

Die Ergebnisse der Umweltmessungen sind in speziellen Berichten ausführlicher behandelt, die auf der Website des KKW Krško (<https://www.nek.si/sl/novinarsko-sredisce/porocila/letno-porocilo-o-meritvah-radioaktivnosti-v-okolju>) verfügbar sind. Die Ergebnisse der Messungen bestätigen, dass alle Umweltauswirkungen weit unter den behördlichen Grenzwerten liegen.

Infolge der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško ist keine Zunahme der Umweltauswirkungen zu erwarten. Alle Umwelt- und radiologischen Auflagen und Beschränkungen, die in der bestehenden gültigen Betriebsgenehmigung des KKW Krško [3] festgelegt sind, bleiben bei Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre unverändert.

#### 5.2.6. Ionisierende Strahlung - Störfallzustand

Wie in Abschnitt 3.2.7 ausgeführt, werden beim KKW Krško Auslegungs- und erweiterte Auslegungsstörfälle behandelt. Auslegungsstörfälle sind im Sicherheitsbericht des KKW Krško [2] beschrieben. Die Auswirkungen in der Umgebung bzw. an der Grenze des überwachten Bereichs (500 m) liegen innerhalb der in der US-amerikanischen Vorschrift 10 CFR 100 angegebenen behördlichen Grenzwerte. Für eine Reihe geplanter Auslegungsstörfälle sind im Sicherheitsbericht des KKW Krško [2] die berechneten Dosen bei Entfernungen von 0,5 km und 1,5 km angegeben. Die geschätzten Dosisbelastungen durch störfallbedingten Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre über große Entfernungen sind im FER-MEIS-Bericht "Berechnung der Dosen in bestimmten Entfernungen bei einem Auslegungsstörfall (DB) oder einem erweiterten Auslegungsstörfall (BDB) im Kernkraftwerk Krško" [56] angegeben.

Die analysierten auslegungsüberschreitenden Störfälle umfassen auch schwere, aber deutlich weniger wahrscheinliche Kernschäden. Bei ihnen wird in den meisten Fällen davon ausgegangen, dass die Integrität des Sicherheitsbehälters (Containment) erhalten bleibt. Für einen gewissen geringeren Teil der Ereignisse wird eine Freisetzung durch das passive Filtersystem (PCFVS) angenommen, was in der Abbildung 4 dargestellt ist. Die geschätzten Dosen für bestimmte Entfernungen vom KKW Krško im Falle eines auslegungsüberschreitenden Störfalls sind ebenfalls im FER-MEIS-Bericht "Berechnung der Dosen in bestimmten Entfernungen bei einem Auslegungsstörfall (DB) oder einem erweiterten Auslegungsstörfall (BDB) im Kernkraftwerk Krško" [56] angegeben.

#### 5.2.7. Entstehung von Abfällen

Bei der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre bleiben die Art und Dynamik des voraussichtlichen Abfallaufkommens unverändert. Die Gesamtabfallmenge wird zunehmen (für zusätzliche 20 Betriebsjahre).

Die Dynamik des Abfallaufkommens bleibt UNVERÄNDERT und unterliegt den Bestimmungen des USAR [2] und der RETS [11]. Die Abfallmengen zum 31.12.2020 sind in der Tabelle 11 angegeben.

Tabelle 11: Bestand an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen im Lagergebäude – Stand zum 31.12.2020

Abfallquelle	Abfallart	Anzahl der Pakete	Gesamtvolumen der Pakete [m <sup>3</sup> ]	Bruttomasse der Pakete [t]
<b>Verdampfer</b>	Verdampfungsrückstände	14	10,8	15,8
	Verdampfungsrückstände in Silikatbeton	1465	1261,9	3172
	Getrocknetes Konzentrat	125	102,6	124,1
	Getrockneter Schlamm/Konzentrat	11	8,9	10
<b>Verbrauchte Ionenaustauscher</b>	Primäre Ionenaustauscher in Silikatbeton	795	234,9	439,7
	Ionenaustauscher aus Primärsystemen	71	61	127,9
	Ionenaustauscher aus dem BD-System	15 <sup>1</sup>	12,4	11,2
<b>Verbrauchte Filter</b>	Filter in Beton	140	44,2	147,4
<b>Komprimierbare Abfälle</b>	Komprimierbare brennbare Abfälle	7 <sup>2</sup>	1,5	0,7
	Komprimierte Abfälle	759	375,7	431,4
	Asche, Pulver	83 <sup>3</sup>	25,9	34,9
<b>Nicht komprimierbare Abfälle</b>	Sonstige nicht komprimierbare Abfälle	7 <sup>4</sup>	1,5	1
	SC - nicht komprimierbare Abfälle	234	151,2	222,4
<b>Spezifische Abfälle</b>	SC - Aktivkohle	12	10,4	9,9
<b>Summe</b>	-	<b>3738</b>	<b>2302</b>	<b>4748<sup>5</sup></b>

In der 13. Sitzung der Zwischenstaatlichen Kommission zur Überwachung der Umsetzung des *Abkommens zwischen der Regierung der Republik Kroatien und der Regierung der Republik Slowenien über die Regelung von Status- und anderen Rechtsverhältnissen im Zusammenhang mit Investitionen in das Kernkraftwerk Krško, seiner Nutzung und Stilllegung* (MDP) am 30. September 2019 wurde auf Grundlage des Berichts des Koordinierungsausschusses beschlossen, dass eine gemeinsame Lösung für die Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen nicht möglich ist.

Die zwischen der slowenischen und der kroatischen Seite aufzuteilenden Gesamtmengen an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen (LILW), die auf der Grundlage des Abfallinventars im Lager des KKW Krško und der Schätzungen der künftig anfallenden Mengen an LILW aus dem Betrieb und der Stilllegung der KKW Krško ermittelt wurden, sind in der Tabelle 12 aufgeführt.

<sup>1</sup> Weitere 53 Pakete befinden sich im Dekontaminationsgebäude und stehen zur Verbrennung bereit (10,6 m<sup>3</sup>; 11,7 t)

<sup>2</sup> Weitere 393 Pakete befinden sich im WMB und im DB und stehen zur Verbrennung bereit (82,0 m<sup>3</sup>; 40 t)

<sup>3</sup> Weitere 19 Pakete befinden sich im Dekontaminationsgebäude und stehen zur Verbrennung bereit (4,0 m<sup>3</sup>; 6,2 t)

<sup>4</sup> Weitere 28 Pakete bestehen aus sonstigen Abfällen (4,0 m<sup>3</sup>; 6,2 t)

<sup>5</sup> Weitere 80 Ingots befinden sich im Dekontaminationsgebäude (8,8 m<sup>3</sup>; 49,5 t)

Tabelle 12: Gesamtmengen der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, die auf die slowenische und die kroatische Seite aufgeteilt werden müssen

Zeitraum der Entstehung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle	Datenquelle	Gewicht (t)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Aktivität (Bq) <sup>6</sup>
1983 – 2018 <sup>7</sup>	Inventar	4877,4	2294,9	5,98 E13
2018 – 2023	Schätzung	264	163,4	1,44 E13
<b>Bis 2023</b>	<b>Schätzung</b>	<b>5141,4</b>	<b>2458,3</b>	<b>7,42 E13</b>
2024 – 2043	Schätzung	883,7	546,6	4,83 E13

Jede Seite wird ihre Hälfte der LILW gemäß der jeweiligen nationalen Strategie und dem jeweiligen Programm zur Entsorgung radioaktiver Abfälle entsorgen [55].

Nach dem Basisszenario ist die Entsorgung der slowenischen Hälfte der Abfälle in Vrbinja in zwei Phasen vorgesehen: In der ersten Phase, von 2023 bis 2025, werden die derzeit gelagerten LILW aus dem Betrieb und aus anderen Quellen endgelagert; in der zweiten Phase, von 2050 bis 2061, werden die verbleibenden LILW aus dem Betrieb des KKW Krško zusammen mit den LILW aus der Stilllegung endgelagert – dann werden auch die Verfahren zum endgültigen Verschluss des Endlagers beginnen. LILW aus anderen Quellen sind LILW, die die Annahmekriterien für Abfälle zur Endlagerung erfüllen und aus dem Zentrallager für nukleare Abfälle stammen.

Das kroatische Szenario geht davon aus, dass der kroatische Teil der aus dem Betrieb stammenden LILW nach Kroatien in ein gemäß der Strategie zu errichtendes Zentrum für die Entsorgung radioaktiver Abfälle (CRAO) transportiert wird. Bevorzugter Standort des CRAO ist Čerkezovac, wo sich ein militärischer Logistikkomplex befindet, den die Armee in Zukunft nicht mehr zu nutzen beabsichtigt. Čerkezovac liegt in der Gemeinde Dvor, an den südlichen Hängen des Trgovska-Gora-Massivs.

### 5.2.8. Abgebrannte Brennelemente

Alle abgebrannten Brennelemente im KKW Krško sind derzeit im Becken für abgebrannte Brennelemente gelagert, wo in den Lagerungskörben 1.694 Zellen zur Verfügung stehen. Zum Jahresende 2020 waren insgesamt 1.323 Brennelemente im Becken für abgebrannte Brennelemente gelagert, wobei auch zwei Spezialbehälter mit Brennstäben und Fissionszelle aus dem Jahr 2017 berücksichtigt sind. Im Falle des Betriebs des KKW Krško bis Ende 2023 würden sich voraussichtlich insgesamt 1.553 Brennelemente im KKW Krško befinden; bei einem Betrieb bis Ende 2043 wären es insgesamt 2.281 (schätzungsweise). Die Verlängerung der Betriebsdauer von 2023 bis 2043 wird daher voraussichtlich zu zusätzlichen 728 Brennelementen im KKW Krško führen.

Die abgebrannten Brennelemente aus dem Becken für abgebrannte Brennelemente werden in vier Kampagnen in das Trockenlager versetzt, wie die Tabelle 13 zeigt [35].

Tabelle 13: Kampagnen zur Verlagerung der ABE aus dem Becken in das Trockenlager

Verlagerungskampagnen:	Ausführung	Ungefähre Anzahl von Brennelementen
<b>Kampagne I</b>	2023	592 Brennelemente
<b>Kampagne II</b>	2028	592 Brennelemente
<b>Kampagne III</b>	2038	444 Brennelemente
<b>Kampagne IV</b>	2048	restliche Brennelemente

<sup>6</sup> Wert ohne Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls.

<sup>7</sup> Bis zum Jahr 2020 wurde ein Teil der Abfälle zusätzlich behandelt.

#### 5.2.9. Elektromagnetische Strahlung

Die elektromagnetische Strahlung ist auf den Standort des KKW Krško beschränkt. Bei der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre bleibt die Intensität der elektromagnetischen Strahlung unverändert und auf den Standort des KKW Krško beschränkt.

#### 5.2.10. Lichtstrahlung in die Umgebung

Die Lichtstrahlung ist auf den Standort des KKW Krško beschränkt. Bei der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre bleibt die Intensität der Lichtstrahlung unverändert und auf den Standort des KKW Krško beschränkt.

#### 5.2.11. Atmosphären- und Wassererwärmung

Bei der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre sind keine Erwärmung der Atmosphäre und keine zusätzliche Wassererwärmung zu erwarten. Die Größe des Parameters "Temperaturanstieg des Flusses Save (Delta T)" bleibt unverändert. Der Umfang der Wassererwärmung bleibt UNVERÄNDERT und im Rahmen der Umweltschutzgenehmigung (OVD) [4].

