



ÚJV Řež a.s. – Sparte ENERGOPROJEKT PRAHA
Husinec-Řež, Haus Nr. 130, PLZ 250 68

Leitendes Referat
509

Erstellendes Referat
501

Aktenvernichtungszeit
V 15

Bau – Vorhaben
NJZ EIA

Objekt – Betriebseinheit
-

Laufende Nummer
-

Bezeichnung des Auftrags
Ergänzende Unterlagen für Kap. D.III der EIA-Dokumentation für die neue Kernkraftanlage im Kraftwerk Temelín

Sicherheitsstufe
-

Name der Dokumentation

Vorläufige Begutachtung der Tragweite der Strahlenfolgen eines schweren Unfalls hinsichtlich der möglichen

Nummer des Ausdrucks:

Verfasser
Kollektiv

Leiter des erstellenden Referats
Ing. V. Horák

Datum
06/2011

Blatt insgesamt
33

Geprüft von
Ing. V. Pešička

Leitender Ingenieur des Projekts
Ing. B. Horák

Datei
TH_Labe_Hrensko_T.doc

Ing. J. Klumpar
Bc. O. Pokorný

Kollektiv des Wasserforschungsinstituts VÚV TGM Praha
unter Leitung von Ing. E. Hanslík, CSc.

Auftragsnummer
29-4949-30-045

Archivnummer
EGP 5014 – F - 111125

Index

Seite
1

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG.....	4
2.	KURZE CHARAKTERISTIK EINES SCHWEREN UNFALLS IM BLOCK PWR NEUER GENERATION	5
3.	QUELLTERM UND METHODIK ZUR BERECHNUNG DER AUSBREITUNG VON RADIONUKLIDEN IN DER UMWELT	6
4.	KONTAMINATION VON OBERFLÄCHENGEWÄSSERN DURCH NIEDERSCHLAG VON RADIONUKLIDEN NACH EINEM SCHWEREN UNFALL.....	9
5.	PROZESS DER AUSBREITUNG VON KONTAMINANTEN IN DER MOLDAUKASKADE UND EINWIRKUNG IM PROFIL HŘENSKO/SCHÖNA	13
5.1	Auswertung der einzelnen Radionuklide hinsichtlich eines möglichen Einfangs auf Schwemmstoffen und Sedimenten in Wasserumgebung unter Nutzung der veröffentlichten Werte der Verteilungskoeffizienten	13
5.2	Auswertung der vertikalen Verteilung von Tritium als Tracer im Stausee Orlík unter besonderer Berücksichtigung des Profils vor dem Staudamm für den Zeitraum stabilisierter Ableitungen von Tritium beim Betrieb des KKW Temelín 2006 – 2010.....	14
5.3	Festlegung des Rückhalts radioaktiver Stoffe im Abschnitt Stausee Orlík – Prag und Prag – Hřensko.....	15
5.4	Auswertung der Halbwertszeiten für Radionuklide des Quellterms bzw. deren Einflusses auf die Reduktion der abgeleiteten Aktivitätskonzentrationen im Profil Elbe Hřensko/Schöna	18
5.5	Auswertung des Rückgangs des Gehalts an Strontium 90 und Cäsium 137 durch Einfang an Schwemmstoffen und Sedimenten unter Anwendung der Erfahrungen aus dem Tschernobyl-Unfall [6] [9].....	19
5.6	Auswertung der Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide des Quellterms in den ersten Phasen nach dem Niederschlag des Austritts nach einem schweren Unfall	23
5.7	Festlegung der Aktivitätskonzentrationen der bewerteten Radionuklide des Quellterms bei durchschnittlichen Wasserdurchflüssen in den Profilen Moldau Prag und Elbe Hřensko/Schöna und nach Korrektur aufgrund des Einfangs von Radionukliden im Stausee Orlík sowie des radioaktiven Zerfalls.....	25
6.	SCHLUSS.....	27
7.	VERWENDETE UNTERLAGEN.....	29
8.	ANLAGEN	30

ABKÜRZUNGSLISTE

DBC	Grundlegende Projektbedingungen (<i>engl.</i> Design Basis Conditions)
DEC	Erweiterte Projektbedingungen (<i>engl.</i> Design Extension Conditions)
EIA	Umweltverträglichkeitsprüfung (<i>engl.</i> Environmental Impact Assessment)
ETE	Kraftwerk Temelín
EUR	Anforderungen europäischer Energieerzeuger an KKW mit Leichtwasserreaktoren (<i>engl.</i> European Utility Requirements)
ICRP	Internationale Strahlenschutzkommission (<i>engl.</i> International Commission on Radiological Protection)
JE	Kernkraftwerk
NJZ	neue Kernkraftanlage
SÚJB	Staatliche Behörde für Atomsicherheit
VN	Wasserspeicher

1. EINLEITUNG

Den Impuls zur Erstellung dieses Gutachtens bildete der im Laufe des Prozesses der Umweltverträglichkeitsprüfung des Vorhabens Fertigstellung des KKW Temelín überreichte Antrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (tschechische Übersetzung siehe Anlage 1).

Für das Kapitel „Charakteristik der Umweltgefahren...“, die einen Bestandteil der Dokumentation [1] bildet, wurden vorläufige Analysen auf Umfang der möglichen Folgen eines Strahlenunfalls durchgeführt, die sich jedoch erstrangig auf eventuelle unmittelbare, schwerwiegendste Risiken, die Schutzmaßnahmen erfordern, orientierten. Deshalb wurde die in den Unterlagen für die Umweltverträglichkeitsprüfung enthaltenen Berechnungen mit dem Ziel durchgeführt, die Strahlenfolgen eines schweren Unfalls den Richtwerten zur Ergreifung von dringenden Maßnahmen oder von Folgemaßnahmen zum Schurz der Bevölkerung gegenüberzustellen.¹

Die vorgelegte Begutachtung des Niveaus einer eventuellen Kontamination der Wasserläufe Moldau und Elbe in Folge eines schweren Unfalls illustriert das Maß des in Betracht kommenden Risikos für Oberflächengewässer, ersetzt jedoch nicht die Sicherheitsanalysen, die anhand der von konkreten Parametern der Anlagen, den Funktionen der jeweiligen Systeme und den zu den jeweiligen auslösenden Ereignissen in der Sicherheitsdokumentation zugehörigen Quelltermen ausgehenden Szenarien durchgeführt werden.

Die vorgelegte Begutachtung der Strahlenfolgen eines schweren Unfalls orientiert sich im Einklang mit der Forderung des sächsischen Ministeriums auf die Beeinflussung der Elbe und geht von folgenden Grundsätzen und Voraussetzungen aus:

- zur Begutachtung der Strahlenfolgen eines schweren Unfalls wird der gleiche Quellterm wie für die vorherigen Situationen verwendet, als der eventuelle Einfluss auf das österreichische und das bayerische Gebiet verfolgt wurde,
- es wird eine solche konservative Witterungssituation modelliert, dass der radioaktive Niederschlag über der größten Wasserfläche in der Umgebung, dem Stausee Orlík, niedergeht,
- aufgrund der Kenntnis der Charakteristik des Wassereinzugsgebiets und des Mechanismus der Ausbreitung von Kontaminanten in diesem Rezipienten wird der Verlauf der Aktivitätskonzentration entlang des Wasserlaufs bis zum verfolgten Profil Staatsgrenze zu Sachsen analysiert.
- die Begutachtung des Bedrohungsausmaßes für die Bevölkerung und Umwelt im benachbarten Staat wird von den relevanten Richtlinien ausgehen.

¹ Es handelt sich um eine Exposition, die sich bei einer gefährdeten Person im Bereich 5 – 50 mSv bewegen, ggf. dieses Niveau überschreiten könnte. Deshalb hat sich die Dokumentation der UVP mit dieser Umweltgefahr, die im Vergleich zu anderen Strahlenfolgen eines schweren Unfalls unbedeutend ist, nicht befasst.

2. KURZE CHARAKTERISTIK EINES SCHWEREN UNFALLS IM BLOCK PWR NEUER GENERATION

An die neuen Blöcke des KKW Temelín werden Anforderungen an die Beherrschung eines definierten Spektrums an Zuständen des Kraftwerks gestellt, mit einer Zuverlässigkeit, die den modernsten Projekten von Blöcken mit Reaktoren der Typen PWR entspricht. Die möglichen Zustände des Kraftwerks können aufgrund der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens unter Anwendung der Klassifikation gemäß [3] in Kategorien gegliedert werden – siehe Tabelle 1. Es gilt der Grundsatz, dass je höher die Frequenz des Auftretens einer konkreten Situation ist, desto strenger sind die Anforderungen an ihre Beherrschung und an die Beschränkung der Strahlenfolgen.

Tabelle 1 Kategorisierung der Zustände des KKW

Zustand:	Bezeichnung gemäß EUR	Frequenz des Auftretens [y ⁻¹]
Normalbetrieb	DBC 1	-
Abnormaler Betrieb	DBC 2	10 ⁻² - 1
Wenig wahrscheinliche anzunehmende Unfälle	DBC 3	10 ⁻⁴ - 10 ⁻²
Sehr wenig wahrscheinliche anzunehmende Unfälle	DBC 4	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴
Komplexe Vorfälle	DEC	<10 ⁻⁶
Schwere Unfälle	DEC	

Um die quantitativen Anforderungen an die Beschränkung der Strahlenfolgen auszudrücken, legt der Anmelder des Vorhabens für jede Kategorie spezifische Sicherheitsziele des Projekts fest. Ausgehend von diesen Zielen werden weitere Anforderungen an die Erfüllung der Sicherheitsfunktionen und Wahrung der Integrität der Barrieren gegen Freisetzungen von radioaktiven Stoffen definiert.

Die potenzielle Tragweite der Strahlenfolgen von Strahlenunfällen hängt mit dem Aktivitätsniveau der Spaltprodukte im Reaktor und mit dem Umfang der Beschädigung der die Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt verhindernden Barrieren zusammen. Spaltprodukte und andere radioaktive Stoffe befinden sich im Primärkühlmittel, unter den Hüllen der Brennstäbe und vor allem in der eigentlichen Brennstoffstruktur in der aktiven Zone des Kernreaktors. Die Gesamtaktivität der Spaltprodukte beim Betrieb des Reaktors hängt vor allem von der Zusammensetzung des Brennstoffs, der Brennstoffmenge in der Zone und seinem Abbrand zum Zeitpunkt des Unfalls ab, und bewegt sich in einer Größenordnung des Mehrfachen von 10²⁰ Bq.

Was Strahlenfolgen anbetrifft, sind von den sich im Primärkühlmittel und unter der Hülle der Brennstäbe befindlichen Radionukliden vor allem die Isotope von Edelgasen, Jod und Cäsium von Bedeutung. Ihre Aktivität im Kühlmittel bewegt sich jedoch in einer Größenordnung von hunderttausendmal niedriger als im Brennstoff. Die Radionuklide im Spalt unter den Hüllen der Brennstäbe stellen nur Prozentbruchteile der Brennstoffaktivität dar. Die Tragweite der Strahlenfolgen von Unfällen unterscheidet sich deshalb grundsätzlich danach, ob nur die Integrität des Reaktorkreislaufs eingebüßt wurde oder bereits eine Beschädigung der Oberfläche der Brennelemente (Gasundichtigkeit) oder sogar eine Kernschmelze eingetreten ist.

Schwere Unfälle zählen zu spezifischen, das Maß der laut dem Projekt anzunehmenden Zustände überschreitenden Unfallsequenzen. Es handelt sich um Unfälle mit Kernschmelze und

die Analyse dieser Zustände erfolgt trotz der verschwindend niedrigen Auftrittswahrscheinlichkeit. Das Projekt wird neben den Maßnahmen zur Einschränkung von deterministischen Auslegungsbedingungen auch Maßnahmen behandeln, die die Anforderungen an die Beherrschung von probabilistischen erweiterten Auslegungsbedingungen berücksichtigen.