Die Auswirkungen der Atmosphärenenerwärmung nehmen aufgrund der Trockenlagerung abgebrannter Brennelemente nur minimal zu. Diese Auswirkungen wurden in der Umweltverträglichkeitsprüfung für die Erteilung der umweltschutzrechtlichen Zustimmung (OVS) für das Vorhaben "Trockenlager für abgebrannte Brennelemente" analysiert [35].

#### 5.2.12. Geruchsbildung

Der Betrieb des KKW Krško stellt keine Geruchsquelle dar.

#### 5.2.13. Visuelle Belastung

Die Verlängerung der Lebensdauer des KKW von 40 auf 60 Jahre im Vergleich zum bestehenden Zustand führt zu keiner physischen Veränderung der visuellen Belastung.

#### 5.2.14. Vibrationen

Das KKW Krško ist eine unbedeutende Quelle der Ausbreitung von Vibrationen in die Umgebung. Alle maschinentechnischen Anlagen in den Gebäuden, die eine Vibrationsquelle darstellen könnten, sind so installiert, dass die Ausbreitung von Vibrationen innerhalb und außerhalb des Gebäudes verhindert wird. Während des Betriebs wird es keine Auswirkungen von Vibrationen geben.

#### 5.2.15. Änderung der Flächennutzung

Die bestimmungsgemäße und die tatsächliche Flächennutzung ändern sich durch die Verlängerung der Betriebsdauer nicht.

#### 5.2.16. Veränderung der Vegetation

Die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško wird nicht zu Veränderungen der Vegetation in der Umgebung führen.

#### 5.2.17. Explosionen

Das KKW Krško verwendet bei seinem Betrieb keine explosiven Stoffe. Dies wird auch in Zukunft so bleiben.

#### 5.2.18. Physische Veränderung/Umgestaltung von Flächen

Das KKW Krško wird keine physischen Veränderungen bzw. Umgestaltungen von Flächen infolge der Verlängerung der Betriebsdauer vornehmen.

#### 5.2.19. Wassernutzung

##### *Zustand der Gewässer*

Infolge der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre ist keine Änderung der Wassernutzung vorgesehen. Die Wassernutzung bleibt UNVERÄNDERT und im Rahmen der Wassergenehmigungen [5], [6] und [7].

##### *Wassernutzung*

Infolge der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre ist keine Änderung der Wassernutzung vorgesehen. Die Wassernutzung bleibt UNVERÄNDERT und im Rahmen der Wassergenehmigungen [5], [6] und [7].

#### 5.2.20. Sonstiges

Durch die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre werden die derzeit gesetzlich festgelegten Schutzgebiete wie Natura 2000, Wasserschutzgebiete oder andere gesetzlich definierte Schutzgebiete und das kulturelle Erbe weder verändert noch beeinträchtigt.

### 5.3. Ausgangssituation und Skizzierung der weiteren Entwicklung für den Fall ohne Durchführung des Vorhabens (ohne Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško, Nullvariante)

Energie-, System-, Umwelt-, Sozial- und Wirtschaftsstudien haben gezeigt, dass die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško die vorteilhafteste Alternative unter allen Technologien ist, die sich für die Grundlaststromerzeugung eignen und bis zum Jahr 2020 voraussichtlich für den kommerziellen Einsatz ausgereift waren.

Sie bringt insbesondere große Vorteile in Bezug auf Folgendes:

- Übernahme der Rolle eines Stützpunkts des 400-kV-Netzes im Normalbetrieb und bei Störungen,
- positive Auswirkungen auf die Bewältigung der internationalen Verpflichtungen der Republik Slowenien in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Emissionen, da durch die Verlängerung selbst keine solchen Emissionen verursacht werden und da die beiden in Frage kommenden Ersatztechnologien mit fossilen Brennstoffen die Republik Slowenien erheblich von der Erfüllung der Anforderungen des Pariser Abkommens, des European Green Deal, der EntschlieÙung über die langfristige Klimastrategie Sloweniens bis zum Jahr 2050 usw. entfernen würden,
- Flächennutzung, da keine neuen Eingriffe in den Raum erforderlich sind, sowie

- Wirtschaftlichkeit des Betriebs, da die Betriebskosten wesentlich niedriger sind als bei allen alternativen Technologien und auch niedriger als die Kosten beim Kauf von Ersatzenergie auf dem Markt.

Falls die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško nicht umgesetzt wird, wäre die Energieunabhängigkeit der Republik Slowenien gefährdet. Die fehlende Energie müsste aus anderen Quellen erzeugt werden oder es müsste Strom aus anderen Ländern gekauft werden. Dies hätte wirtschaftliche, politische und ökologische Folgen.

Die Folgen der Nullvariante sind zusätzlich in der Studie "Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško aus energiewirtschaftlicher, systemtechnischer, ökonomischer und ökologischer Perspektive", EIMV, Ljubljana, 2021 [15] beschrieben.

### 5.3.1. Wirtschaftliche Folgen der Nullvariante

Neben den direkten negativen Auswirkungen der Nullvariante für den Eigentümer hat die Nullvariante noch größere negative makroökonomische Auswirkungen auf Slowenien [63]. Die Tätigkeit des KKW Krško hat, so wie die Tätigkeit aller anderen Energiewirtschaftszweige, nicht nur direkte, sondern auch indirekte Auswirkungen auf die slowenische Gesellschaft, da sie in diese eingebunden sind. Die in der Tabelle 14 dargestellten negativen makroökonomischen Auswirkungen sind für das Jahr 2019 auf Grundlage der Ergebnisse der vom Wirtschaftswissenschaftlichen Institut der Juristischen Fakultät im Jahr 2008 durchgeführten Analysen berechnet [63].

Im Falle einer Abschaltung des KKW Krško würde dies zu einem Ausfall der Stromerzeugung in Höhe von 5,526 TWh (Stand 2019) führen, wovon 2,763 TWh auf den slowenischen Bedarf entfallen würden. Diesen Ausfall an notwendigem Strom für den Inlandsmarkt würde man mittelfristig weitgehend durch erhöhte Importe kompensieren. Die unmittelbare Auswirkung der Stilllegung des KKW Krško würde einen Umsatzverlust von 267 Mio. EUR pro Jahr bedeuten. Durch seinen Betrieb und den Einkauf von Materialien und Dienstleistungen schafft das KKW Krško eine Nachfrage bei den Lieferanten und führt so zu einer Steigerung ihrer Einnahmen und Wertschöpfung. Im Falle einer Stilllegung des KKW Krško würde das slowenische BIP sofort um 125 Mio. EUR pro Jahr (0,3 % des BIP) sinken. Im Falle einer Stilllegung des KKW Krško würde dies unmittelbar zu einem Verlust von Steuereinnahmen vom KKW Krško für den Haushalt und die öffentlichen Kassen in der Gesamthöhe von 91 Mio. EUR pro Jahr führen.

Bei der Nullvariante würden in Slowenien fast 2.200 hochwertige und zuverlässige Arbeitsplätze verloren gehen. Jeder direkt im KKW Krško geschaffene Arbeitsplatz erhält weitere 1,5 Arbeitsplätze in der übrigen Wirtschaft, zusammen sind dies 2,5 Arbeitsplätze.

*Tabelle 14: Negative makroökonomische Auswirkungen der Nullvariante, berechnet im Jahr 2019. Geschätzter Wert für den Fall, dass das KKW Krško den Betrieb und die Stromerzeugung einstellt (die makroökonomischen Auswirkungen der Stilllegung sind nicht berücksichtigt).*

Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen der Nullvariante	Direkte Auswirkung	Indirekte Auswirkung	Summe
Verringerung der Produktion	161 Mio. EUR pro Jahr	107 Mio. EUR pro Jahr	267 Mio. EUR pro Jahr
Geringeres BIP	600 Mio. EUR pro Jahr	1.600 Mio. EUR pro Jahr	2,2 Mrd. EUR pro Jahr
Negative Auswirkungen auf die Höhe der Einnahmen der öffentlichen Finanzen	200 Mio. EUR pro Jahr	400 Mio. EUR pro Jahr	600 Mio. EUR pro Jahr
Zahl der verlorenen Arbeitsplätze	2000	3500	5500

Beide Eigentümerinnen des KKW Krško (Republik Slowenien und Republik Kroatien) haben bereits in die Modernisierung und den Austausch von Einrichtungen sowie in die sicherheitstechnische

Aufrüstung investiert. Zusätzlich zu den verlorenen Investitionen müssten beide Eigentümerinnen die fehlenden Finanzmittel für die Stilllegung des KKW Krško und die Endlagerung der radioaktiven Abfälle in den nächsten zehn Jahren aufbringen. Falls das KKW Krško weitere 20 Jahre in Betrieb bleibt, werden diese Mittel als Abgabe in den beiden Fonds für die Stilllegung des KKW Krško gesammelt.

Eine weitere wirtschaftliche Analyse hat ergeben, dass die Fortsetzung des Betriebs gerechtfertigt ist [31].

### 5.3.2. Ökologische Folgen der Nullvariante

Die größte negative Umweltauswirkung der Nullvariante ist die Abkehr von der Dekarbonisierung, die das Hauptziel des 2020 beschlossenen Umfassenden nationalen Energie- und Klimaplanes der Republik Slowenien (NEPN) [14] ist.

Das NEPN definiert an mehreren Stellen die Entwicklung der Kernenergie als Schlüsseltechnologie für die Verwirklichung einer kohlenstoffarmen Gesellschaft bzw. für das Erreichen der Ziele der Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Dies entspricht auch der Ausrichtung der "Entwicklungsstrategie Sloweniens 2030" und der "Vision für Slowenien".

Strategische Dokumente sowohl auf internationaler Ebene als auch in Slowenien weisen darauf hin, dass erhebliche Anstrengungen erforderlich sein werden, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich zu reduzieren, die Nutzung fossiler Brennstoffe schrittweise einzustellen und unser Klima so weit wie möglich zu schützen.

Hierzu kann das Vorhaben der Verlängerung der Betriebsgenehmigung des KKW Krško als sichere und zuverlässige Stromversorgungsquelle wesentlich beitragen. Für die Energie aus dem KKW Krško gilt Folgendes:

- nach internationaler Methodik handelt es sich um eine inländische Energiequelle, die die Abhängigkeit von Energieimporten verringert,
- es handelt sich um eine wettbewerbsfähige Energiequelle mit akzeptablem, vorhersehbarem und stabilem Strompreis,
- sie stellt die optimale Lösung für die Umweltauforderungen und -standards dar und reduziert die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf nationaler Ebene - die Kernenergie weist über die gesamte Betriebsdauer sehr geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen auf, außerdem erzeugt sie keine CO<sub>2</sub>-Emissionen während des Betriebs,
- sie erfüllt die höchsten internationalen Sicherheitsanforderungen und -standards,
- sie hat positive Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung sowie den Lebensstandard und damit auf hochqualifizierte Arbeitsplätze.

#### *Klima*

Bei der Betrachtung der Klimaauswirkungen einer Technologie sind die Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus (d. h. vom Bau des Kraftwerks über die Brennstoffgewinnung, den Betrieb, die Stilllegung und die Endlagerung der Abfälle) ein wichtiger Aspekt. Nach Angaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der Vereinten Nationen [Referenz IPCC 2014] haben Wärmekraftwerke während ihres gesamten Lebenszyklus die größten Umweltauswirkungen, wobei sie die meisten Emissionen in die Atmosphäre gerade bei der Stromerzeugung freisetzen. Der international anerkannte Wert für Emissionen aus der Verbrennung von Steinkohle beträgt 0,82 CO<sub>2</sub>-Äq/kWh; nach Angaben des Statistischen Amtes der Republik Slowenien liegen die Werte für slowenisches Lignit sogar bei 1,2 kg CO<sub>2</sub>-Äq/kWh (aufgrund des niedrigeren Heizwerts und des geringeren Wirkungsgrads des Kraftwerks).

Das KKW Krško erzeugt netto 696 MW Strom. Im Falle einer Stilllegung des KKW Krško müsste die Energie durch andere Quellen ersetzt werden.

Die Daten zu Emissionen der jeweiligen Technologie stammen vom IPCC, der als Organ der Vereinten Nationen agiert [Referenz IPCC-Referenz 2014]. Die Werte laut IPCC werden auch in allen Analysen anderer relevanter internationaler Agenturen (beispielsweise IEA bei der OECD) sowie EU-Organen und -Institutionen verwendet. Während seines gesamten Lebenszyklus (Bau, Betrieb, Stilllegung sowie Uranerzabbau und -verarbeitung) stößt ein Kernkraftwerk pro kWh Strom 0,012 kg CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre aus.

Nach international anerkannten Daten erzeugt ein Wärmekraftwerk 0,82 kg CO<sub>2</sub> pro erzeugter kWh Strom (dies gilt für Steinkohlekraftwerke; Braunkohle- oder Lignitkraftwerke haben noch höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen pro kWh). Gaskraftwerke verursachen etwa halb so viel CO<sub>2</sub>-Emissionen.

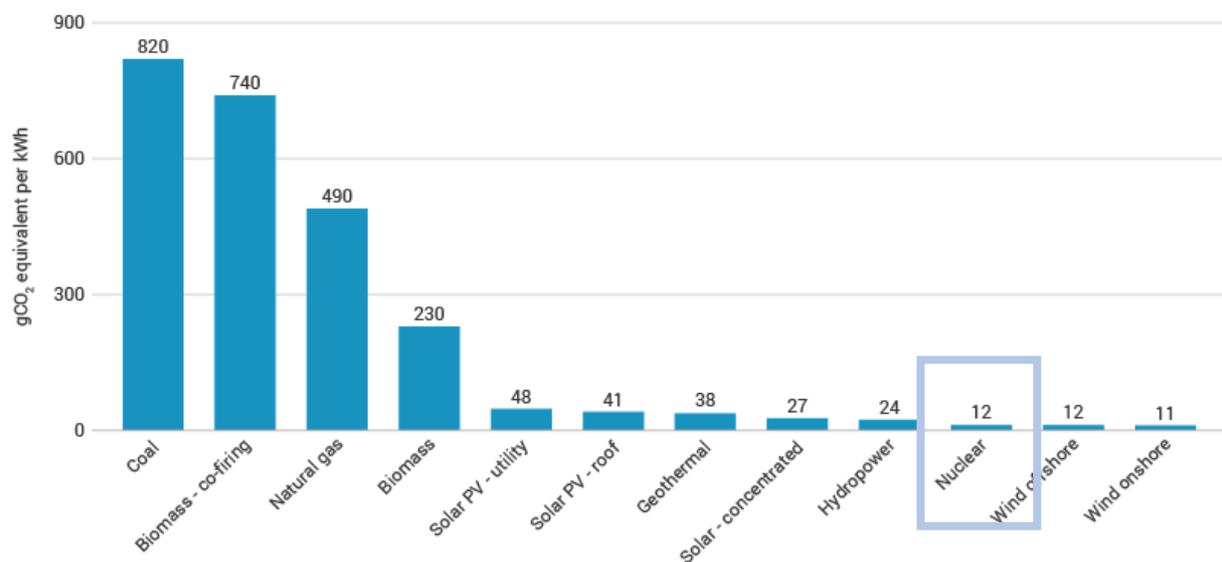
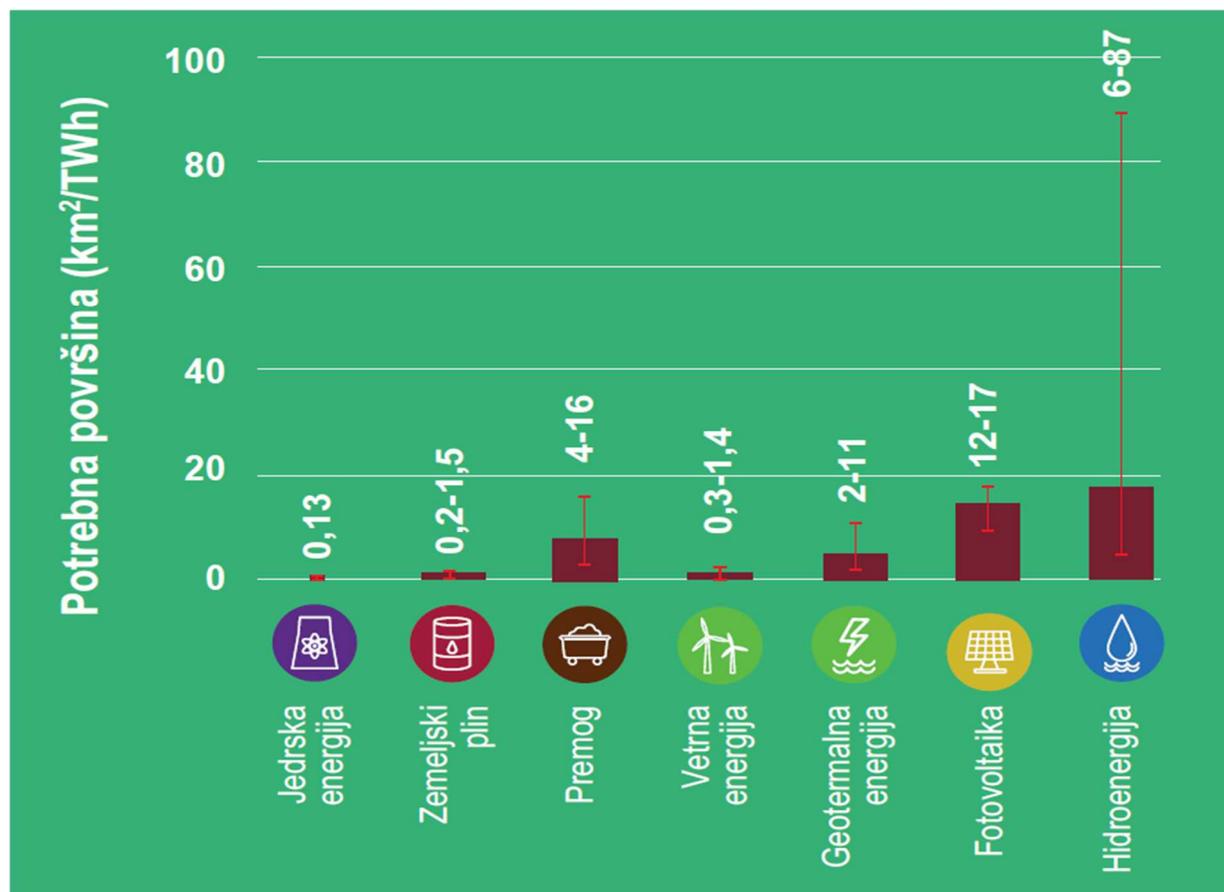


Abbildung 9: Durchschnittliche Kohlendioxidäquivalent-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus für verschiedene Stromerzeuger (Quelle: IPCC)

Die stärksten Umweltauswirkungen hätte eine Stilllegung des KKW Krško in Bezug auf Treibhausgase, da es keine anderen Quellen gibt, die das Stromdefizit mit einer solchen Kapazität, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit decken könnten.

Inanspruchnahme von Landflächen



Potrebna površina (km2/TWH)	Erforderliche Fläche (km²/TWH)
Jedrska energija	Kernenergie
Zemeljski plin	Erdgas
Premog	Kohle
Vetna energija	Windenergie
Geotermalna energija	Geothermische Energie
Fotovoltaika	Photovoltaik
Hydroenergija	Wasserkraft

Abbildung 10: Inanspruchnahme von Landflächen bei verschiedenen Stromerzeugungsquellen. Quelle: »Energy Sprawl Is the Largest Driver of Land Use Change in United States«, A. M. Trainor PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0162269 September 8, 2016

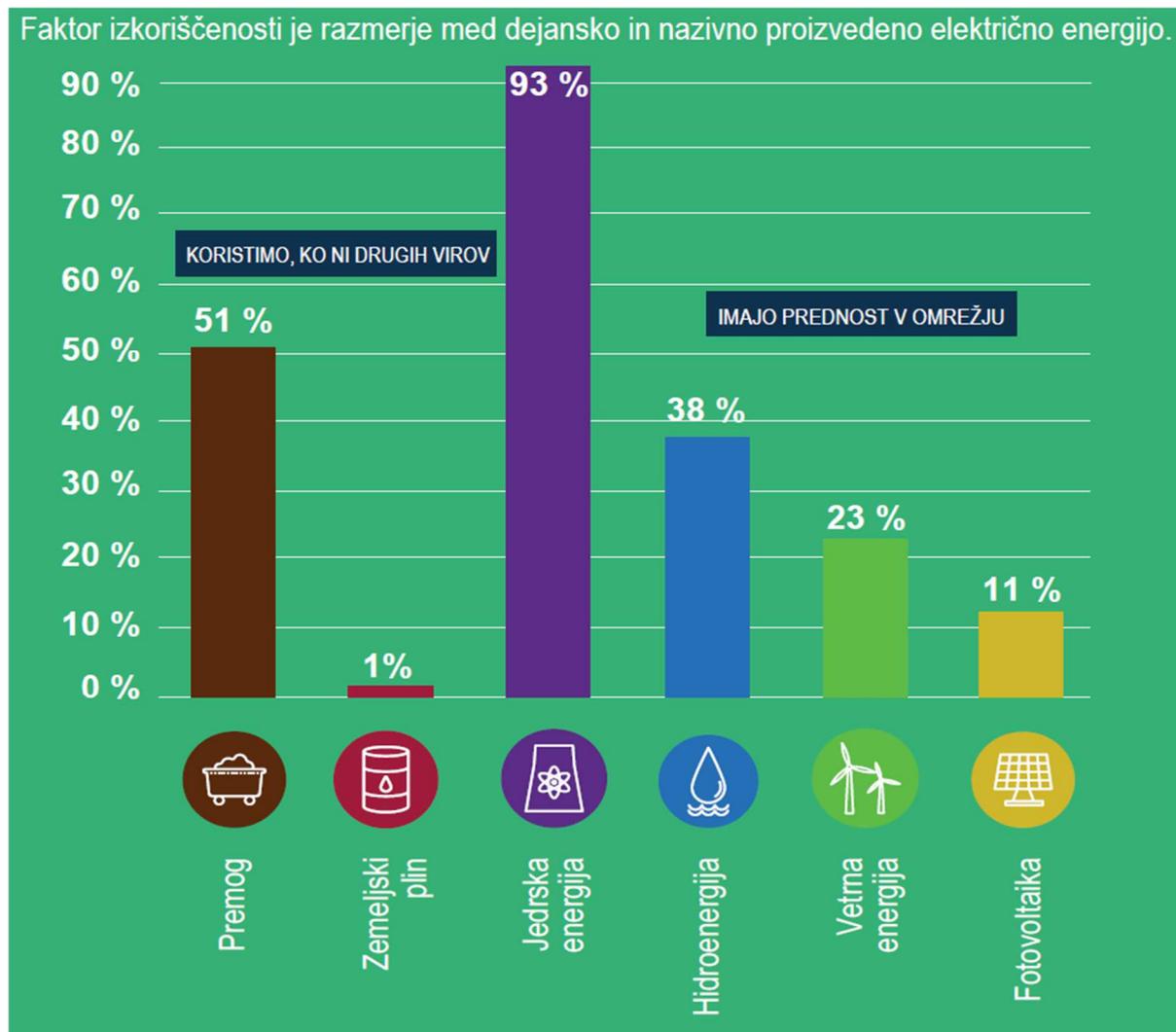
Unter der Annahme, dass Slowenien die bestehenden Stromerzeugungskapazitäten ersetzen will, zeigt das Diagramm oben (