3. QUELLTERM UND METHODIK ZUR BERECHNUNG DER AUSBREITUNG VON RADIONUKLIDEN IN DER UMWELT

Unter dem Begriff „Quellterm“ versteht sich die Menge, isotopische Zusammensetzung und zeitliche Distribution von in die Umwelt freigesetzten radioaktiven Stoffen. Bei vorläufiger Abschätzung der möglichen Folgen von Strahlenunfällen in der geplanten Anlage handelt es sich um einen modellierten hypothetischen Austritt von Radionukliden aus dem Containment (Sicherheitsbehälter) in die Umwelt.

Jedes analysierte Szenario eines Strahlenunfalls zeichnet sich durch einen spezifischen Quellterm aus, dessen Parameter sich aus dem Maß der Beschädigung eines bestimmten technologischen Systems, dem Inventar der im System befindlichen radioaktiven Stoffe und dem Zustand der einzelnen technischen Barrieren ergeben.

Ein schwerer Unfall zeichnet sich durch Beschädigung des Brennstoffs und der sich daraus ergebenden Ausbreitung der Spaltprodukte in benachbarte Systeme des KKW aus, d. h. in den Raum des Containments und über dessen eventuelle Undichtigkeiten auch in die Umgebung.

Der sich aus Menge, Zusammensetzung und zeitlicher Verteilung der bei gegebenem Strahlenunfall außerhalb des Containments freigesetzten radioaktiven Stoffe ergebende Quellterm bestimmt im bedeutenden Maß die möglichen Strahlenfolgen des Unfalls (zusammen mit den aktuellen meteorologischen Bedingungen, der Jahreszeit, der Bevölkerungszusammensetzung in der Umgebung der Quelle usw.). Der Quellterm ergibt sich nicht nur aus konkreter Projektlösung, sondern auch aus der Bauausführung und dem aktuellen Betriebszustand zum Zeitpunkt des auslösenden Ereignisses.

Der Quellterm geht von der Ausbeute an Spalt- und Aktivierungsprodukten der Kernreaktionen im Brennstoff mit UO₂, das mit U-235 angereichert ist und als Energiequelle in allen geplanten Druckwasserreaktoren genutzt wird, aus. Die Vertretung und die gegenseitigen Verhältnisse der einzelnen maßgeblichen Radionuklide ergeben sich demnach durch objektive physikalische Gesetze und hängen nicht von der konkreten Konstruktion des Reaktors oder dessen Lieferanten ab.

Aus den Ergebnissen der Studien der Strahlenfolgen von Unfällen ergibt sich die Notwendigkeit, die folgenden Hauptgruppen von Spaltprodukten zu betrachten:

- Edelgase (insbesondere Xe-133 mit einer Halbwertszeit von 5,2 Tagen) – stellen eine Quelle der externen Exposition von Personen aus der Wolke der sich ausbreitenden radioaktiven Stoffen zum Zeitpunkt des Durchgangs der kontaminierten Luftmassen durch die betreffende Lokalität dar,
- Jod (insbesondere I-131 mit einer Halbwertszeit von 8,0 Tagen) – gelangt in den Organismus durch Atmung, setzt sich insbesondere in der Schilddrüse ab und sein Anteil ist insbesondere hinsichtlich der kurz- und mittelfristigen Unfallfolgen bedeutend,
- Cäsium (insbesondere Cs-137 mit einer Halbwertszeit von 30 Jahren) – stellt in langfristiger Sicht in der Regel die Hauptquelle der externen und internen Exposition von durch den Unfall infolge der Kontamination der Erdoberfläche und weiterer Bestandteile der Umwelt (Wasser, Flora) und schließlich infolge der Kontamination der einzelnen Posten der Nahrungskette betroffenen Personen dar,

- sonstige Spaltprodukte (insbesondere Te, Sr, Ru, La, Ce, Ba) und Actinide – werden aus dem beschädigten Brennstoff in kleineren Mengen freigesetzt, sodass bei Auslegungsunfällen ihre Austritte in radiologischer Hinsicht vernachlässigbar sind, und auch bei schweren, mit Kernschmelze verbundenen Unfällen ist ihr Anteil an Exposition der Bevölkerung im Vergleich zum Anteil des konservativ postulierten Cäsiums vernachlässigbar.

Für den betrachteten Fall, die Kontamination von Oberflächengewässern durch den Niederschlag der in die Atmosphäre ausgetretenen radioaktiven Stoffe, kann festgestellt werden, dass:

- die Abschätzung der Folgen durch ausgetretene Radionuklide aus der Gruppe der Edelgase nicht relevant ist,
- der Niederschlag an Radiojod von Bedeutung ist, aber angesichts der Halbwertszeit des dominanten I-131 sinkt die Beeinträchtigung des Wasserlaufs relativ schnell,
- die größte Aufmerksamkeit der Verteilung von Cs-137 gewidmet werden muss,
- die Kontamination mit anderen Spaltprodukten auch von Bedeutung ist, aber bei angemessen konservativem Inventar an Cs-137 im Quellterm die Bewertung von Strahlenfolgen auch ohne Einbeziehung dieser Gruppe in das Modell der Wasserlaufbeeinträchtigung aussagekräftig genug sein wird.

In der Dokumentation [1] wurde die Umweltgefahr der Folgen eines schweren Unfalls am Beispiel möglicher Austritte aus dem Containment des Blocks eines die aus den Sicherheitszielen der EUR [3] abgeleiteten Anforderungen des Vorhabenanmelders erfüllenden KKW charakterisiert. Das Verfahren, mit dem für diesen Zweck der Quellterm definiert wurde, ist detailliert im Bericht [2] beschrieben. Das Verfahren kann folgendermaßen kurz zusammengefasst werden:

- Radioisotope können nach physikalisch-chemischen und radiohygienischen Eigenschaften in 9 Gruppen gegliedert werden,
- die Strahlenfolgen des Austritts von Radionukliden aus einer Gruppe können anhand des bedeutendsten – charakteristischen Radionuklids bewertet werden,
- die Ausschreibungsunterlagen verlangen von den Lieferanten, dass auch bei einem schweren Unfall nicht mehr Cs-137 als 30 TBq in die Umwelt gelangt,
- der Austritt der übrigen Radionuklide in die Umwelt im gleichen Verhältnis angesichts des Austritts an Cs-137 betrachtet werden kann, wie diese Radionuklide zu den Unfallbedingungen in der Atmosphäre innerhalb des Containments enthalten sind,
- der Austritt an übrigen Radionukliden in die Umwelt ebenfalls durch die Parameter der aufgrund der Anforderungen an die Einschränkung von Austritten hinsichtlich der Minimierung der dringenden Maßnahmen zum Schutz der Umgebungsbevölkerung definierten Sicherheitsziele der EUR [3] beschränkt ist,
- der Quellterm des Modells wird relevanten Dokumenten zur Prüfung ausreichend konservativer Herangehensweise gegenübergestellt.

Tabelle 2 – Isotopengruppen und Quellterm des Modells für einen schweren Unfall

Nr.	Bezeichnung der Gruppe	Charakteristische s Radionuklid	Austritt in Atmosphäre [TBq]
	Elemente in der Gruppe		
1	Edelgase Xe, Kr	Xe-133	770.000
2	Halogene I, Br	I-131	1000
3	Alkalimetalle Cs, Rb	Cs-137	30
4	Tellurgruppe Te, Sb, Se	Te-131m	20
5	Strontium Sr	Sr-90	5
6	Edelmetalle Ru, Rh, Pd, Mo, Tc, Co	Ru-103	3
7	Lanthanoide La, Zr, Nd, Eu, Nb, Pm, Pr, Sm, Y, Cm, Am	La-140	5
8	Cergruppe Ce, Pu, Np	Ce-141	4
9	Barium Ba	Ba-140	100

4. KONTAMINATION VON OBERFLÄCHENGEWÄSSERN DURCH NIEDERSCHLAG VON RADIONUKLIDEN NACH EINEM SCHWEREN UNFALL

Durch den im vorherigen Kapitel genannten Quellterm und weitere in der UVP angenommene Voraussetzungen sind die für die Abschätzung von Strahlenfolgen eines hypothetischen Austritts bei einem auslegungsüberschreitenden Vorkommnis, d. h. bei einem schweren Unfall, festgelegt.

Mit konservativer Herangehensweise wurde eine solche Variante von meteorologischen Sequenzen gewählt, die hinsichtlich des Maßes an Ablagerung von Radionukliden auf der Fläche des Stausees Orlík am ungünstigsten ist. Diese Variante setzt voraus:

- während der gesamten Dauer eine konstante Windrichtung und damit auch eine konstante Ausbreitung der Fahne, in Richtung Stausee Orlík,
- auf den ersten 35 Kilometern der Strecke die Wetterkategorie D gemäß der Pasquill-Skala² der Wetterstabilität bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s und Niederschlagsmenge gleich Null,
- ab dem 35. Kilometer weiter (der Stausee befindet sich im Bereich von 35 bis 50 Kilometern in Luftlinie vom ETE) relativ dichte Niederschläge von 10 mm/h, wobei die Wetterstabilität erhalten bleibt.

Der Grundriss des Stausees Orlík ist relativ stark gegliedert und die numerischen Methoden der Berechnungsprogramme ermöglichen es nicht, eine Berechnung der Werte der abgelagerten Radionuklidaktivitäten in einem ausreichend detaillierten diskreten Punktnetz durchzuführen. Aus diesem Grund wurde für das Gebiet, in dem sich der Stausee befindet, der kritische Punkt ausgesucht, d. h. der Ort, in dem die Flächenablagerung ihren Extremwert erreicht. Dieser Ort befindet sich angesichts der genannten Voraussetzungen gerade an der Grenze des 35. Kilometers, also an der Grenze des eigentlichen Stausees. Dieser Punkt wurde herangezogen und die darin berechneten Werte auf die gesamte Fläche des Stausees Orlík angewandt, d. h. auf 27,32 km². So gelangt man zur oberen Abschätzung der gesamten abgelagerten Radionuklidaktivitäten.

Bei den meisten Radionukliden führt dieses Szenario zu der Situation, in der ca. 49 Prozent der ursprünglichen Radionuklidmenge im Gebiet des Stausees Orlík enden. Dem ist so vor allem wegen des schnellen Auswaschens der Fahne durch starken Regen in diesem Gebiet.

Flächenablagerungen und Gesamtkontamination der Oberfläche des Stausees Orlík nach einem schweren Unfall zu den vorgenannten konservativen Bedingungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Der Graf in Abb. 1 dokumentiert (zu den postulierten konservativen Bedingungen) die Abhängigkeit der Flächenablagerung von der Entfernung vom ETE. Die Kurven illustrieren auch den Unterschied zwischen der eventuellen Situation der Wetterkategorie F ohne Niederschläge und der gewählten konservativen Kategorie D mit Niederschlägen.

² Die Pasquill-Skala definiert 6 Wetterkategorien A bis F, die nach dem Maß an vertikaler Turbulenz in der oberflächennahen Atmosphärenschicht abgestuft sind. Die Kategorie A entspricht einer hoch unstablen Lage und F einer sehr stabilen. Bei der neutralen Kategorie D und den stabilen Kategorien E und F sind die Bedingungen für eine Ausbreitung schlecht und die Austritte in die Atmosphäre breiten sich in größere Entfernungen aus. Durch Regen kommt es zum Ausspülen von radioaktiven Aerosolen aus der Wolke auf das Gelände.

Die angenommene Situation am Standort ist in Abb. 2 dargestellt und das Schema des wasserwirtschaftlichen Systems Moldau – Elbe mit Darstellung der Hauptprofile befindet sich in Abb. 3.