Potrebna površina (km2/TWH)	Erforderliche Fläche (km²/TWH)
Jedrska energija	Kernenergie
Zemeljski plin	Erdgas
Premog	Kohle
Vetna energija	Windenergie
Geotermalna energija	Geothermische Energie
Fotovoltaika	Photovoltaik
Hydroenergija	Wasserkraft

Abbildung 10), dass die Kernenergie im Vergleich zu anderen Erzeugungsquellen den kleinstmöglichen Fußabdruck in Bezug auf die Landnutzung hat. Neben dem Platzbedarf für die neuen Energieanlagen muss auch die Notwendigkeit des Baus einer neuen Übertragungsinfrastruktur für die Einbindung dieser Anlagen in das Stromnetz berücksichtigt werden.

Außerdem ist zu beachten, dass die gleiche installierte Leistung von Kraftwerken nicht mit der gleichen Jahresleistung gleichzusetzen ist; z. B. arbeiten Solarkraftwerke nachts nicht und bei bewölktem

Wetter nur mit geringerer Leistung, die Stromerzeugung von Windkraftanlagen schwankt im Laufe der Zeit, sie arbeiten nicht bei Windstille oder bei zu hohen Windgeschwindigkeiten, auch Wasserkraftwerke erzeugen selten Strom in Höhe ihrer Nennleistung. Entscheidend ist also die Auslastung des Kraftwerks. Die Kraftwerksauslastung berechnet sich aus dem Verhältnis zwischen der Energie, die das Kraftwerk bei ständiger Volleistung erzeugen würde, und der tatsächlich erzeugten Energie. Dabei ist zu berücksichtigen, dass erneuerbare Energien im Netz Vorrang haben und ihre gesamte erzeugte Energie ins Netz einspeisen, während andere Kraftwerke sich dem Verbrauch anpassen müssen und nicht ständig Strom einspeisen, sondern nur dann, wenn das Netz ihn braucht. Die folgende Abbildung zeigt die Auslastung aller slowenischen Kraftwerke im Jahr 2019 (Datenquelle: Situation in der slowenischen Energiewirtschaft für das Jahr 2019, Energieagentur der Republik Slowenien, Maribor, 2020).



Faktor izkoriščenosti je razmerje med dejansko in nazivno proizvedeno električno energijo	Der Auslastungsfaktor ist das Verhältnis zwischen dem tatsächlich erzeugten Strom und der Stromerzeugung bei Nennleistung
Koristimo, ko ni drugih virov	Werden genutzt, wenn keine anderen Quellen zur Verfügung stehen
Imajo prednost v omrežju	Haben Vorrang im Netz
Premog	Kohle
Zemeljski plin	Erdgas
Jedrska energija	Kernenergie
Hidroenergija	Wasserkraft
Vetna energija	Windenergie
Fotovoltaika	Photovoltaik

Abbildung 11: Jährliche Stromerzeugung im Verhältnis zur installierten Leistung. Quelle: "Situation in der slowenischen Energiewirtschaft für das Jahr 2019", Energieagentur der Republik Slowenien, Maribor, 2020

## 6. Stilllegungsprogramm

Internationale Standards und die slowenische Gesetzgebung (ZVISJV-1 [45]) stellen strenge Anforderungen an die Vorgehensweise bei der Stilllegung und Abfallentsorgung für alle kerntechnischen Anlagen, an erster Stelle für das KKW Krško.

Da bereits ausreichende Erfahrungen mit der Stilllegung älterer Druckwasserkernkraftwerke vorliegen, gibt es aggregierte generische Daten zu den Mengen radioaktiver Abfälle aus der Stilllegung und zu den Kosten der Stilllegung. Von der OECD NEA werden diese Daten für alle OECD-Mitgliedstaaten seit mehr als 20 Jahren gesammelt und in regelmäßigen Abständen in Berichten über Stilllegungskonzepte, -strategien und -kosten veröffentlicht [27]. Die Berichte über Stilllegungsmethoden und -kosten werden regelmäßig aktualisiert. Im internationalen Umfeld bildet die Stilllegung kerntechnischer Anlagen eine reife und entwickelte Branche mit verschiedenen Anbietern, die auch auf internationalen Märkten tätig sind.

Die Stilllegung des KKW Krško, die Endlagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente ist eine gemeinsame Verpflichtung der Republik Slowenien und der Republik Kroatien als Vertragsparteien, wie dies im Gemeinsamen Übereinkommen aus der Präambel des zwischenstaatlichen Abkommens [30] festgelegt ist.

Die beiden Staaten sind sich einig, dass sie eine wirksame gemeinsame Lösung für die Stilllegung und Endlagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente unter wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten sicherstellen werden.

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente aus dem Betrieb und der Stilllegung erfolgt gemäß dem Programm zur Endlagerung radioaktiver Abfälle (RAW) und abgebrannter Brennelemente (ABE). Dieses wird von einer Fachorganisation, die von den Vertragsparteien bestimmt wird, unter Mitwirkung der NEK d.o.o. nach internationalen Standards erstellt.

Gemäß dem zwischenstaatlichen Abkommen [30] wird die erste Leerung des LILW-Lagers im KKW Krško in den Jahren 2023 - 2025 erfolgen. Da sich die Parteien nicht auf eine gemeinsame Lösung geeinigt haben, werden gemäß Revision 3 des Programms zur Endlagerung radioaktiver Abfälle [33] 50 % der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in das Endlager Vrbina und 50 % in ein langfristiges Lager und später in ein Endlager in der Republik Kroatien verbracht.

Das Stilllegungsprogramm umfasst auch die Entsorgung aller bei der Stilllegung anfallenden radioaktiven und sonstigen Abfälle bis zu ihrem Abtransport vom Standort des KKW Krško, eine Schätzung der erforderlichen finanziellen Mittel und der Fristen für seine Umsetzung.

Das Stilllegungsprogramm der Anlage wurde erstmals in dem Dokument "Development of the site specific decommissioning plan for Krško NPP", NIS Ingenieurgesellschaft mbH, April 1996 [22], beschrieben.

Gemäß Artikel 10 des zwischenstaatlichen Abkommens [30] ist alle fünf Jahre eine Überarbeitung des Stilllegungsprogramms zu erstellen, die auch die Entwicklung neuer Erkenntnisse auf dem Gebiet der Stilllegung kerntechnischer Anlagen umfasst.

Das Programm zur Stilllegung des KKW Krško, Rev. 3 [33], und das Programm zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, Rev. 3 [34], wurden im Jahr 2019 erstellt und im Jahr 2020 von beiden Vertragspartnern genehmigt. Gemäß dem von der Regierung der Republik Slowenien und der Regierung der Republik Kroatien genehmigten zwischenstaatlichen Abkommen [30] werden die Mittel für das Programm zur Stilllegung des KKW Krško und das Programm zur Endlagerung radioaktiver

Abfälle in speziellen Fonds gesammelt. Die Berichte beider Fonds sind auf folgenden Websites öffentlich zugänglich: <https://www.sklad-nek.si/porocila-o-poslovanju> [38] und <http://www.fond-nek.hr/en/financial-assets/annual-reports/17> [39].

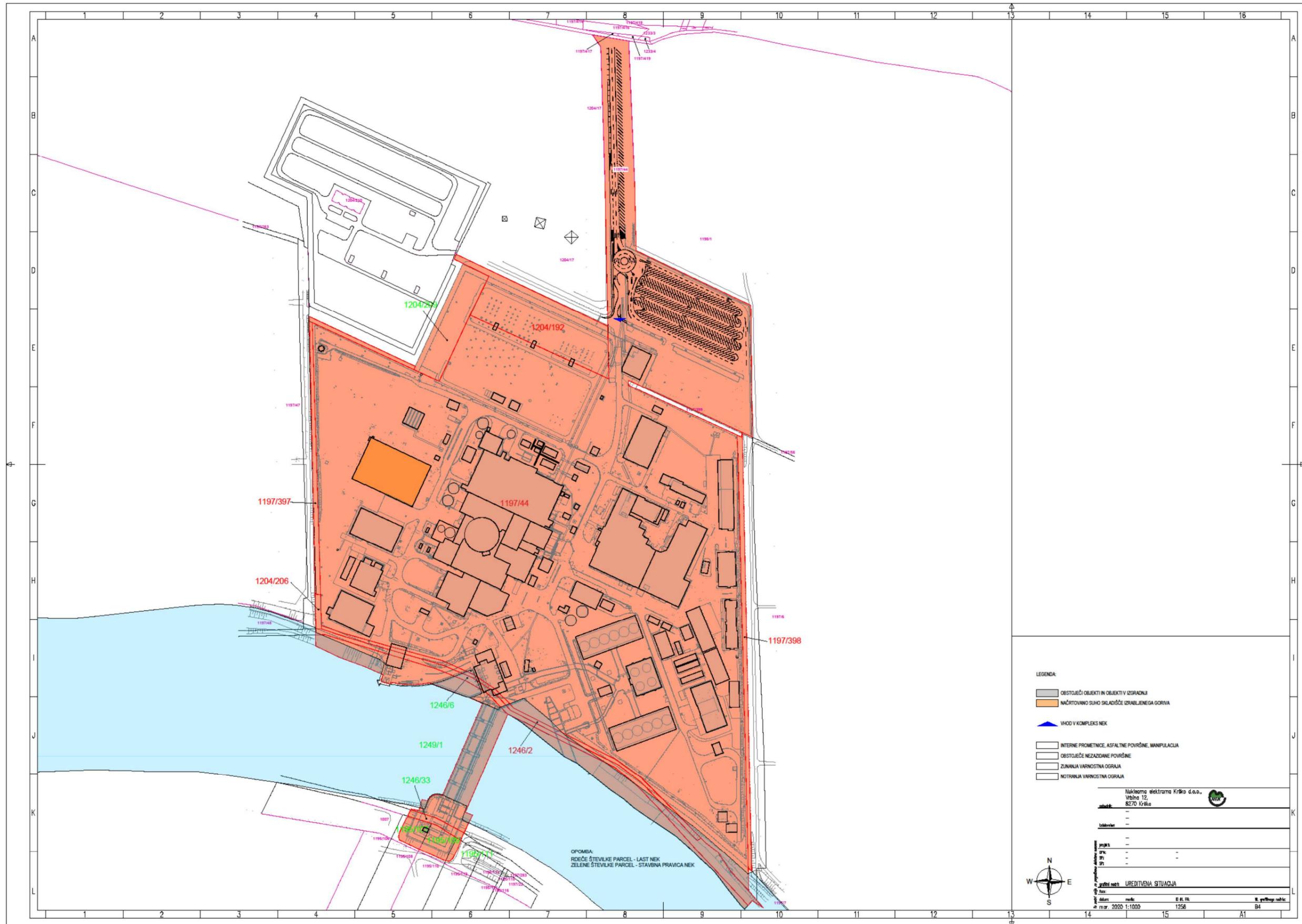
Ziel der regelmäßigen Überarbeitungen des Programms zur Stilllegung des KKW Krško und des Stilllegungsplans ist es, neue internationale Standards regelmäßig zu prüfen und sinnvoll einzubeziehen sowie bewährte Verfahren während der Betriebszeit des Kraftwerks anzuwenden. Diese Überarbeitungen sind notwendig, um die Kosten der künftigen Stilllegung, der Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente abzuschätzen, und bilden die Grundlage für die Stilllegungsfonds in Slowenien und Kroatien. In allen bisherigen Studien wurden Randbedingungen mit einem Betrieb des KKW Krško bis zum Jahr 2023 verwendet. Im Jahr 2013 erhielt das KKW Krško einen Bescheid des URSJV über eine Änderung der Betriebsgenehmigung [3], was bedeutet, dass bei weiteren Studien eine verlängerte Betriebsdauer bis 2043 berücksichtigt wurde.

Die Auswirkungen der Stilllegung der Anlage sind in einem gesonderten Verwaltungsverfahren gemäß dem *Stilllegungsprogramm* [33] sowie in Übereinstimmung mit dem *Umweltschutzgesetz (ZVO-1)*, der *Verordnung über Umwelteingriffe, für die eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich ist* [40], Anhang 1, Kapitel D.II, und dem *Gesetz über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit (ZVISJV-1)* [45], Artikel 109, näher zu beschreiben und zu bewerten.

## 7. Graphische Darstellungen

### 1. Lageplan des Standorts der Anlage (Site Layout)

LEGENDA:	LEGENDE:
Obstoječi objekti in objekti v izgradnji	Bestehende Objekte und Objekte im Bau
Načrtovano suho skladišče izrabljenega goriva	Geplantes Trockenlagergebäude für abgebrannte Brennelemente
Vhod v kompleks NEK	Eingang zum Komplex des KKW Krško
Interne prometnice, asfaltne površine, manipulacija	Interne Verkehrswege, Asphaltflächen, Manipulationsflächen
Obstoječe nezazidane površine	bestehende unbebaute Flächen
Zunanja varnostna ograja	Äußerer Sicherheitszaun
Notranja varnostna ograja	Innerer Sicherheitszaun



## 8. Abschließende Feststellungen

Das geplante Vorhaben umfasst den Weiterbetrieb des KKW Krško mit den bestehenden Betriebseigenschaften nach 2023, wobei neue Bauwerke oder Anlagen, die die physischen Eigenschaften des KKW Krško verändern würden, nicht vorgesehen sind.

In den 40 Jahren seines Betriebs hat das KKW Krško alle notwendigen Nachrüstungen durchgeführt, um sicherzustellen, dass das Kraftwerk den aktuellen Sicherheitsstandards entspricht. Bis Ende des ersten Halbjahres 2023 wird das Projekt zum Bau eines Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente umgesetzt, das die nukleare Sicherheit und die Strahlungssicherheit des Kraftwerks zusätzlich verbessern wird.

Die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško um 20 Jahre lässt die Art und die Dynamik der zu erwartenden Entstehung radioaktiver Abfälle unverändert, lediglich die Gesamtmenge der abgebrannten Brennelemente, die bereits bei der Planung des Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente berücksichtigt wurde, sowie die Menge der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle werden sich erhöhen.

Für seinen Betrieb besitzt das KKW Krško eine gültige unbefristete Betriebsgenehmigung [3] und alle anderen erforderlichen Genehmigungen ([2], [9], [10], [11], [4], [5], [6], [7]), wie beispielsweise die Genehmigung für Emissionen in die Umwelt und eine Genehmigung für die Wasserentnahme aus der Umwelt. Mit der Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško bleiben alle in den gültigen Genehmigungen festgelegten Umwelt- und radiologischen Bedingungen und Beschränkungen unverändert.

Das KKW Krško setzt bei der Stromerzeugung keine Treibhausgase frei und zählt damit zu den kohlenstoffarmen Energieerzeugern. Diese Tatsache ist besonders deshalb wichtig, weil das KKW Krško eine Schlüsselrolle bei der Sicherung der Energiezukunft Sloweniens spielt.

Zum Zeitpunkt des Baus der Anlage war eine Mindestbetriebsdauer von 40 Jahren vorgesehen, allerdings wurden seitdem zahlreiche Sicherheits- und andere Nachrüstungen vorgenommen und viele Analysen durchgeführt. Aufgrund aller sicherheitstechnischen Nachrüstungen, des Austauschs wesentlicher Einrichtungen und sonstiger Modernisierungen in der Vergangenheit sowie der Sicherheits- und Wahrscheinlichkeitsanalysen stellt die Verlängerung der Betriebsdauer vom Gesichtspunkt der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit die einzig sinnvolle und weltweit übliche Lösung dar.

## 9. Referenzen

- [1] Beschluss der Umweltagentur der Republik Slowenien (ARSO) für das geplante Vorhaben "Verlängerung der Betriebsdauer des Kernkraftwerks Krško von 40 auf 60 Jahre bis 2043" Nr. 35405-286/2016-42 vom 2.10.2020
- [2] Aktualisierter Sicherheitsbericht (USAR), Rev. 27
- [3] Betriebsgenehmigung: Bescheid - Zustimmung zur Inbetriebnahme des KKW Krško; Bescheid des Energieinspektorats der SR Slowenien Nr. 31-04/83-5 vom 6.2.1984 sowie Bescheid des Amtes der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit Nr. 3570-8/2012/5, Änderung der Betriebsgenehmigung vom 22.4.2013
- [4] Umweltgenehmigung der Umweltagentur der Republik Slowenien (ARSO): Umweltgenehmigung für den Betrieb des Kernkraftwerks Krško bezüglich Emissionen in Gewässer Nr. 35441-103/2006-24 vom 30.6.2010, geändert in drei Punkten des Spruchs und erneut beschieden mit dem Bescheid Nr. 35441-103/2006-33 vom 4.6.2012 sowie geändert mit dem Bescheid Nr. 35441-11/2013-3 vom 10.10.2013 (kurz: "Umweltgenehmigung").
- [5] Wassergenehmigung der Umweltagentur der Republik Slowenien: Teilweise Wassergenehmigung Nr. 35536-31/2006-16 vom 15.10.2009 und Bescheid über eine Änderung der Wassergenehmigung Nr. 35536-54/2011-4 vom 8.11.2011 sowie Bescheid über eine Änderung der Wassergenehmigung Nr. 35530-7/2018-2 vom 22.6.2018 (kurz: "Wassergenehmigung")
- [6] Ministerium für Umwelt und Raumordnung (MOP) - Gewässerdirektion der Republik Slowenien (DRSV) (2020): Wassergenehmigung für die Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. Nr. 35530-100/2020-4 vom 14.11.2020, Ljubljana
- [7] Ministerium für Umwelt und Raumordnung (MOP) - Gewässerdirektion der Republik Slowenien (DRSV) (2021): Wassergenehmigung für die Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. Nr. 35530-48/2020-3 vom 9.9.2021, Ljubljana
- [8] Standortgenehmigung: Bescheid des Sekretariats der SR Slowenien für Städtebau Nr. 350/F-15/69 vom 8.8.1974 und Verordnung über den Raumordnungsplan des Kernkraftwerks Krško UN 55/87, Amtsblatt der SR Slowenien Nr. 48/87; Verordnung über Änderungen und Ergänzungen der Verordnung über den Raumordnungsplan des KKW Krško, Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 59/97; Verordnung über Änderungen und Ergänzungen der Verordnung über den Raumordnungsplan des Kernkraftwerks Krško, Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 21/20
- [9] Technische Spezifikationen des KKW Krško (NEK TS), Rev. 183
- [10] Design Extension Conditions – Technische Spezifikationen (DECTS), Rev. 8
- [11] Radiological Effluents Technical Specifications (RETS), Rev. 10
- [12] Überwachung der Radioaktivität in der Umgebung des Kernkraftwerks Krško, Bericht für das Jahr 2020
- [13] Bericht über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit in der Republik Slowenien im Jahr 2020, Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (URSV), Juli 2021

- [14] Umfassender nationaler Energie- und Klimaplan der Republik Slowenien (NEPN), beschlossen von der Regierung der Republik Slowenien (Version 5.0), Nr. 35400-18/2019/22 vom 28.2.2020
- [15] Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško aus energiewirtschaftlicher, systemtechnischer, ökonomischer und ökologischer Perspektive, Studie 2511, EIMV, Ljubljana, Juli 2021
- [16] Umweltbericht nach öffentlicher Auslegung: Technische Unterstützung bei der umfassenden Umweltverträglichkeitsprüfung für den Umfassenden nationalen Energie- und Klimaplan der Republik Slowenien, Ausschreibung SRSS/C2019/048; EIMV, ZaVita, und STRITIH; Studie: 219240-3-4-S, Ljubljana, Februar 2020
- [17] Bureau Veritas: Zertifikat ISO 14001:2015 vom 20.11.2020
- [18] Bureau Veritas: Zertifikat ISO 45001:2018 vom 20.11.2020
- [19] Bureau Veritas: Zertifikat OHSAS 18001:2007 vom 17.12.2014
- [20] Slovenian National Report on Nuclear Stress Tests, Final Report, SNSA, December 2011
- [21] Technical Summary on the Implementation of Comprehensive Risk and Safety Assessments of Nuclear Power Plants in the European Union, Brussels, 22.8.2013
- [22] Development of the Site Specific Decommissioning Plan for Krško NPP, NIS Ingenieurgesellschaft mbH, April 1996
- [23] Bescheid des URSJV über die Bestätigung der ersten periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSR1) Nr. 39000-17/2005/5/16 vom 16.8.2005
- [24] Bescheid des URSJV über die Bestätigung der zweiten periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSR2) Nr. 3570-2/2011/97 vom 30.5.2014
- [25] Programm der sicherheitstechnischen Aufrüstung des KKW Krško, Rev. 3, Januar 2017
- [26] Bescheid des URSJV in der Verwaltungssache "Genehmigung des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung des KKW Krško, Rev. 3, und Verlängerung der Umsetzungsfrist" Nr. 3570-11/2015/25 vom 20.01.2017 und Bescheid des URSJV Nr. 3570-11/2015/32 vom 24.09.2021
- [27] Decommissioning Nuclear Power Plants, Policies, Strategies and Costs, OECD NEA 2003
- [28] Update of the Slovenian Post-Fukushima Action Plan (NAcP), SNSA, December 2019
- [29] Bescheid des URSJV über die Durchführung der periodischen Sicherheitsüberprüfung des Kernkraftwerks Krško Nr. 3570-9/2011/2 vom 30.05.2011.
- [30] Gesetz zur Ratifizierung des Abkommens zwischen der Regierung der Republik Slowenien und der Regierung der Republik Kroatien über die Regelung von Status- und anderen Rechtsverhältnissen im Zusammenhang mit Investitionen in das Kernkraftwerk Krško, seiner Nutzung und Stilllegung sowie der Gemeinsamen Erklärung bei der Unterzeichnung des Abkommens zwischen der Regierung der Republik Slowenien und der Regierung der Republik Kroatien über die Regelung von Status- und anderen Rechtsverhältnissen im Zusammenhang mit Investitionen in das Kernkraftwerk Krško, seiner Nutzung und Stilllegung (BHRNEK; Amtsblatt der Republik Slowenien – Internationale Abkommen Nr. 5/03)