Tabelle 3 Flächenablagerungen und Gesamtkontamination der Oberfläche des Stausees Orlík durch Niederschlag nach einem schweren Unfall zu den konservativen Bedingungen des Modells

	Flächenablagerung [Bq/m ²]	Abgelagerte Aktivität [Bq]
Sr-90	8,93E+04	2,44E+12
Y-90	1,31E+00	3,58E+07
Ru-103	5,35E+04	1,46E+12
Te-131m	3,21E+05	8,77E+12
I-131 o	8,62E+06	2,35E+14
Cs-137	5,37E+05	1,47E+13
Ba-140	1,77E+06	4,84E+13
La-140	8,28E+04	2,26E+12
Ce-141	7,13E+04	1,95E+12

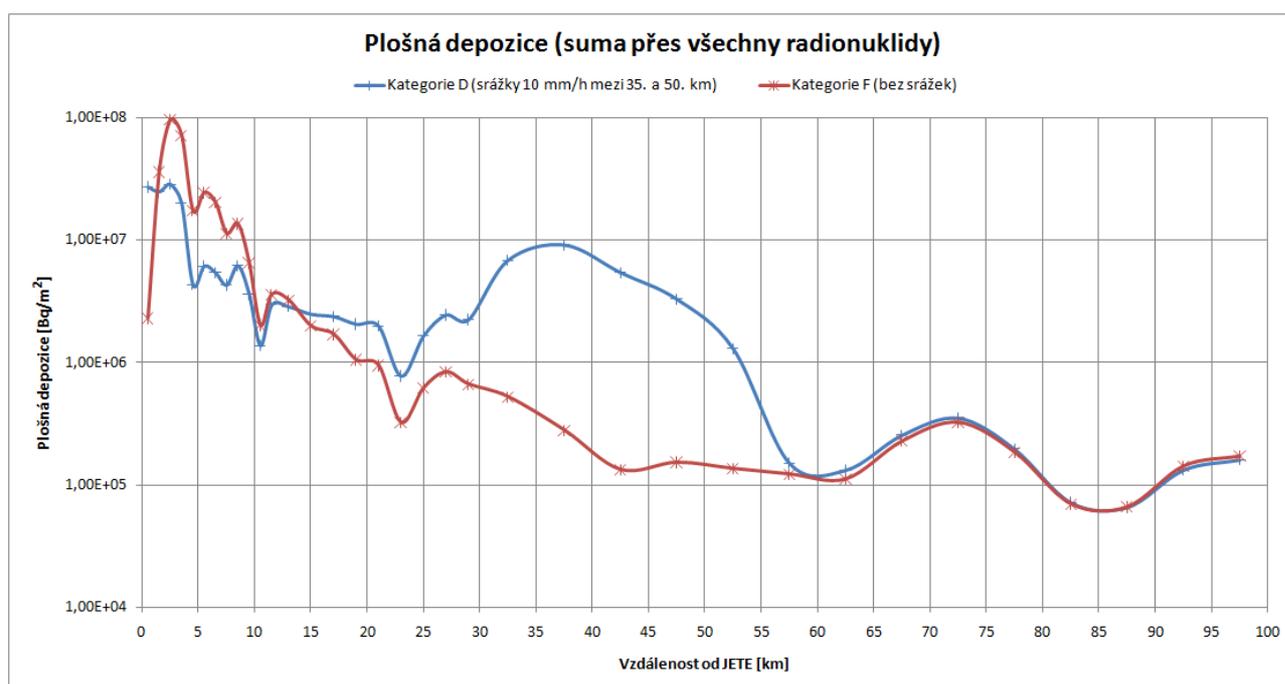


Abb. 1 Graf der Abhängigkeit der Flächenablagerung von der Entfernung für postulierte konservative meteorologische Bedingungen

Flächendeposition (Summe über alle Radionuklide)
 Kategorie D (Niederschläge 10 mm/h zwischen km 35 und 50)
 Kategorie F (keine Niederschläge)

Flächendeposition [Bq/m²]

Entfernung von JETE [km]

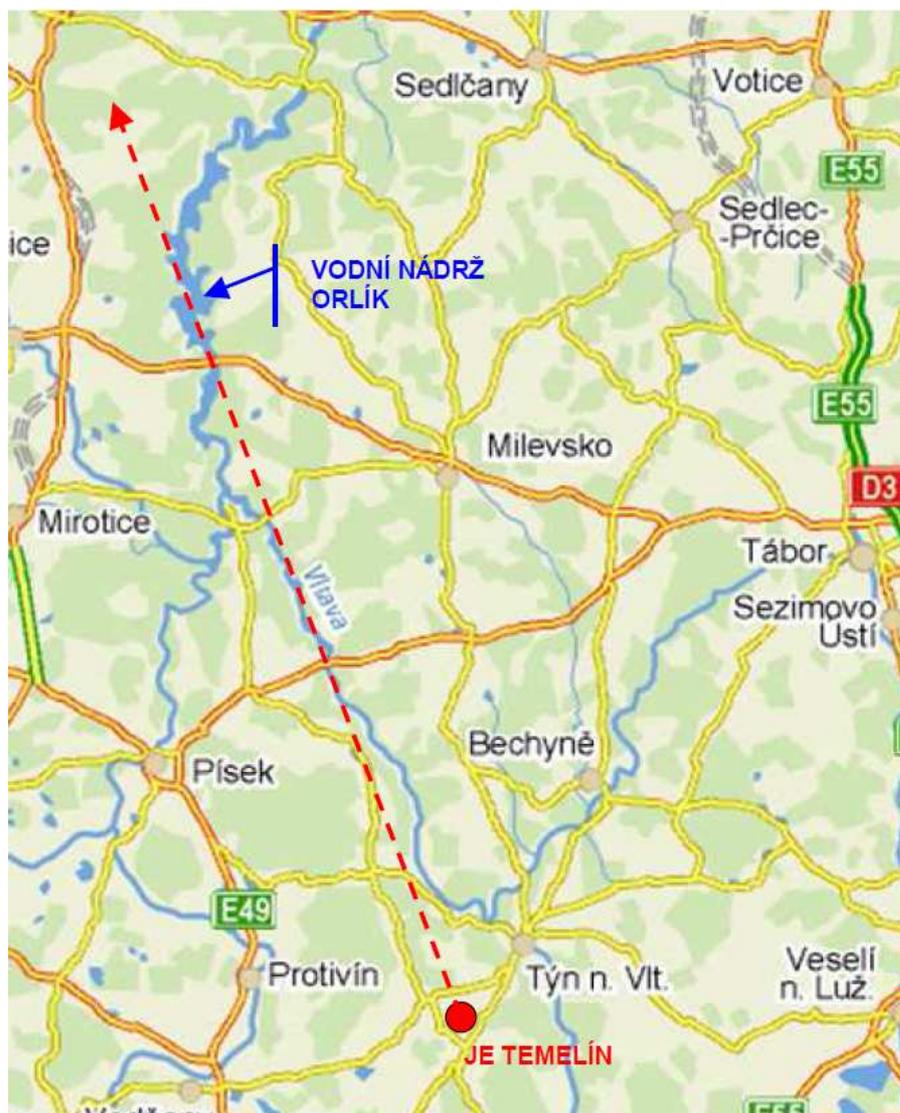


Abb. 2 Skizze der begutachteten Situation



Abb. 3 Schema des wasserwirtschaftlichen Systems Moldau – Elbe mit Darstellung der Hauptprofile

5. PROZESS DER AUSBREITUNG VON KONTAMINANTEN IN DER MOLDAUKASKADE UND EINWIRKUNG IM PROFIL HŘENSKO/SCHÖNA

5.1 Auswertung der einzelnen Radionuklide hinsichtlich eines möglichen Einfangs auf Schwemmstoffen und Sedimenten in Wasserumgebung unter Nutzung der veröffentlichten Werte der Verteilungskoeffizienten

Bei einer Freisetzung von Radionukliden in Wasserumgebung kommt es zu ihrer Umverteilung zwischen Wasser und feste Stoffe (Schwemmstoffe, Sedimente), zwischen Wasser und Biomasse an Wasserpflanzen und -organismen. Den Verteilungen der Radionuklide wird ständige Aufmerksamkeit gewidmet, weil sie bedeutend die Migration der Radionuklide in der Hydrosphäre beeinflussen. Es werden Werte der Verteilungskoeffizienten festgelegt, die das Verhältnis der Konzentration des an der festen Phase sorbierten Radionuklids zur Konzentration des Radionuklids in flüssiger Phase ausdrücken und am häufigsten in L/kg, cm³/g, aber auch m³/kg ausgedrückt werden:

$$K_d = \frac{c_s}{c_v} \quad (1)$$

wobei c_s ist die Aktivitätskonzentration des Radionuklids in fester Phase (Bq/kg)
 c_v Aktivitätskonzentration der flüssigen Phase im Gleichgewicht mit der festen Phase (Bq/L)

Die Werte K_d werden für die einzelnen Radionuklide aufgrund von Gelände- und Laborstudien gewonnen. Angesichts dessen, dass Radionuklide unter Geländebedingungen in Böden und Sedimenten langfristig vorhanden sind (z. B. nach atmosphärischen Kernwaffentests oder nach dem Tschernobyl-Unfall), können die in situ festgelegten K_d -Werte höher als bei kurzfristigen Laborversuchen sein.

Aus den veröffentlichten Daten wurden für die Radionuklide des Quellterms Bereiche der Verteilungskoeffizienten ausgewählt und die früheren, in Sorptionsversuchen mit im Stausee Orlík und in den Nebenflüssen entnommenen Bodensedimenten gewonnenen Ergebnisse sowie eine zusammenfassende Übersicht sind in Tab. 4 aufgeführt.

Tabelle 4 – Verteilungskoeffizienten K_d für Radionuklide des Quellterms und für Böden bzw. Sedimente

Radionuklide, Quellterm	geometrischer Durchmesser [4]	min. [4]	max. [4]	Orlík [5]	Orlík [6]
	K_d (L/kg)				
⁹⁰ Sr	$1,9 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^2$	$4,1 \cdot 10^2$
⁹⁰ Y					
¹⁰³ Ru	$3,2 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^4$	$9,3 \cdot 10^4$		
^{131m} Te					
¹³¹ I	$4,4 \cdot 10^3$	$5,9 \cdot 10^1$	$3,4 \cdot 10^5$		
¹³⁷ Cs	$9,5 \cdot 10^3$	$3,7 \cdot 10^2$	$1,9 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4$
¹⁴⁰ Ba	$2,0 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^2$	$1,6 \cdot 10^4$		
¹⁴⁰ La	$5,3 \cdot 10^{3*})$				
¹⁴¹ Ce	$2,2 \cdot 10^5$	$4,2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^6$		

*) arithmetischer Durchmesser

Wie ersichtlich ist, hängen die K_d -Werte von den regionalen Bedingungen ab. In bestimmten Fällen umfasst die Festlegung der Radionuklide im Wasser auch deren Gehalt an ungelösten Stoffen, das betrifft z. B. die Angaben [6]. Aus den K_d -Werten ist ersichtlich, dass eine hohe Affinität zu ungelösten Stoffen bzw. Bodensedimenten Cer 141, Ruthenium 103, Cäsium 137, Lanthan 140, Jod 131 und Barium 140 aufweisen. Niedrigere K_d -Werte weist Strontium 90 auf.

In der Studie wurde, aufgrund der Bewertung der Ergebnisse aus Verfolgung der Radionuklide am Zu- und Ablauf des Stausees Orlík, der Einfang an Cäsium 137 betrachtet, Einfang an Strontium 90 wurde nicht bewertet. Der Einfang weiterer Radionuklide des Quellterms wurde wegen unzulänglicher Unterlagen nicht betrachtet – konservative Voraussetzung.