- [31] Protokoll und Beschlüsse der Zwischenstaatlichen Kommission für die bezüglich der Verlängerung der Lebensdauer des KKW (PŽD NEK) vom 20.7.2015
- [32] Entschließung zum Nationalen Programm der Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente für den Zeitraum 2016 - 2025 (ReNPRO16-25), Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 31/2016 vom 29.4.2016
- [33] 3<sup>rd</sup> Revision of the NPP Krsko Decommissioning Program, Siempelkamp NIS for NPP Krško, Document No. 4520 / CA / F 010640 5 / 01, June 2019
- [34] Third Revision of the Krško NPP Radioactive Waste and Spent Fuel Disposal Program, ARAO – Agency for Radwaste Management, Ljubljana, Fund for financing the decommissioning of the Krško NPP, Zagreb, Version 1.3, September 2019
- [35] Umweltverträglichkeitsbericht bezüglich der Modernisierung der Technologie der Lagerung abgebrannter Brennelemente durch Einführung der Trockenlagerung – Kernkraftwerk Krško, Nr. 101118-dn, März 2020, Ergänzung Juni 2020
- [36] Umweltverträglichkeitsbericht KKW Krško - Umweltverträglichkeitsprüfung bezüglich der Erweiterung des Kühlsystems (zusätzlicher Turm, vier Kühlzellen), Ljubljana, Dezember 2006
- [37] UVP KKW Krško (Dekontaminationsgebäude), Nr. IJS DP-8190, Institut Jožef Stefan, Februar 2000
- [38] Jahresberichte des Fonds für die Stilllegung des KKW Krško: <https://www.sklad-nek.si/porocila-o-poslovanju>
- [39] Jahresberichte des Fonds für die Stilllegung des KKW Krško: <http://www.fond-nek.hr/en/financijska-iovina/godisnja-izvjesca/>
- [40] Umweltschutzgesetz (ZVO-1); Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 39/06 - ZVO-1-UPB1 [Umweltschutzgesetz, Offizielle konsolidierte Fassung 1], 49/06 - ZMetD [Gesetz über meteorologische Tätigkeiten], 66/06 - Entscheidung des Verfassungsgerichtshofs, 112/06 - Entscheidung des Verfassungsgerichtshofs, 33/07 - ZPNačrt [Raumplanungsgesetz], 57/08 - ZFO-1A [Gesetz über die Finanzierung der Gemeinden, Fassung 1A], 70/08 - ZVO-1B [Umweltschutzgesetz, Fassung 1B], 108/09 - ZVO-1C [Umweltschutzgesetz, Fassung 1C], 48/12 - ZVO-1D [Umweltschutzgesetz, Fassung 1D], 57/12 - ZVO-1E [Umweltschutzgesetz, Fassung 1E], 92/13 - ZVO-1F [Umweltschutzgesetz, Fassung 1F], 56/15 - ZVO-1G [Umweltschutzgesetz, Fassung 1G], 102/15 - ZVO-1H [Umweltschutzgesetz, Fassung 1H], 30/16 - ZVO-1I [Umweltschutzgesetz, Fassung 1I], 61/17 - GZ [Baugesetz], 21/18 - ZNOrg [Gesetz über Nichtregierungsorganisationen], 84/18 - ZIURKOE [Gesetz über Interventionsmaßnahmen bezüglich der Bewirtschaftung von kommunalen Verpackungsabfällen und Grabkerzen], 49/20 - ZIUZEOP [Gesetz über Interventionsmaßnahmen zur Eindämmung der COVID-19-Epidemie und Abmilderung ihrer Folgen für Bürger und Wirtschaft], 61/20 - ZIUZEOP-A [Gesetz über Interventionsmaßnahmen zur Eindämmung der COVID-19-Epidemie und Abmilderung ihrer Folgen für Bürger und Wirtschaft, Fassung A] und 158/20
- [41] Verordnung über Umwelteingriffe, für die eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich ist; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 51/14, 57/15, 26/17 und 105/20
- [42] Übereinkommen über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen – Espoo-Konvention, Amtsblatt der Republik Slowenien (Internationale Verträge) Nr. 11/98; Protokoll über die strategische Umweltprüfung zum Übereinkommen über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen, Amtsblatt der Republik

- Slowenien (Internationale Verträge) Nr. 1/10; Änderung und Zweite Änderung des Übereinkommens über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen (MPCVO-A), Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 105/13
- [43] Übereinkommen über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten – Aarhus-Konvention; Amtsblatt der Republik Slowenien (Internationale Verträge) Nr. 17/04 und 1/10
- [44] Naturschutzgesetz (ZON); Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 96/04 - Offizielle konsolidierte Fassung, 61/06 - ZDru-1 [Vereinsgesetz, Fassung 1], 8/10 - ZSKZ-B [Gesetz über den Fonds von landwirtschaftlichen Nutzflächen und Wäldern der Republik Slowenien, Fassung B], 46/14, 21/18 - ZNOrg [Gesetz über Nichtregierungsorganisationen], 31/18 und 82/20
- [45] Gesetz über den Schutz vor ionisierender Strahlung und nukleare Sicherheit (ZVISJV-1); Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 76/17 und 26/19
- [46] Urteil des Gerichtshofs der Europäischen Union vom 29. Juli 2019 in der Rechtssache C411-17, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:62017CJ0411&from=EN>
- [47] Energiewirtschaftliche, systemtechnische, ökonomische und ökologische Aspekte der Verlängerung der Lebensdauer des KKW Krško, Rev. 1, EIMV, Ljubljana, 2007
- [48] Slovenian National Post Fukushima Action Plan, ENSREG
- [49] Special Safety Review Final Report – NPP Krško, Rev. 0, October 2011
- [50] WENRA Reference Levels, Revision 2, September 2014
- [51] NEK Compliance with WENRA Safety Reference Levels, NEK ESD-TR-23/15, Rev. 0
- [52] RELAP5/MOD3.3 Analyses to Determine Pressure and Flow Requirements for Alternative Safety Injection Pump for DEC-A LOCA Conditions, NEK ESD-TR-17/15, Rev. 1
- [53] Analysis of Containment Cooling During and After DEC-B Accidents, NEK ESD-TR-18/15, Rev. 2
- [54] Water Inventory Requirements/Management for DEC-A and DEC-B Accidents, NEK ESD-TR-05/15, Rev.1
- [55] Analysis of Potential Division and Takeover of Operational and Decommissioning RW from Krško NPP, Extended Contents, Enconet and Ekenerg, 2018
- [56] Berechnung der Dosen in bestimmten Entfernungen für Auslegungsstörfälle (DB) und erweiterte Auslegungsunfälle (BDB) im Kernkraftwerk Krško / Calculation of doses at certain distances for Design Basis (DB) and Beyond Design Basis (BDB) accidents at NPP Krsko (No. FER-ZVNE/SA/DA-TR03/21-0), FER-MEIS, 2021
- [57] "POSSIBLE ROLLE OF NUCLEAR IN THE DUTCH ENERGY MIX IN THE FUTURE", commissioned by Ministry of Economic Affairs and Climate Policy of the Netherlands (Bericht der niederländischen Regierung zur Debatte im niederländischen Parlament), September 2020
- [58] Screening of External Hazards, NEK ESD-TR-18/16, Rev. 1
- [59] WENRA Report - Guidance Document Issue T: Natural Hazards Head Document; 21 April 2015
- [60] Jahresbericht zu den probabilistischen Sicherheitsanalysen (PSA) für 2020/2021, Juli 2021

- [61] MD-5 – NEK Aging Management Program, Rev. 5, 6.7.2020
- [62] TD-6 - Brandschutzprogramm - Brandschutzordnung, Rev. 3
- [63] Makroökonomische Auswirkungen des Baus und Betriebs des KKW Krško 2, EIPF, Ljubljana, Mai 2008
- [64] NPP KRŠKO Analyses of Potential Safety Improvements, NEK ESD-TR-09/11, Rev. 0, Januar 2011.
- [65] Bescheid des URSJV über die Durchführung einer Modernisierung der Sicherheitslösungen zur Verhinderung schwerer Unfälle und zur Minderung ihrer Folgen Nr. 3570-11/2011/7 vom 1.9.2011.
- [66] RELAP5/MOD3.3 Analyses of Bleed & Feed Method in DEC-A Conditions using Pressurizer PORV Bypass Motor Operated Valves and ASI pump, NEK ESD-TR-03/16, Rev. 1, February 2018.
- [67] Evaluation of different options regarding DECTS requirements for ASI and AAF system, NEK ESD-TR-10/19, Rev. 1, May 2020.
- [68] Schreiben der Umweltagentur der Republik Slowenien (ARSO) Nr. 35403-33/2020-16 vom 24.12.2020, Vorabauskunft gemäß Artikel 52 Umweltschutzgesetz.
- [69] Regelung über die Faktoren des Strahlenschutzes und der nuklearen Sicherheit (JV5-Regelung; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 74/16 und 76/17 - ZVISJV-1)
- [70] Regelung zur Gewährleistung der Sicherheit nach der Inbetriebnahme von Strahlungseinrichtungen oder kerntechnischen Anlagen (JV9-Regelung; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 81/16 und 76/17 - ZVISJV-1)
- [71] Regelung über die Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennstoffe (JV7-Regelung; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 125/21)
- [72] Verordnung über Strahlungstätigkeiten (UV1; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 19/18)
- [73] Bescheid des URSJV über die Genehmigung des Programms der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKW Krško (PSR3-Programm) Nr. 3570-7/2020/22 vom 23.12.2020
- [74] Regelung über Strahlenschutzmaßnahmen in überwachten und beobachteten Bereichen (SV8A-Regelung; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 47/18)
- [75] Seismic Probabilistic Safety Assessment of Krško Nuclear Power Plant, Level 1 and Level 2, Revision 2, ABS Consulting, November 2004, Proprietary Document
- [76] Assessment of capacity of the NEK to resist permanent ground deformations due to potential surface faulting, NEK ESD-TR-10/13, Revision 2, Nuklearna elektrarna Krško, July 2014, Proprietary Document
- [77] Probabilistic fault displacement hazard analysis, Krško East and West sites, Proposed Krško 2 Nuclear Power Plant, Krško, Slovenia, Revision 1, Paul C. Rizzo Associates, Inc., May 2013, Proprietary Document
- [78] Revised PSHA for NPP Krško site, PSR – NEK – 2.7.2, Revision 1, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Institute of Structural Engineering, Earthquake Engineering and Construction IT, January 2004, Proprietary Document

- [79] Preparation of new revision of PMF study and Conceptual design package for flood protection, FGG, 2010
- [80] NEKSIS-A200/081D: KKW Krško – Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Hochwassersicherheit des KKW Krško, Variantenstudie, Überarbeitung B, IBE, August 2015
- [81] Der Schutz- und Rettungsplan für außergewöhnliche Ereignisse (NZIR), Überarbeitung 38

## 10. Anhänge:

### 10.1. Anhang 1: Liste der erteilten Baugenehmigungen

1. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Wirtschaft Ljubljana Nr. 352-265/73-VI/ST vom 12.05.1973 zur Verlegung von Erdkabeln für den Telefonanschluss des KKW Krško
2. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16/75 vom 17.02.1975 zur Ausführung der vorbereitenden Arbeiten zum Bau des KKW Krško in Vrbinja bei Krško
3. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16/75-ind/SE vom 26.03.1975 für Bauarbeiten zum tiefen Baugrubenaushub
4. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 3-351-765/74 vom 12.04.1975 für 12 weitere Wohnbaracken im Rahmen einer provisorischen Arbeitersiedlung
5. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 3-351-353/75 vom 27.05.1975 für die vorbereitenden Arbeiten zum Bau einer neuen Wohnsiedlung am Teich in Krško
6. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16/75-ind/SE vom 16.06.1975 für die Bauphase II – Nebengebäude & RHR-M - Meereshöhe 82.25
7. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 3-351-353/75 vom 20.06.1975 für den Bau folgender Gebäude: Wohnbaracke in Fertigbauweise, provisorisches Restaurant, Wasserleitung, Kanalisation, Stromverteilungsleitungen und Außenbeleuchtung, Kläranlage, Warmwasserverteilungsleitungen
8. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 3-351-353/75 vom 7.10.1975 für den Bau von Wohnhäusern in Fertigbauweise im Komplex "Bebauung an der Zdolska cesta"
9. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-6/75-KO vom 27.10.1975 für die Bauphase 4A – Fundamente eines Nebengebäudes auf den Meereshöhen 94.21 und 97.26, die Bauphase 4B – Fundamente des Zwischengebäudes, die Bauphase 11 - Nebengebäude von der Meereshöhe 82.85 bis zur Meereshöhe 89.64
10. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16/75-ind/SE vom 7.11.1975 für die Bauphase III – Fundamente des Reaktorgebäudes
11. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-7/75-KO vom 13.11.1975 für die Bauphase 29 B, die Bauphase 44, die Bauphase 5 A, die Bauphase 5 C und die Bauphase 12 A
12. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-8/75-KO vom 25.11.1975 zur Errichtung eines Schutzgebäudes von der Meereshöhe 100.3 bis zur Meereshöhe 106.3 m und des Sicherheitsbehälters - Stahlhülle gemäß technischer Dokumentation
13. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-9/75-KO vom 27.11.1975 für den Bau eines meteorologischen Turms, H 70 m
14. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-10/75-KO vom 16.12.1975 für den Bau eines Nebengebäudes von der Meereshöhe 94.21 bis zur Meereshöhe 100.3 m und der Fundamentplatte für das Brennstoffhandhabungsgebäude
15. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 351-694/75 vom 25.12.1975 für den Bau eines Zentrallagers im Zolllager
16. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-11/75 vom 16.01.1976 für den Bau einer Wetterstation
17. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-12/76-KO vom 21.01.1976 für die Bauphasen 8, 13 und Zusatz zu NP 13, 17A, 34, 35, 36 und Zusatz zu NP 34, 35, 36

- 
18. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-14/76-KO vom 20.02.1976 für den Bau des Brennstoffhandhabungsgebäudes und des Turbinengebäudes – Fundamentplatte
  19. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-13/76-KO vom 2.03.1976 für den Bau der Zufahrtsstraße C III - Phase I und des Durchlasses Potočnica
  20. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-20/76-KO vom 7.03.1976 für den Bau des Kontrollgebäudes (Phase 20) und des Gebäudes für die Komponentenkühlsysteme (Phase 23)
  21. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-30/75-KO vom 11.04.1976 für den Bau des Zwischengebäudes (Phase 19), des Brennstoffhandhabungsgebäudes (Phase 28), des Turbinengebäudes, des Bedienbereichs (Phase 32) und des Reaktorgebäudes (Phasen 37 und 38)
  22. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-15/75-KO vom 14.04.1976 für den Bau des Brennstoffhandhabungsgebäudes (Phase 25)
  23. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-17/76-KO vom 27.05.1976 für den Bau des Neutralisationsbeckens für Regenerationsabwasser
  24. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-19/76-KO vom 18.06.1976 für den Bau eines Industriegleises
  25. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-21/76-KO vom 7.07.1976 für den Bau des Turbinengebäudes (Phase 31)
  26. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-22/76-KO vom 28.07.1976 für den Bau eines Nebengebäudes (Phase 14)
  27. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-18/76-KO vom 6.08.1976 für die Bauphasen 27 und 17B
  28. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-23-76-MA vom 16.08.1976 für den Umbau des Durchgangs der Brennstoffleitung unter der Zufahrtsstraße C III in Krško
  29. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-26/76-KO vom 23.08.1976 für den Bau des Gebäudes für die Komponentenkühlsysteme (Phase 24)
  30. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-25/76-KO vom 23.08.1976 für den Bau des Zwischengebäudes (Phase 18)
  31. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-24/76-KO vom 23.08.1976 für den Bau der Zufahrtsstraße III
  32. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-27/75-KO vom 27.08.1976 für den Bau eines Nebengebäudes (Phase 15) und des Kontrollgebäudes (Phase 21)
  33. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-28/76-KO vom 9.09.1976 für den Bau des Schutzgebäudes (Phase 9) und des Turbinengebäudes (Phase 32)
  34. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-16/75 vom 5.11.1976 für folgenden Bau: Einzäunung der Baugrube für das Stauwerk an der Save
  35. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-31/76-KO vom 22.11.1976 für den Bau des Kontrollgebäudes (Phase 22)

- 
36. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-29/76 vom 10.12.1976 für den Aushub für die Essential-Water-Pumpanlage (Phase 48)
  37. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 5-351-583/76 vom 13.12.1976 für ein Lager für Gase, Farben und Montageteile im Rahmen des Zentrallagers
  38. Bescheid des Komitees der SR Slowenien für Verkehr und Kommunikation Nr. 340/F-31/76-I/MA vom 23.12.1976; die Eisenbahnwirtschaft (ŽG) ist verpflichtet, die Fahrbahn der Straßenkreuzung bei km 466 + 409 der Eisenbahnlinie Zagreb - Sežana (Landstraße Stara vas - Krško) zu erneuern und gemäß den geltenden technischen Vorschriften auszuführen
  39. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-62/77 vom 31.03.1977 für folgenden Bau: Verstärkung der Brücke über die Save bei Brežice
  40. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-32/75 vom 1.04.1977 für den Bau des Turbinengebäudes und des Daches des Heizanlage (Phase 33)
  41. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-2/77-KO vom 13.04.1977 für den Bau des Turbinengebäudes – Treppentürme (Phase 33A) und des Gebäudes für Notstrom-Dieselaggregate (Phase 6)
  42. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-5/77-KO vom 14.04.1977 für den Bau des Stauwerks auf die Save, der Kühlwasserpumpanlage, des Kühlwasserauslaufbauwerks, der Pumpanlage für das Essential Service Water System
  43. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-4/77-KO vom 14.04.1977 für den Bau von Kühlwasserstollen außerhalb des Turbinengebäudes (Phase 44 ADD) und des Schutzgebäudes - Kuppel (Phase 10)
  44. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/8-77-KO vom 23.05.1977 für den Bau des Gebäudes für Notstrom-Dieselaggregate von der Meereshöhe 100.30 bis zur Meereshöhe 107.62 m
  45. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 5-351-460/75 vom 23.05.1977 für den Bau einer Wasserleitung von der Hauptleitung  $\varnothing$  250 beim Wohnhaus Pirc über die Militärbrücke zum KKW Krško
  46. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-6/77-KO vom 17.06.1977 für den Bau einer 380- und 110-kV-Schaltanlage (Phase 55)
  47. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-9/77-KO vom 28.06.1977 für den Bau von Hochwasserdämmen am linken Ufer der Save als Teil der wasserbautechnischen Bauwerke
  48. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-1/77 vom 04.07.1977 für den Bau des Reaktorgebäudes (Phase 39)
  49. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-11/77-KO vom 19.07.1977 für den Bau verschiedener Fundamente und des Turbinengebäudes (Phase 33/Rev)
  50. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/10-77-KO vom 19.07.1977 für den Bau des Reaktorgebäudes - innerer Stahlbetonbau von der Meereshöhe 96.04 bis zur Meereshöhe 115.55 m (Phase 40)
  51. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-3/77-KO vom 24.08.1977 für den Einbau für die Installation von technologischen, Hilfs- und elektrischen Systemen im Nebengebäude, im Brennstoffhandhabungsgebäude und im Gebäude für die Kühlung der Komponenten

- 
52. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-12/77-KO vom 29.08.1977 für den Bau des inneren Stahlbetonbaus des Reaktorgebäudes über der Meereshöhe von 115.55 m (Phase 44)
  53. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-16-30/75-KO vom 06.09.1977 für den Bau des Reaktorgebäudes + Phase 37 und Phase 38
  54. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-15/77-KO vom 10.10.1977 für den Bau von Kabelkanälen auf der Plattform (Phase 55A)
  55. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-14/77-KO vom 21.10.1977 für den Bau von Systemen, wie in der Genehmigung festgelegt
  56. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 5-351-628/77 vom 25.10.1977 für die Errichtung der 2x20-kV-Überlandleitung Brestanica - Roto Krško im Abschnitt Djuro-Salaj-Fabrik Krško
  57. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-6/77-KO vom 5.11.1977 für den Bau einer 380- und 110-kV-Schaltanlage
  58. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-16/77-KO vom 10.11.1977 für die Bauphase 53 – Architektur sowie Bau- und Handwerksarbeiten an den Nebengebäuden
  59. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 5-351-461/77 vom 9.12.1977 für die Befestigung und Einzäunung des erweiterten provisorischen Lagers für Rohrmaterial
  60. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-19/77-KO vom 02.01.1978 für den Bau verschiedener Transformatorenfundamente auf der Plattform des KKW Krško
  61. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-17/77-KO vom 18.01.1978 für den Einbau von technologischen Systemen im Turbinengebäude im Ein- und Auslaufbauwerk
  62. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-18/78 vom 27.01.1978 für den Bau einer Entcarbonisierungsanlage
  63. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-20/78-KO vom 28.02.1978 für den Bau eines Hilfskesselhauses
  64. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/21-78-KV vom 31.05.1978 für den Bau eines Verwaltungsgebäudes, einer Servicewerkstatt und eines Sicherheitszauns im Rahmen des Baus des KKW Krško
  65. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-22/77-IND/KV vom 26.06.1978 für den Bau eines Industriegleises auf der Plattform des KKW Krško
  66. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-23/78-MA vom 8.09.1978 für den Bau des Parkplatzes - Phase I und des Pförtnerhauses mit Eingang zum KKW Krško
  67. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/24-78-KO vom 18.09.1978 für den Bau eines Fünf-Jahres-Lagers für radioaktive Abfälle
  68. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-18/78-KO vom 25.09.1978 für den Bau einer Entcarbonisierungsanlage gemäß ergänzter technischer Dokumentation
  69. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-25/78-KO vom 10.11.1978 für den Bau von Stromverbindungen der Kraftwerksbauwerke