5.2 Auswertung der vertikalen Verteilung von Tritium als Tracer im Stausee Orlík unter besonderer Berücksichtigung des Profils vor dem Staudamm für den Zeitraum stabilisierter Ableitungen von Tritium beim Betrieb des KKW Temelín 2006 – 2010

Zur Begutachtung des Vermischens von radioaktiven Abwässern in Länge und vertikal wurden Daten vertikal entnommener Proben zur Bestimmung von Tritium als Tracer bewertet. Es muss darauf hingewiesen werden, dass das KKW Temelín tritiumhaltige Abwässer in der Zeit diskontinuierlich ablässt und die Bilanz des pro Monat abgeleiteten Tritium ist relativ deutlich unterschiedlich.

Tritium in den vertikal entnommenen Proben wurde in folgenden Profilen verfolgt und bewertet:

- Podolský most, Flusskilometer 183,0 – vermischt (v.), Oberfläche (Of.), 5 m, 10 m, Boden
- Zvíkovský most, Flusskilometer 172,5 – vermischt (v.), Oberfläche (Of.), 5 m, 10 m, 20 m, Boden
- Žďákovský most, Flusskilometer 160,0 – vermischt (v.), Oberfläche (Of.), 5 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, Boden
- Stausee Orlík Damm, Flusskilometer 144,8 – vermischt (v.), Oberfläche (Of.), 5 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m, Boden

Die Verfolgung fand überwiegend von April bis Oktober im Zeitraum 2006 – 2010 statt. Sie umfasste Zeiträume von Isothermie und Stratifikation. Die Zusammenfassung der Ergebnisse bzw. deren Bewertung ist in den Tabellen 5 bis 8 enthalten.

Tabelle 5 – Vorkommen maximaler, höchster monatlicher durchschnittlicher und höchster jährlicher Aktivitätskonzentrationen von Tritium in vertikal entnommenen Proben im Profil Podolský most für den Zeitraum 2006 – 2010

Jahr		2006	2007	2008	2009	2010
Aktivitätskonzentration maximal	Monat	IX.	V.	IV.	V.	IX.
	Tiefe	Boden	Of.	v. (Of.)	5 m	Boden
höchste monatliche Durchschnittsaktivität	Monat	IX.	V.	IV.	V.	IX.
höchste jährliche Durchschnittsaktivität	Tiefe	Boden	Boden	10 m	5 m	Boden

Tabelle 6 – Vorkommen maximaler, höchster monatlicher durchschnittlicher und höchster jährlicher Aktivitätskonzentrationen von Tritium in vertikal entnommenen Proben im Profil Zvíkovský most für den Zeitraum 2006 – 2010

Jahr		2006	2007	2008	2009	2010
Aktivitätskonzentration maximal	Monat	V.	VI.	IV.	V.	V.
	Tiefe	10 m	v. (Of.)	10 m	Of.	Boden
höchste monatliche Durchschnittsaktivität	Monat	VI.	VI.	IV.	VII.	VI.
höchste jährliche Durchschnittsaktivität	Tiefe	10 m	Boden	5 m	v. (Of.)	20 m

Tabelle 7 – Vorkommen maximaler, höchster monatlicher durchschnittlicher und höchster jährlicher Aktivitätskonzentrationen von Tritium in vertikal entnommenen Proben im Profil Žďákovský most für den Zeitraum 2006 – 2010

Jahr		2006	2007	2008	2009	2010
Aktivitätskonzentration maximal	Monat	V.	IX.	VI.	IV.	IV.
	Tiefe	Of.	Boden	10 m	5 m	10 m
höchste monatliche Durchschnittsaktivität	Monat	VIII.	IX.	IX.	VII.	IV.
höchste jährliche Durchschnittsaktivität	Tiefe	5 m	Of.	10 m	5 m	40 m

Tabelle 8 – Vorkommen maximaler, höchster monatlicher durchschnittlicher und höchster jährlicher Aktivitätskonzentrationen von Tritium in vertikal entnommenen Proben im Profil Stausee Orlík Damm für den Zeitraum 2006 – 2010

Jahr		2006	2007	2008	2009	2010
Aktivitätskonzentration maximal	Monat	VII.	IX.	V.	VIII.	IV.
	Tiefe	30 m	50 m	Boden	40 m	50 m
höchste monatliche Durchschnittsaktivität	Monat	IX.	IX.	V.	XI.	V.
höchste jährliche Durchschnittsaktivität	Tiefe	30 m	50 m	Boden	40 m	Boden

Aus der in den Tabellen 5 bis 8 aufgeführten Zusammensetzung ergibt sich, dass auf die Tritiumkonzentration im Längen- und Vertikalprofil eine Reihe von Faktoren wirken und eine Wiederholung der vertikalen Verteilung in den einzelnen Monaten nicht hergeleitet werden kann. Ähnlich wiederholt sich in den einzelnen Jahren im Längenprofil nicht die im Eingangsprofil Podolský most beobachtete Verteilung. Wie oben angeführt, können die Gründe in zeitlich stoßweiser Ableitung von radioaktiven (Tritium-)Abwässern auch hinsichtlich der Menge an abgeleiteten Aktivitäten, in unterschiedlichen Wasserdurchläufen im Rezipienten, Temperatur- und Dichteströmungen usw. ersehen werden.

5.3 Festlegung des Rückhalts radioaktiver Stoffe im Abschnitt Stausee Orlík – Prag und Prag – Hřensko

Zur Festlegung der Rückhaltdauer wurden die in den vorherigen Studien des Wasserforschungsinstituts VÚV TGM zusammengefassten Erkenntnisse und neuere Erkenntnisse angewandt. Diese Angaben entsprachen der grundlegenden Beziehung, die für die Schätzung der Rückhaltdauer z. B. Rueda a kol. angibt. [7]:

$$T_z = \frac{V}{Q} \quad (2)$$

wobei T_z ist die Rückhaltdauer (s bzw. d)
 V Volumen des Stausees (m^3)
 Q Wasserdurchfluss (m^3/s)

Die genannte Schätzung kann nicht bei tiefen Wasserspeichern bzw. in einem Zeitraum angewandt werden, wenn sich Stratifikation entwickelt und so die Wasserbewegung in vertikaler Richtung beeinflusst. Diese Einflüsse wurden jedoch bei der Schätzung der Rückhaltdauer im Stausee Orlík und weiteren Wasserspeichern der Moldaukaskade berücksichtigt.

Die Rückhaltdauern für Wasser im Stausee Orlík verfolgte Rudiš [8]. Die Rückhaltdauern bei Stratifikation sind in den einzelnen Teilen der Moldaukaskade bei charakteristischen Durchflüssen in Tab. 9 aufgeführt. Zur Berechnung wurden die Teile der Kaskade herangezogen, die sich aktiv am Transport von Verunreinigungen beteiligen. Neben den üblich angenommenen Durchflüssen für Zeiträume niedriger Durchflüsse im Sommer ($39,2 m^3/s$), dem mittleren jährlichen Durchfluss ($82,75 m^3/s$) und dem repräsentativen Hochwasserdurchfluss ($310 m^3/s$) gibt Rudiš [8] $Q = 112,5 m^3/s$ an, was den für die Dynamik des Stausees Slapy charakteristischen Durchfluss darstellt.

Tabelle 9 Rückhaltdauern in der Moldaukaskade im Abschnitt Kořensko – Prag-Podolí bei Stratifikation

Durchfluss im Profil Stausee Orlík Damm (m^3/s)	Rückhaltdauer (d)						Summe
	Orlík	Kamýk	Slapy	Stěchovice	Vrané	Vrané-Podolí	
39,2	99,7	3,8	27,5	3,1	2,8	0,7	138
82,75	47,2	1,8	13,0	1,5	1,4	0,3	65
112,5	33,4	1,3	9,6	1,1	1,0	0,2	47
310,0	18,8	0,5	3,5	0,4	0,4	0,1	24

Die aus den betreffenden Bereichen der Stauseevolumina festgelegten Rückhaltdauern wurde mittels Berechnung aufgrund der aktuell mit unter der Oberfläche tätigen Geräten im Stausee Orlík gemessenen Geschwindigkeiten kontrolliert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 aufgeführt

Tabelle 10 Gegenüberstellung der aufgrund der Volumina und der mit Tauchgeräten RCM-7 im Stausee Orlík gemessenen Geschwindigkeiten festgelegten Rückhaltdauern

Durchfluss im Profil Stausee Orlík Damm	Rückhaltdauer nach Volumen	gemessene Geschwindigkeit	Rückhaltdauer nach Geschwindigkeit	Differenz
(m^3/s)	(d)	(m/s)	(d)	(%)
39,2	99,7	0,01	80,7	+24
82,75	47,2	0,01	64,5	-37
310,0	18,8	0,05	14,3	+31

Angesichts der Dauer des Stratifikationszeitraums von Ende April bis Ende September sind die Ergebnisse anwendbar, wenn die radioaktive Kontamination so beginnt, dass der Durchgang durch die Stauseen Orlík und Slapy noch während der Stratifikation erfolgt. Nach dem Ende der Stratifikation Anfang Oktober ist zu erwarten, dass sich die Kontamination schnell mit dem gesamten Stauseevolumen vermischt.

Bei der Isothermie stehen zur Berechnung der Rückhaltdauer alle Stauseevolumina außer des Otava-Arms zur Verfügung. Unter dem Stausee Slapy und im Stausee Kamýk sind die Verhältnisse gleich wie bei Stratifikation. Die Rückhaltdauern sind in Tabelle 11 angegeben.

Tabelle 11 Rückhaltdauern in der Moldaukaskade bei Isothermie

Durchfluss im Profil Stausee Orlík Damm (m ³ /s)	Rückhaltdauer (d)				
	Orlík	Kamýk	Slapy	Slapy-Podolí	Summe
39,2	148,0	3,8	75,0	6,2	233
82,75	86,5	1,8	35,7	3,0	127
112,5	63,6	1,3	26,2	2,2	93,3
310,0	23,1	0,5	9,5	0,8	33,9

Die genannten Dauern sind nicht real, insbesondere bei niedrigen Wasserdurchläufen, weil die Rückhaltdauern länger als der gesamte Zeitraum der Isothermie sind, die ab Anfang Oktober bis Mitte Januar angenommen werden kann. Während dieses Zeitraums können höhere Durchflüsse auftreten, sodass die Rückhaltdauern anhand modellierter Durchflusssituationen betrachtet werden müssen.

Zur Reduktion der Rückhaltdauer kommt es beim Auftreten eines Dichtestroms. Dichteströme können den Durchgang der Kontamination durch die Stauseen insbesondere im Zeitraum der Isothermie beeinflussen. Im Zeitraum der Stratifikation ist ihr Auftreten weniger wahrscheinlich. Auf jeden Fall muss der Inhalt an ungelösten Stoffen im erhöhten Zufluss, die als Abschwemmungen in das Wasser gelangen, hoch sein. Dies ist im Zeitraum der Stratifikation bei Abschwemmung unter Hochwasserdurchfluss nach der Ernte von Flächen ohne Vegetation möglich. Im Zeitraum der Isothermie ist das Auftreten solcher Ströme wahrscheinlicher, außerdem wirkt der größere Unterschied zwischen Temperaturen im Zufluss und im Becken. Bei Messungen im Stausee Orlík gelang es, den Einfall von eiskaltem Wasser mit erhöhtem Gehalt an ungelösten Stoffen in den ca. 8 °C warmen Stausee festzuhalten. Die Schätzung des Rückhalts in dieser Situation erfolgte aufgrund der fortschreitenden Destruktion der gleichmäßigen Temperaturverteilung. Es wurde festgelegt, dass sich in der ursprünglichen Laufrinne des Moldauarms die 3,3 °C warme Wassermasse mit einer Geschwindigkeit von $v = 0,12$ m/s ausgebreitet hat. Mit dem Gerät RCM-7 wurde unter Kořensko eine Geschwindigkeit von $v = 0,098$ m/s gemessen, im Otava-Arm $v = 0,04$ m/s bei einem Durchfluss der dem mittleren Jahresdurchfluss entsprach. Aufgrund der genannten Geschwindigkeiten wurde die Rückhaltdauer im Stausee Orlík mit $t = 6,4$ d geschätzt.