- 
70. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/23-78-KO vom 12.11.1978 für den Bau der Außenbeleuchtung der Plattform und die elektrischen Einrichtungen des Pfortnerhauses
  71. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-26/78-KO vom 22.11.1978 für den Bau eines Lagers für Brennstoffe für das Hilfskesselhaus und die beiden Notstrom-Dieselaggregate
  72. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 16/79-KO vom 19.02.1979 für die Bauabsicherung des KKW Krško
  73. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-27/79 vom 20.02.1979 für den Bau eines Trinkwassernetzes und die Verteilungsleitungen des entcarbonisierten Prozesswassers auf der Plattform des KKW Krško
  74. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/28-77/KO vom 27.02.1979 für den Bau von Kühlwasserverteilungsleitungen zwischen den Kühltürmen und dem Fluss Save
  75. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/31-77-KO vom 04.03.1979 für den Bau des Kanalisationssystems der Plattform
  76. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/30-77-KO vom 27.03.1979 für den Bau von Installationsleitungen zum Verwaltungsgebäude und zu den Servicewerkstätten
  77. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-33/79-KO vom 20.04.1979 für den Bau der Haupterdung des Kraftwerks
  78. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56-32/78-KO vom 20.04.1979 für den Bau von Kühltürmen
  79. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/34-77/KO vom 17.05.1979 für den Bau der Transformatorenstationen TP 1 und TP2
  80. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/35/77-8 vom 26.06.1979 für den Bau des externen Hydrantennetzes des KKW Krško
  81. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/38-77-8 vom 9.07.1979 für den Bau eines Hochwasserdamms am Bach Potočnica
  82. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/31-77-82 vom 11.08.1979 für den Bau einer Niederschlagswasserkanalisation mit Pumpwerk
  83. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/29-78-KO vom 3.12.1979 für folgenden Bau: Außenanlagen mit Verbindungswegen auf der Plattform des KKW Krško
  84. Genehmigung des Sekretariats der SR Slowenien für Industrie Ljubljana Nr. 351/B-56/40-79-8 vom 28.01.1980 für den Bau von Fundamenten für das Wasserstoff-, Sauerstoff- und Stickstoffflaschenlager, einer Plattform zum Waschen von Fässern und Waggons und einer Plattform für tragbare Luftkompressoren
  85. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/4-80-8 vom 7.02.1980 für den Bau eines Personenaufzugs für 13 Personen mit einer Tragfähigkeit von 1000 kg
  86. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/8-80-8 vom 12.02.1980 für den Bau eines Exaktzeitsystems

- 
87. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/5-80-8 vom 09.03.1980 für den Bau einer 110/70-°C-Wasserleitung von der Wärmestation TS 100 bis 1 m außerhalb des Turbinenbereichs
  88. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/7-80-8 vom 11.05.1980 für den Bau einer Kondensatreinigungsanlage
  89. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/2-80-8 vom 06.06.1980 für den Bau eines Brunnens am rechten Ufer der Save
  90. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/1-80-8 vom 06.06.1980 für den Bau der Transformatorenstation TP 2/1000 kVA 6,3/0,4 kV
  91. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/3-80-8 vom 18.06.1980 für den Bau der Wärmestation TS 100
  92. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 5-351-526/79 vom 4.08.1980 für die Verlegung eines lokalen Telefonkabels vom Kühllager des Agrokombinats Krško zum KKW Krško
  93. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/3-80-8 vom 28.08.1980 für den Bau des Warmwassernetzes auf der Plattform des KKW Krško
  94. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/6-80-8 vom 19.09.1980 für den Bau einer 380- und 110-kV-Schaltanlage gemäß der geänderten technischen Dokumentation
  95. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/11-81 vom 17.03.1981 für den Bau einer Beschallungsanlage auf der Plattform des KKW Krško
  96. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/13-80-8 vom 25.05.1981 für den Bau eines Lagers für brennbare Flüssigkeiten und Gase sowie einer Kompressorstation
  97. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/15-80-8 vom 10.07.1981 für den Bau des Verwaltungskomplexes - Phase II und des Schutzraums gemäß den im Bescheid genannten Plänen.
  98. Bescheid des Gemeinderats Krško Nr. 5-351-460/75 vom 10.07.1981 für den Bau einer Wasserleitung von der Ø250-Hauptleitung zum KKW Krško unter Berücksichtigung der Ergänzungen
  99. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-7/81-8 vom 23.07.19 für den Bau einer Mikrowellenbarriere FTR 200 G
  100. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Energiewirtschaft, Industrie und Bauwesen Nr. 351/B-48/14-80-8 vom 23.07.1981 für den Bau eines Karbonatschlammbeckens
  101. Baugenehmigung des Gemeinderats Krško Nr. 5-351-43/75 vom 10.08.1981 für den Umbau der Zufahrtsstraße II.
  102. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-05/82-5-8 vom 17.05.1982 für den Bau des Verwaltungskomplexes - Phase II gemäß den im Bescheid genannten Plänen
  103. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-05/82-57/8 vom 30.06.1982 für den Bau des Verwaltungskomplexes - Phase II gemäß den im Bescheid genannten Plänen

- 
104. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-05/82-192 vom 1.12.1983 für den Bau einer Aggregatanlage
  105. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-05/83-425 vom 16.12.1983 für den Bau einer Butanstation
  106. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-05/84-654 vom 7.12.1984 für den Bau des CW-Systems (Kühlwasserpumpstation)
  107. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-05/85-80 vom 30.07.1985 für den Bau einer Garage für Einsatzfahrzeuge, einer Maschinenwerkstatt und von Räumlichkeiten für den Sicherheitsdienst
  108. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-05/84-654 vom 10.10.1985 für den Einbau von Stark- und Schwachstrominstallationen im Gebäude des CW-Systems (Kühlwasserpumpstation)
  109. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-05/85-270 vom 26.11.1985 für den Bau eines Strahlenschutzbauwerks
  110. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-05/85-259 vom 2.06.1986 für den Bau von zwei Vordächern am Lager für brennbare Flüssigkeiten
  111. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-01/89-83 vom 5.10.1989 für den Bau eines Ersatzteil- und Ausrüstungslagers
  112. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-01/90-390 vom 4.06.1990 für den Bau eines Ausrüstungslagers
  3. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-01/89-83 vom 5.07.1991 für die Montage von Hebewerken im Ersatzteil- und Ausrüstungslager
  114. Genehmigung des Komitees der SR Slowenien für Industrie und Bauwesen Nr. 351-01/92-1008 vom 19.05.1992 für die Erweiterung des bestehenden Pförtnerhauses
  115. Mitteilung des Ministeriums für Wirtschaftstätigkeiten Nr. 351-01/159-93/DR vom 10.04.1993 - Anmeldung der Einrichtung eines seismologischen Observatoriums wird zur Kenntnis genommen
  116. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 351-01-23/95 vom 28.03.1995, für den Bau eines Kabelkanals 2xKB 20 kV+PE02-2x50 - Umspannwerk 110/20 kV Krško - Transformatorenstation Zollamt - Umspannwerk 400/110 kV Krško
  117. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 351-01-36/97 vom 21.07.1997, für den Umbau der Werkstätten im Erdgeschoss, der Küche, des Restaurants mit Begleitprogramm und der Ambulanz im Rahmen des KKW Krško
  118. Einheitliche Genehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 350-03-63/97-MD/TŠ vom 14.10.1998 für den Bau eines Simulatorgebäudes
  119. Einheitliche Genehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 350-03-63/97-MD/TŠ vom 4.01.1999, für den Bau eines Dekontaminationsgebäudes
  120. Einheitliche Genehmigung der Verwaltungseinheit Brežice Nr. 35102-254/99-152 vom 11.05.1999 für den Bau einer Station für kontinuierliche Probenahmen
  121. Einheitliche Genehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 350-03-63/97-TŠ,JK vom 13.05.1999, für den Bau eines Parkplatzes und einer Zufahrtsstraße
  122. Einheitliche Genehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 350-03-64/99-TŠ vom 18.02.2000 für den Bau eines Dekontaminationsgebäudes

- 
123. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 351-01-97/99 vom 20.03.2000 für den Umbau / Austausch von Verdampfern im KKW Krško
  124. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-41/2010-TŠ,HČ vom 11.08.2010 für den Bau des DG3-Gebäudes
  125. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-110/2011/4-TŠ,HČ vom 1.12.2011 für den Umbau der Halle 07 zur Einrichtung von Büros und Werkstätten
  126. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-3/2012/2-TŠ,HČ vom 23.01.2012 für den Umbau des Gebäudes für mobile Geräte
  127. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-11/2012/TŠ,HČ vom 28.03.2012 für den Umbau der 400/110-kV-Schaltanlage des Umspannwerks Krško
  128. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-25/2014/5-01031383 TŠ,GB vom 16.06.2014 für den Bau des Abfallhandhabungsgebäudes (1. und 2. Phase)
  129. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-10/2015/6 1093-08 VC,HČ, 18.06.2015, für den Bau des Operativen Unterstützungszentrums (OPC)
  130. Baugenehmigung der Verwaltungseinheit Krško Nr. 351-290/2015/17 vom 4.09.2015 für den Bau eines Containerkomplexes für Überholungsarbeiten
  131. Teilbaugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-13-2016-14 1093-04 TŠ vom 30.05.2016 für den Umbau des Stauwerks des KKW Krško
  132. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-52/2016/5 1093-04 TŠ vom 3.08.2016 für den Bau von Kabelverbindungen zwischen den Gebäuden AB-MHE30 und BB1 im KKW Krško
  133. Baugenehmigung der Verwaltungseinheit Krško Nr. 351-329/2016/10 vom 26.09.2016 für den Umbau der Pumpstation der Niederschlags- und Schmutzwasserkanalisation des KKW Krško
  134. Teilbaugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-13/2016/17 1093-04 TŠ, VML vom 3.02.2017 für den Umbau des Stauwerks des KKW Krško
  135. Teilbaugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-70/2017/5 1093-04 TŠ vom 8.09.2017 für den Umbau und die Erhöhung des Gebäudes BB1 und für die Ausführung von Kabelverbindungen zwischen den Gebäuden BB1 und AB im KKW Krško
  136. Teilbaugenehmigung der Verwaltungseinheit Krško Nr. 351-254/2017/30 vom 8.11.2017 für den Umbau bzw. die Erhöhung der Schutzmauer entlang des Baches Potočnica
  137. Baugenehmigung der Verwaltungseinheit Krško Nr. 351-129/2018/14 vom 21.05.2018 für den Rückbau eines Teils der Halle 71, den Bau des Ausrüstungslagers - Phase II und die Außenanlagen
  138. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-68/2018/8 1093-04 TŠ,HČ vom 24.07.2018 für den Bau des Gebäudes BB2
  139. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-29/2018/6 1093-04 TŠ,HČ vom 24.07.2018 für die 1. Bauphase des Gebäudes BB2 - Baugrube
  140. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-63/2018/6 1093-04 TS,HČ vom 9.08.2018 für den Austausch des oberirdischen Brennstofftanks für das Hilfsdampfsystem, 1. und 2. Phase
  141. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-11/2019/9 1096-05 vom 14.05.2019 für den Neubau des Bauwerks: Fundament mit Auffangbecken und Grube für den Transformator T3 im KKW Krško

- 
142. Baugenehmigung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung Nr. 35105-25/2020/57 vom 23.12.2020 für das Trockenlagergebäude für abgebrannte Brennelemente im Rahmen des KKW Krško