Der Dichtestrom passiert danach das Kraftwerk Orlík (was durch Beobachtung des Stauseepersonals belegt wurde), den Stausee Kamýk und den Zuflussarm der Haltung Slapy. Im Eintrittsbereich des eigentlichen Stausees Slapy mussten angesichts der unterschiedlichen mächtige Fluktuationen eintreten, die zur Destruktion des Dichtestroms und Vermischung mit dem gesamten Restvolumen des Beckens führten. Die reduzierte Rückhaltdauer im Abschnitt Kořensko – Podolí würde $t = 43,9$ d, betragen, das ist 3 x weniger als oben angegeben. Der Dichtestrom verkürzt also die Rückhaltdauer bei Isothermie beträchtlich. Sein Auftreten entspricht dem Auftreten von Hochwasserdurchflüssen im Herbstzeitraum. Das spezifische Verhalten des Dichtestroms hat jedoch nach der Ablagerung von radioaktiven Stoffen auf die Oberfläche aus der Atmosphäre einen geringen Einfluss. [8].

Die festgelegten mittleren Rückhaltdauern für Wasser wurden bei der Bewertung der Transportgeschwindigkeit und der Verdünnung der radioaktiven Stoffe nach ihrer Ablagerung auf der Oberfläche des Stausees Orlík angewandt. Angesichts dessen, dass die genannten Rückhaltdauern mit Austritt von radioaktiven Stoffen in das Profil Kořensko gerechnet haben,

wurden für den Fall von homogener Ablagerung auf der Oberfläche des Stausees Orlík und der Zuflussarme von Lužnice und Otava die in Tab. 9 – Stratifikation und in Tab. 11 – Isothermie für den Stausee Orlík auf dem Niveau von $\frac{1}{2}$ Werten, d. h. 23,6 d und 43,2 d angenommen. Für den Abschnitt Stausee Orlík Prag-Podolí waren es also 41,4 d bzw. 83,8 d.

Für den Abschnitt Moldau Prag-Podolí bis Elbe Hřensko wurde eine Rückhaltdauer von 2,5 Tagen angenommen, die sich aus der Verfolgung der Aktivitätskonzentrationen beim Betrieb des KKW Temelín in diesen Profilen ergibt.

5.4 Auswertung der Halbwertszeiten für Radionuklide des Quellterms bzw. deren Einflusses auf die Reduktion der abgeleiteten Aktivitätskonzentrationen im Profil Elbe Hřensko/Schöna

Weitere begutachtete Faktoren waren der Einfluss des radioaktiven Zerfalls der Radionuklide des Quellterms angesichts der Rückhaltdauer des kontaminierten Wassers im Stausee Orlík sowie auf der Strecke Orlík – Praha/Podolí bzw. Hřensko/Schöna sowie der Einfluss der Verdünnung. Zur Illustration dieser Faktoren wurde die Einheitsaktivität gewählt und ihr Rückgang durch Zerfall bei Rückhaltedauern, die dem mittleren jährlichen Wasserdurchfluss im Abschnitt Stausee Orlík – Elbe Hřensko entsprechen, bewertet. Bei Yttrium 90 wurde dahingegen in den Profilen Moldau Prag-Podolí und Elbe Hřensko dessen Aktivitätszunahme aus dem Mutternuklid Strontium 90 angenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Aus den Berechnungswerten ergibt sich, dass durch den radioaktiven Zerfall bereits in Prag-Podolí unter das Niveau der restlichen Aktivitätskonzentration von $1 \cdot 10^{-3}$ bereits Tellur 131m, Lanthan 140 und Jod 131 bei Isothermie eliminiert sind. Eine deutliche Senkung der Aktivitätskonzentrationen trat auch bei Barium 140 ein. Im Grenzprofil Labe - Hřensko setzte sich der Rückgang der Aktivitätskonzentrationen hauptsächlich wegen der Verdünnung fort.

Angesichts der Halbwertszeiten und des Strahlenrisikos der einzelnen Radionuklide des Quellterms wurde die Bewertung des Einfangs von Strontium 90 und Cäsium 137 im Stausee Orlík zu ihren Aktivitätskonzentrationen im Profil Moldau Solenice betrachtet.

Tabelle 12 Rückgang der Einheitsaktivität der Radionuklide des Quellterms durch radioaktiven Zerfall und Verdünnung bei durchschnittlichem Wasserdurchfluss am Beispiel der Profile Moldau Prag-Podolí und Elbe Hřensko

Radionuklid, Quellterm	Halbwertszeit	Moldau Prag-Podolí		Elbe Hřensko	
		Isothermie	Stratifikation	Isothermie	Stratifikation
Bq/L					
⁹⁰ Sr	28,9 y	0,58	0,581	0,263	0,264
⁹⁰ Y	64,053 h	0,58	0,581	0,263	0,264
¹⁰³ Ru	39,26 d	0,133	0,28	0,055	0,116
^{131m} Te	25 min	0,00	0,00	0,00	0,00
¹³¹ I	8,0252 d	0,00	0,016	0,00	0,005
¹³⁷ Cs	30,08 y	0,58	0,581	0,263	0,264
¹⁴⁰ Ba	12,7527 d	0,003	0,028	0,002	0,021
¹⁴⁰ La	1,67855 d	0,00	0,00	0,00	0,00
¹⁴¹ Ce	32,508 d	0,098	0,24	0,040	0,098

5.5 Auswertung des Rückgangs des Gehalts an Strontium 90 und Cäsium 137 durch Einfang an Schwemmstoffen und Sedimenten unter Anwendung der Erfahrungen aus dem Tschernobyl-Unfall [6] [9]

Unter Nutzung der Ergebnisse der Verfolgung von Aktivitätskonzentrationen von Strontium 90 und Cäsium 137 in den Zuflüssen des Stausees Orlík in den Profilen Moldau Hněvkovice, Lužnice Koloděje und Otava Topělec und am Abfluss aus dem Stausee Orlík im Profil Moldau Solenice wurden die durchschnittlichen jährlichen Aktivitäten ausgewertet.

Die Jahresbilanz der Aktivität der aufgeführten Radionuklide B_j wurde unter Anwendung der jährlichen durchschnittlichen Wasserdurchläufe und der jährlichen durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen in den genannten Profilen für den Zeitraum 1996 – 2008 (Strontium 90) bzw. 1990 – 2008 (Cäsium 137) nach folgender Beziehung berechnet:

$$B_j = c_i \cdot Q_j \cdot t \quad (2)$$

wobei c_j ist die jährliche durchschnittliche Aktivitätskonzentration des Radionuklids im Profil im Jahr j (Bq/m^3)
 Q_j ist der jährliche durchschnittliche Durchfluss im Profil im Jahr j (m^3/s)
 t Dauer von 1 Jahr (s/y)

Aus den Ergebnissen der Jahresbilanzen der Aktivitäten an Zuflüssen, am Zwischeneinzugsgebiet und Abfluss aus dem Stausee Orlík wurde der jährliche Einfang (Freisetzung) der Radionuklidaktivität nach folgender Beziehung berechnet:

$$Z_j = \sum_{p=1}^p B_{p,j} + B_{m,j} - B_{o,j} \quad (3)$$

wobei $B_{p,j}$ ist die Jahresbilanz der Radionuklidaktivität in den Zuflüssen des Stausees Orlík (Moldau Hněvkovice, Lužnice Koloděje, Otava Topělec) im Jahr j (Bq/y)
 $B_{m,j}$ ist die Jahresbilanz der Radionuklidaktivität im Zufluss des Stausees Orlík aus dem Zwischeneinzugsgebiet im Jahr j (Bq/y)
 $B_{o,j}$ ist die Jahresbilanz der Radionuklidaktivität am Abfluss aus dem Stausee Orlík (Moldau Solenice) im Jahr j (Bq/y)

Die Jahresbilanz der Aktivität der aus dem Zwischeneinzugsgebiet zufließenden Radionuklide wurde nach der folgenden Beziehung berechnet:

$$B_{m,j} = c_{m,i} \cdot Q_{m,j} \cdot t \quad (4)$$

wobei $c_{m,i}$ ist der gewogene Durchschnitt der jährlichen Aktivitätskonzentrationen der Moldau-Zuflüsse Hněvkovice, Lužnice Koloděje, Otava Topělec im Jahr j (Bq/m^3)
 $Q_{m,j}$ ist der jährliche durchschnittliche Durchfluss aus dem Zwischeneinzugsgebiet (m^3/s)

Des Weiteren wurde unter Anwendung der Jahresbilanzen an Zuflüssen, am Zwischeneinzugsgebiet und Abfluss aus dem Stausee Orlík der in Prozent ausgedrückte jährliche Einfang der Radionuklidaktivität nach folgender Beziehung berechnet:

$$Z_j = \frac{\sum_{p=1}^p B_{p,j} + B_{m,j} - B_{o,j}}{\sum_{p=1}^p B_{p,j} + B_{m,j}} \cdot 100 \quad (5)$$

Für den Bedarf der Berechnung von Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide des Quellterms unter dem Stausee Orlík wurde der Einfang von Strontium 90 und Cäsium 137 nach dem Unfall des Kernreaktors in Tschernobyl im Zeitraum 1996 – 2008 (Strontium 90) bzw. 1990 – 2008 (Cäsium 137) bewertet. Zur Bewertung des Einflusses des Stausees Orlík auf den Abfluss der Aktivität von Strontium 90 und Cäsium 137 aus dem beobachteten Gebiet wurde die Bilanz in den Zuflüssen des Stausees Orlík, d. h. B90Sr und B137Cs in den Profilen Moldau Hněvkovice, Lužnice Koloděje und Otava Topělec und am Abfluss des Stausees Orlík im Profil Moldau Solenice verglichen.

Die Entwicklung der Bilanz von Strontium 90 an Zuflüssen und am Zufluss summarisch und am Abfluss aus dem Stausee Orlík während des gesamten verfolgten Zeitraums 1996 – 2008 ist in Abb. 4 dargestellt. Die höchsten Jahresbilanzen wurden für den Abfluss aus dem Stausee Orlík im Profil Moldau Solenice mit einem Durchschnittswert von 17,1 GBq/y (Bereich 4,69 – 39,3 GBq/y) ausgewertet. Die festgestellten Bilanzen am Zufluss in der Moldau und in der Lužnice waren ungefähr gleich, in der Moldau durchschnittlich 5,14 GBq/y (Bereich 2,12 – 10,7 GBq/y), in der Lužnice durchschnittlich 4,97 GBq/y (Bereich 1,43 – 11,3 GBq/y) und in der Otava durchschnittlich 3,28 GBq/y (Bereich 1,62 – 8,28 GBq/y). Ebenso wie bei den jährlichen durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen von Strontium 90 wurde auch eine Abnahme der jährlichen Bilanz von Strontium 90 beobachtet.

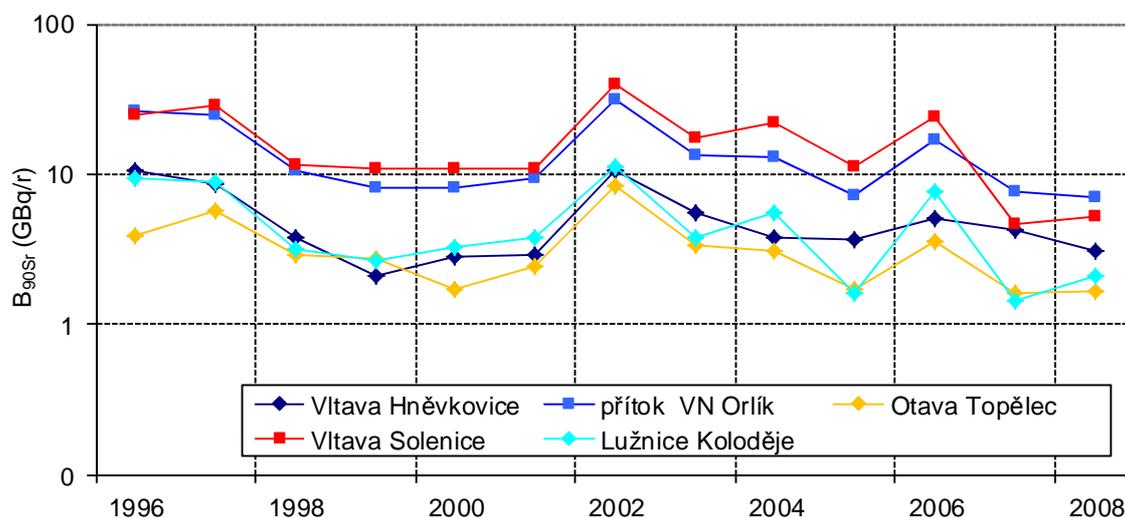


Abb. 4 Entwicklung der Jahresbilanz der Aktivität von Strontium 90 in den einzelnen Profilen, an Zuflüssen und am Abfluss aus dem Stausee Orlík während des Zeitraums 1996 - 2008

Aufgrund der ausgewerteten Bilanzen wurden in Abb. 5 der Zufluss und der Abfluss von Strontium 90 aus dem Stausee Orlík gegenübergestellt. Bewertet wurde das Verhältnis der Aktivität von Strontium 90 am Zufluss und am Abfluss aus dem Stausee Orlík in den einzelnen Jahren. Das festgestellte Verhältnis im Zeitraum 1996 – 2008 bewegte sich im Bereich 0,58 – 3,91, Durchschnitt 0,89. Im Durchschnitt tritt also eher eine Freisetzung der Aktivität von Strontium 90 aus dem Stausee Orlík ein. In Prozent bewegte sich der beobachtete Einfang im Bereich -72 bis +37,8 %, Durchschnitt -20,3 %. In Aktivitätseinheiten handelt es sich um -9,28 bis +2,85 GBq/y, durchschnittlich -2,97 GBq/y. Der Einfang von Strontium 90 wurde somit für die Bewertung der Unfallfolgen in der NKKa ETE betrachtet.

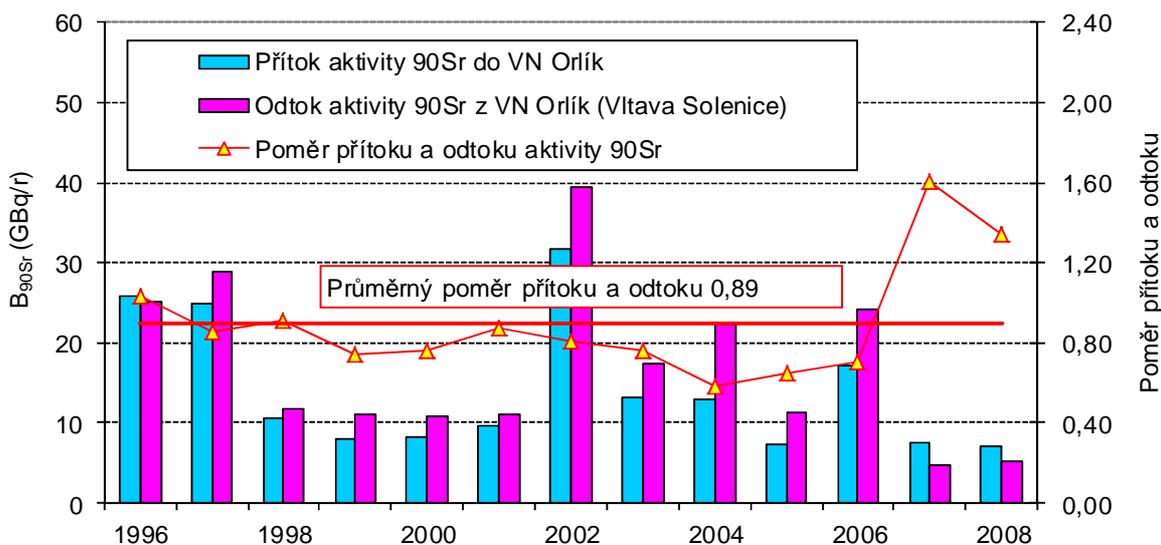


Abb. 5 Entwicklung der Jahresbilanz der Aktivität von Strontium 90 an Zuflüssen und am Abfluss aus dem Stausee Orlík und deren Verhältnis während des Zeitraums 1996 – 2008

Zufluss der 90Sr-Aktivität in den Stausee Orlík

Abfluss der 90Sr-Aktivität aus dem Stausee Orlík (Moldau Solenice)

Verhältnis des Zu- und Abflusses der 90Sr-Aktivität

Durchschnittliches Verhältnis des Zu- und Abflusses 0,89

Verhältnis des Zu- und Abflusses

Die Entwicklung der Jahreswerte der Bilanz von Cäsium 137 an Zuflüssen und am Abfluss aus dem Stausee Orlík während des gesamten verfolgten Zeitraums 1990 – 2008 ist in Abb. 6 dargestellt. Die höchsten Jahresbilanzen wurden für den Fluss Otava mit einem Durchschnittswert von 5,10 GBq/y (Bereich 0,63 – 38,5 GBq/y) ausgewertet. Die in der Moldau und in der Lužnice festgestellten Bilanzen waren ungefähr gleich. In der Moldau waren es durchschnittlich 2,47 GBq/y (Bereich 0,59 – 8,49 GBq/y), in der Lužnice durchschnittlich 2,41 GBq/y (Bereich 0,54 – 6,07 GBq/y). Die Bilanz im Profil Moldau, d. h. am Abfluss aus dem Stausee Orlík betrug im Durchschnitt 4,0 GBq/y (Bereich 0,94 – 12,4 GBq/y). Ebenso wie bei den jährlichen durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen von Cäsium 137 wurde auch eine Abnahme der jährlichen Bilanzwerte in den einzelnen Profilen beobachtet.

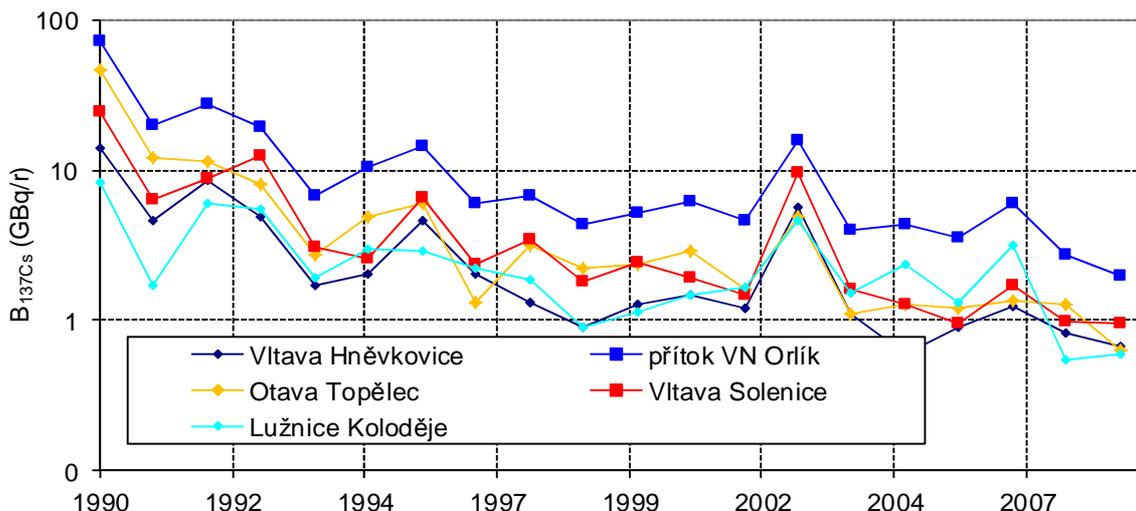


Abb. 6 Entwicklung der Jahresbilanz der Aktivität von Cäsium 137 in den einzelnen Profilen, am Zufluss und am Abfluss aus dem Stausee Orlík während des Zeitraums 1990 – 2008

Vltava → Moldau
 přítok VN Orlík → Zufluss Stausee Orlík

Aufgrund der ausgewerteten Bilanzen wurden in Abb. 7 der Zufluss und der Abfluss von Cäsium 137 aus dem Stausee Orlík gegenübergestellt. Bewertet wurde das Verhältnis des Zuflusses und Abflusses an Aktivität von Cäsium 137 aus dem Stausee Orlík in den einzelnen Jahren. Das festgestellte Verhältnis im Zeitraum 1990 – 2008 bewegte sich im Bereich 1,56 – 4,11 bei einem Durchschnittswert von 2,76.

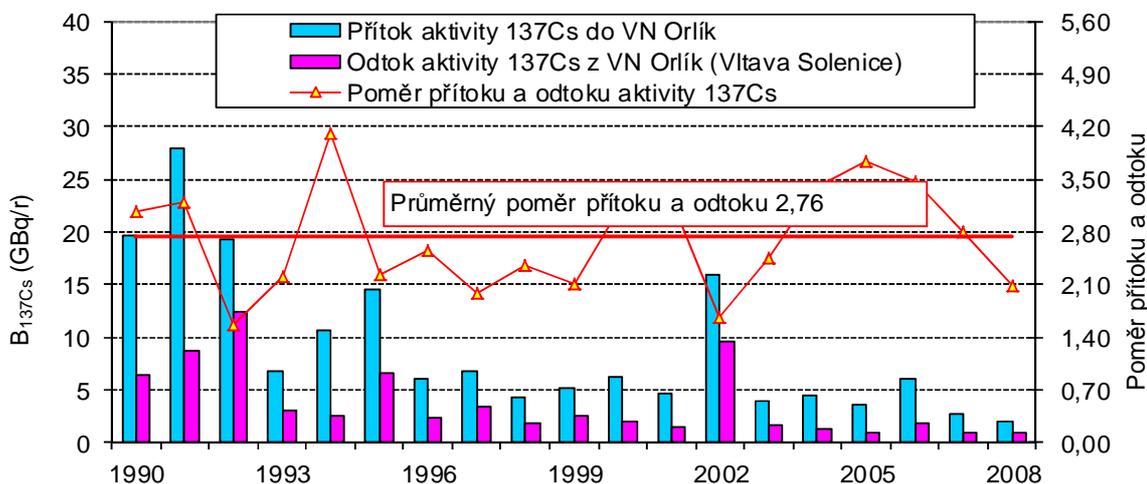


Abb. 7 Entwicklung der Jahresbilanz der Aktivität von Cäsium 137 an Zuflüssen und am Abfluss aus dem Stausee Orlík und deren Verhältnis während des Zeitraums 1990 – 2008

Zufluss der 137Cs-Aktivität in den Stausee Orlík
 Abfluss der 137Cs-Aktivität aus dem Stausee Orlík (Moldau Solenice)
 Verhältnis des Zu- und Abflusses der 137Cs-Aktivität

Durchschnittliches Verhältnis des Zu- und Abflusses 2,76

Verhältnis des Zu- und Abflusses

Es ist demnach offensichtlich, dass der Einfang der Aktivität von Cäsium 137 eintritt. Die ausgewerteten Einfänge im Stausee Orlík bewegten sich im Bereich 36,0 – 75,7 % bei einem Durchschnittswert von 60,7 %. In Aktivitätseinheiten handelt es sich um 1,0 – 38,4 GBq/y beim Durchschnittswert 6,6 GBq/y. So wie bei der jährlichen durchschnittlichen Aktivitätskonzentration und der Bilanz von Cäsium 137 wurde ein Abnahmetrend beim Einfang von Cäsium 137 im Stausee Orlík beobachtet. Aus dem Rückgang des Einfangs im Zeitraum 1990 – 2008 wurde eine effektive Halbwertszeit von 7,1 y und eine ökologische Halbwertszeit von 9,3 y ausgewertet. Die Entwicklung des Einfangs im Stausee Orlík ist in Abb. 8 dargestellt.

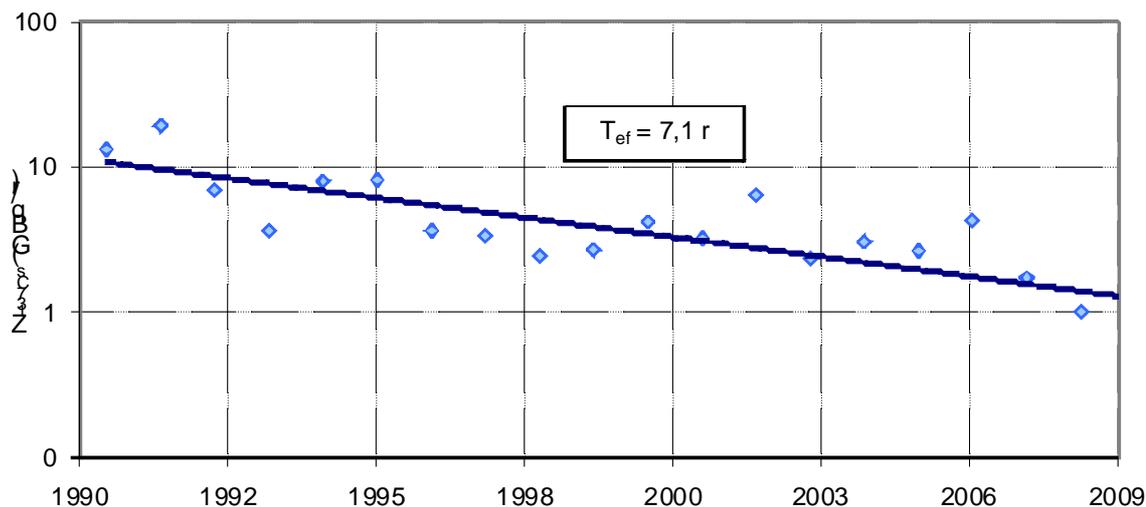


Abb. 8 Entwicklung des Einfangs der Aktivität von Cäsium 137 im Stausee Orlík während des Zeitraums 1990 – 2008

Zusammenfassend kann aufgrund der Bewertung der Summe der Aktivitätsbilanzen von Strontium 90 an Zuflüssen, Zwischeneinzugsgebiet und am Abfluss aus dem Stausee Orlík festgestellt werden, dass kein bedeutender Einfang von Strontium 90 festgestellt wurde, und aus diesem Grund wurde für die Abschätzung der Folgen eines schweren Unfalls auf den Gehalt an Strontium 90 im Wasser unter dem Stausee Orlík kein Einfang angenommen. Bei Cäsium 137 wurde ein bedeutender Einfang mit Jahresdurchschnittswert von 60,7 % beobachtet. Aus diesem Grund wurde für die Modellberechnung der Folgen eines schweren Unfalls im Kennzeichen Cäsium 137 bzw. dessen weiterer Radioisotope mit einer durchschnittlichen Senkung der Aktivitätsbilanz von Cäsium 137 im Stausee Orlík bzw. einer Senkung der durchschnittlichen Aktivitätskonzentration infolge des Einfangs auf 40 % gerechnet.

5.6 Auswertung der Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide des Quellterms in den ersten Phasen nach dem Niederschlag des Austritts nach einem schweren Unfall

Es wurde die Übertragung radioaktiver Stoffe beim Austritt in die Atmosphäre unter Beteiligung von Niederschlägen auf die Oberfläche des Stausees Orlík, einschließlich des Lužnice- und des Otava-Arms mit einer Fläche von 27,32 km² betrachtet. Die Aktivitätsbilanzen der freigesetzten Radionuklide und die entsprechenden durchschnittlichen Flächenaktivitäten auf der Oberfläche des Stausees Orlík sind in Kap. 4, Tabelle 3 aufgeführt.

Es wurde zwei Fälle des Verhaltens des Stausees Orlík betrachtet – Isothermie und Stratifikation. Bei der Isothermie (Herbst, Frühjahr) kommt es zur Durchmischung der abgelagerten

Aktivität der Radionuklide im gesamten Volumen des Stausees Orlík von $716,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Bei Wärmestratifikation (Sommer, Winter) vermischt sich gemäß Rudiš [8] die Aktivität nur im erweiterten Epilimnion, dessen Volumen wir mit $\frac{1}{2}$ Volumen des Stausees ansetzen, d. h. mit $358,106 \text{ m}^3$. Für den Übergang des Wassers aus dem Epilimnion in Hypolimnion gibt Rudiš [10] einen Diffusionskoeffizienten in vertikaler Richtung von $E = 8 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ an. Es zeigt sich, dass der Einfluss der Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide bei der Stratifikation sehr gering ist, und wurde deshalb vernachlässigt.

Die durchschnittliche Aktivitätskonzentration der bewerteten Radionuklide des Quellterms unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen Durchmischung der abgelagerten Aktivität im Stausee Orlík wurde aufgrund folgender Beziehung berechnet:

$$c_i = \frac{A_i}{V_{VN}} \quad (6)$$

wobei c_i ist die durchschnittliche Aktivitätskonzentration der Radionuklide des Quellterms im Stausee Orlík bei Isothermie (Bq/L)

A_i ist die Aktivität der auf der Oberfläche des Stausees Orlík abgelagerten Radionuklide (Bq)

V_{VN} Volumen des Stausees Orlík (m^3 bzw. L)

Es wurde die vereinfachte Voraussetzung angenommen, dass die Aktivität der freigesetzten Radionuklide auf die Oberfläche des Stausees Orlík niedergeht, und ab dem Zeitpunkt der Ablagerung wird mit ihrem Rückgang durch radioaktiven Zerfall gerechnet. Die berechneten durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide des Quellterms sind in Tabelle 13 aufgeführt.

Tabelle 13 Durchschnittliche Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide des Quellterms nach Durchmischung der abgelagerten Aktivität im Stausee Orlík unter den Bedingungen der Isothermie und der Stratifikation

Radionuklid, Quellterm	Aktivitätskonzentration im Stausee Orlík (Bq/L)	
	Isothermie	Stratifikation
^{90}Sr	3,41E+00	6,82E+00
^{90}Y	5,00E-05	1,00E-04
^{103}Ru	2,04E+00	4,08E+00
$^{131\text{m}}\text{Te}$	1,22E+01	2,45E+01
^{131}I	3,28E+01	6,56E+01
^{137}Cs	2,05E+01	4,11E+01
^{140}Ba	6,76E+01	1,35E+02
^{140}La	3,15E+00	6,31E+00
^{141}Ce	2,72E+00	5,44E+00

Die Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide des Quellterms bewegen sich nach Durchmischung im Zehnerbereich von Bq/L bei den Radionukliden Barium 140, Jod 131, Cäsium 137 und Tellur 131m. Im Einerbereich von Bq/L bei Strontium 90, Lanthan 140, Cer 141 und Ruthenium 103.

5.7 Festlegung der Aktivitätskonzentrationen der bewerteten Radionuklide des Quellterms bei durchschnittlichen Wasserdurchflüssen in den Profilen Moldau Prag und Elbe Hřensko/Schöna und nach Korrektur aufgrund des Einfangs von Radionukliden im Stausee Orlík sowie des radioaktiven Zerfalls

Die Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide in den Profilen Moldau Prag-Podolí und Elbe Hřensko wurde unter Anwendung der Rückhaltedauern gemäß Rudiš [8] für einen durchschnittlichen Wasserdurchfluss im Profil Stausee Orlík Damm von 82,75 m³/s berechnet (angesichts des Unfallcharakters d. h. Niederschlag auf die gesamte Fläche des Stausees Orlík, einschließlich seiner Arme, wurde die Durchflussdauer durch den Stausee Orlík auf ½ reduziert, d. h. bei Stratifikation entspricht das 23,6 d und bei Isothermie 43,2 d, die Dauer des Durchflusses zwischen den Profilen Prag-Podolí und Elbe Hřensko wurde auf 2,5 Tage geschätzt), des Weiteren unter Berücksichtigung des Einfangs (bei Cäsium 137), des Einflusses der Verdünnung durch Zuflüsse der Moldau und der Elbe sowie des radioaktiven Zerfalls nach folgender Beziehung:

$$c_i = \left(\frac{A_i}{V_{VN}}\right) \cdot (1 - Z_i) \cdot \left(\frac{Q_i}{Q_j}\right) \cdot e^{-\lambda_i \cdot t} \quad (7)$$

- wobei c_i ist die durchschnittliche Aktivitätskonzentration des Radionuklids des Quellterms im Profil
 A_i ist die Aktivität der auf der Oberfläche des Stausees Orlík abgelagerten Radionuklide (Bq)
 V_{VN} Volumen des Stausees Orlík (m³ bzw. L)
 Z_i Einfang des Radionuklids im Stausee Orlík
 Q_i durchschnittlicher Durchfluss im Profil Stausee Orlík Damm (L/s)
 Q_j durchschnittlicher Durchfluss im Profil Moldau Prag-Podolí bzw. Elbe Hřensko (L/s)
 Λ_i Halbwertszeit des Radionuklids des Quellterms (d)
 t Rückhaltedauer des Wassers im Längenprofil zwischen den Profilen Moldau Stausee Orlík und Moldau Prag-Podolí bzw. Elbe Hřensko (d)

Die zusammenfassenden Ergebnisse der Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide des Quellterms nach Verdünnung im Stausee Orlík und anschließend in den Profilen Moldau Prag-Podolí und Elbe Hřensko nach Korrektur aufgrund des radioaktiven Zerfalls sind in Tabelle 14 aufgeführt.

Tabelle 14 Entwicklung der Aktivitätskonzentration der Radionuklide des Quellterms durch radioaktiven Zerfall und Verdünnung bei durchschnittlichem Wasserdurchfluss am Beispiel der Profile Moldau Prag-Podolí und Elbe Hřensko

Radionuklid, Quellterm	Halbwertszeit	Moldau Prag-Podolí		Elbe Hřensko	
		Isothermie	Stratifikation	Isothermie	Stratifikation
Bq/L					
⁹⁰ Sr	28,9 y	1,97	3,96	0,90	1,80
⁹⁰ Y	64,053 h	1,97	3,96	0,90	1,80
¹⁰³ Ru	39,26 d	0,27	1,14	0,12	0,49
^{131m} Te	25 min	0,00	0,00	0,00	0,00
¹³¹ I	8,0252 d	0,01	1,05	0,01	0,38
¹³⁷ Cs	30,08 y	4,76	9,55	2,16	4,33
¹⁴⁰ Ba	12,7527 d	0,19	3,73	0,16	3,25
¹⁴⁰ La	1,67855 d	0,00	0,00	0,00	0,00
¹⁴¹ Ce	32,508 d	0,27	1,31	0,11	0,56

Bei Radionukliden mit relativ hohen Verteilungskoeffizienten für Wasser und Stoffe in Wasserumgebung wie Cer 141, Ruthenium 103, Lanthan 140, Jod 131 und Barium 140 kann man erwarten, dass ihre tatsächlichen Aktivitätskonzentrationen noch niedriger als die berechneten sein werden.

6. SCHLUSS

Die in den Projekten neuer Kernkraftwerke geltend gemachten Anforderungen unterscheiden sich deutlich von den früheren Projekten durch die erweiterte Nutzung des Mehrbarrierenkonzepts sowohl durch Vorbeugung von schweren Unfällen als auch durch Beherrschung ihrer Folgen. Die Entstehung eines schweren Unfalls kann nur durch eine Kombination mehrfacher Versagung der sicherheitsrelevanten technologischen Systeme und des menschlichen Fehlers auf unterschiedlichen unabhängigen Ebenen der mehrschichtigen Sicherheit eintreten, z. B. beim Verlust des Primärkühlmittels und anschließenden langfristigen Verlust der äußeren und dann auch inneren Quellen der Stromversorgung. Auch für solche extrem unwahrscheinlichen Unfälle sind die Blöcke der neuen Generation mit speziellen Systemen zur Meisterung einer solchen Situation ausgerüstet. Die neuen KKW sind so entworfen, dass die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens eines schweren Unfalls niedriger als 10^{-5} /Reaktor.Jahr sein muss. Diese Forderung ist für alle für den Bau in Temelín in Frage kommenden Reaktortypen mit großer Reserve erfüllt.

In die Umwelt wird auch bei einem schweren Unfall mit erhaltener Integrität des Sicherheitsbehälters nur ein Bruchteil der Aktivität der Spaltprodukte aus dem Brennstoff freigesetzt. Bezpečnostní požadavky na nové jaderné zdroje vyžadují i takové omezení úniků při těžké havárii, aby únik radioaktivních látek nezpůsobil zdravotně významné ozáření okolního obyvatelstva a nevyvolal ani nutnost zavedení dlouhodobých velkoplošných omezení zemědělské výroby nebo využívání vodních ploch.

Die maximal möglichen Strahlenfolgen der angenommenen hypothetischen Situation illustriert die folgende Tabelle 15, aus der sich ergibt, dass auch in einer sehr ungünstigen Situation keine solche Kontamination des Wasserlaufs eintritt, die in den verfolgten Profilen dessen wasserwirtschaftliche Nutzung unmöglich machen würde. Dabei handelt es sich um das Maximum der Aktivitätskonzentration, wobei das Vorkommen nur einige Tage und nicht das ganze Jahr dauern kann (sodass die Einlagerung aufgrund eines Verbrauchs von 700 l nicht real ist).

Tabelle 15 Hypothetische Strahlenfolgen einer Kontamination des Wasserlaufs Moldau – Elbe nach einem schweren Unfall der neuen Kernkraftanlage im KKW Temelín

Radionuklid	Umsetzungsfaktor* h_{ing} [Sv/Bq]	Maxima der Aktivitätskonzentration a_v [Bq/l]		$h_{ing} \cdot a_v$ [Sv/l]	
		Moldau Podolí	Elbe Hřensko	Moldau Podolí	Elbe Hřensko
⁹⁰ Sr	2,80E-08	3,96	1,80	1,11E-07	5,04E-08
⁹⁰ Y	2,70E-09	3,96	1,80	1,07E-08	4,86E-09
¹⁰³ Ru	7,30E-10	1,14	0,49	8,32E-10	3,58E-10
^{131m} Te	1,90E-09	0,00	0,00	0,00E+00	0,00E+00
¹³¹ I	2,20E-10	1,05	0,38	2,31E-10	8,36E-11
¹³⁷ Cs	1,30E-08	9,55	4,33	1,24E-07	5,63E-08
¹⁴⁰ Ba	2,60E-09	3,73	3,25	9,70E-09	8,45E-09
¹⁴¹ Ce	7,10E-10	1,31	0,56	9,30E-10	3,98E-10
Maximale Einlagerung der Äquivalentdosis nach Einnahme von 1 Liter Wasser				2,57E-07 Sv (ca. 0,3 µSv)	1,21E-07 Sv (ca. 0,1 µSv)
Maximale Einlagerung nach Einnahme von 700 Litern Wasser				1,80E-04 Sv (ca. 0,2 mSv)	8,46E-05 Sv (ca. 0,08 mSv)
Theoretischer, zur Einlagerung von 0,1 mSv führender Verbrauch **				ca. 400 l	ca. 800 l

* *Umsetzungsfaktor für Empfang durch Einnahme bei der Alterskategorie der Bevölkerung über 17 Jahre gemäß Anlage 5 der Verordnung des SÚJB Nr. 307/2002 GBl., über Strahlenschutz, in gültiger Fassung*

** *Gesamte Indikationsdosis gemäß Richtlinie des Rats 98/83/EG*

Die vorläufige Begutachtung der in Frage kommenden Kontamination des Wasserlaufs Moldau und Elbe infolge eines schweren Unfalls in einem der neuen Kernkraftblöcke des ETE ging von den folgenden Voraussetzungen aus:

- 1) Die neuen Kernkraftblöcke werden mit Reaktoren PWR der III. bzw. III+ Generation ausgerüstet sein.
- 2) Die Lieferung erfolgt gemäß den Anforderungen der Ausschreibungsunterlagen einschließlich Erfüllung aller Sicherheitsziele der EUR, die die zulässigen Freisetzungen von radioaktiven Stoffen in die Umwelt unter Unfallbedingungen beschränken.
- 3) Zum schweren Unfall kommt es unter solchen meteorologischen Bedingungen, dass der radioaktive Niederschlag eine möglichst große Fläche am Wasserlauf der Moldau trifft.

Die durchgeführte Begutachtung führt zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Werte der Aktivitätskonzentrationen der infolge des gegebenen Szenarios eines schweren Unfalls in der NKKK des ETE in die Luft freigesetzten und anschließend maßgeblich auf die Oberfläche des Stausees Orlík abgelagerte Radionuklide wären im gesamten Abschnitt der Wasserläufe Moldau Stausee Orlík bis Elbe Hřensko wesentlich niedriger, als die höchsten zulässigen Niveaus radioaktiver Kontamination für flüssige Nahrungsmittel für außerordentliche Situationen sind (Anlage 3) gemäß Council Regulation No. 2218/89 [11] und der Verordnung des SÚJB über Strahlenschutz [11].
- Angesichts dessen, dass sich die zulässigen Werte der Aktivitätskonzentration gemäß der Richtlinie [11] auch auf die Qualität des Wassers aus der Wasserleitung bezieht, bedroht der begutachtete Strahlenunfall die Nutzung der Elbe als eines wasserwirtschaftlichen Wasserlaufs auf dem Gebiet des benachbarten Staates nicht.
- Auch unter der nicht realen Annahme einer jährlichen Oberflächenwassereinnahme (700 l/y) direkt aus dem Fluss lägen die Einlagerungen der Äquivalentdosis im Profil Moldau Prag-Podolí auf dem Niveau der gesamten Indikationsdosis gemäß der Richtlinie [13] über die Qualität des für menschlichen Verbrauch bestimmten Wassers, die sich jedoch auf die Anforderungen an Trinkwasserqualität unter normalen Bedingungen und nicht in Unfallsituationen bezieht. Auf dem Gebiet des Nachbarstaates wären diese Einlagerungen natürlich noch niedriger – siehe Tabelle 15.
- Eine eventuelle Wasserkontamination stellt kein unmittelbares Gesundheitsrisiko dar und es werden auch die Immissionsstandards bei den Kennziffern der zulässigen Verunreinigung von Oberflächengewässern gemäß [14] nicht überschritten.

7. VERWENDETE UNTERLAGEN

- [1] Nový jaderný zdroj v lokalitě Temelín včetně vyvedení výkonu do rozvodny Kočín, Dokumentace vlivu záměru na životní prostředí dle přílohy č. 4 k zákonu č. 100/2001 Sb., v platném znění, Mai 2010.
- [2] Mišák J., Pokorný O., Doplnující informace k analýzám těžkých havárií pro dokumentaci EIA NJZ ETE, EGP – 5010-F-101049, Dezember 2010.
- [3] European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants. Revision C, April 2001.
- [4] Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Technical reports series No. 472, IAEA, Wien, 2010
- [5] HANSLÍK, E. a kol.: Výzkum vlivu jaderně energetických zařízení na životní prostředí. Závěrečná zpráva VÚV TGM Praha, 1998
- [6] IVANOVOVÁ, D.: Studie chování ^{137}Cs , ^{90}Sr a ^3H v okolí Jaderné elektrárny Temelín. Dissertationsarbeit, 2010
- [7] RUEDA, F., MORENO-OSTOS, E., ARMENGOL, J.: The residence time of river water in reservoirs. Ecological Modelling 191, 2006, p. 260-274
- [8] RUDIŠ, M.: Šíření znečištění z JE Temelín ve Vltavské kaskádě. In: Závěrečná zpráva VÚV TGM Praha, 1998
- [9] HANSLÍK, E., IVANOVOVÁ, D., KLUGANOSTOVÁ, M.: Balances of suspended matter and radionuclides in inflow and outflow waters of Orlik Reservoir, Vltava River (Czech Republic). Radioprotection, 44, 5, 2009, p. 321-326, ISSN 0033-8451
- [10] RUDIŠ, M.: Vliv teplotního režimu Vltavské kaskády. In: Závěrečná zpráva VÚV TGM Praha, 1992
- [11] Council Regulation (EURATOM) No. 2218/89
- [12] Verordnung des SÚJB Nr. 307/2002 GBl., über Strahlenschutz, in gültiger Fassung
- [13] RICHTLINIE DES RATS 98/83/EG vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch
- [14] Regierungsverordnung 61/2003 GBl. über Kennziffern und Werte der zulässigen Verunreinigung von Oberflächengewässern und Abwässern, Formalitäten der Genehmigung der Ableitung von Abwässern in Oberflächengewässer und in Kanalisationen und über empfindliche Gebiete

8. ANLAGEN

Anlage 1

STAATSMINISTERIUM FÜR
UMWELT UND
LANDWIRTSCHAFT

Freistaat
SACHSEN

STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT
Postfach 10 05 10 | 01076 Dresden

Ansprechpartnerin
Brigitte Röller

Durchwahl
Telefon +49 351 564-6547
Telefax +49 351 564-6549

Ministerstvo životního prostředí
10010 Praha 10 - Vršovická 65
Tschechische Republik

brigitte.roeller@smul.sachsen.d
e *

Bekanntmachung des Vorhabens „Neue Kernkraftanlage am Standort Temelín einschließlich Ableitung der Leistung in das Umspannwerk mit Schaltanlage Kočín“

Ihr Zeichen

Ihre Nachricht vom

Sehr geehrte Frau Honová,

vielen Dank für Ihr Schreiben vom 29.06.2010 und die beigefügten Unterlagen. Sie baten darin das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), die Bekanntmachung des Vorhabens „Neue Kernkraftanlage am Standort Temelín einschließlich Ableitung der Leistung in das Umspannwerk mit Schaltanlage Kočín“ öffentlich auszulegen. Mit Schreiben vom 16. August 2010 haben Sie unserer Bitte um Fristverlängerung entsprochen.

Aktenzeichen
(Bitte bei Antwort angeben)
54-4610.10/1/5
Dresden,
den 30. September 2010

Das SMUL hat die Unterlagen am 26. Juli 2010 in ihr Internet-Angebot aufgenommen. Das beabsichtigte Vorhaben wurde am 31.07.2010 sowie am 04.09.2010 (Fristverlängerung) mit öffentlichen Bekanntmachungen in den zwei großen regionalen Tageszeitungen Sachsens bekanntgegeben. Außerdem wurden die Unterlagen im Ministerium selbst ausgelegt.

Hausanschrift:
Staatsministerium für Umwelt- und Landwirtschaft
Wilhelm-Buck-Straße 2
01097 Dresden
www.smul.sachsen.de

Die Bürger hatten damit die Gelegenheit, die Unterlagen in deutscher Sprache im Internet-Angebot des SMUL oder im SMUL selbst vom 02.08.2010 bis 30.09.2010 einzusehen und ihre Stellungnahmen bis zum 30.09.2010 (Poststempel) an das tschechische Umweltministerium zu senden. Im SMUL ist keine Stellungnahme eingegangen.

Verkehrsverbindung:
Zu erreichen mit den Straßenbahnlinien 3, 6, 7, 8, 13
Für Besucher mit Behinderungen befinden sich gekennzeichnete Parkplätze am Königsufer.

Für alle Besucherparkplätze gilt:
Bitte beim Pfortendienst melden.

Unsere Fachbehörden haben die unterlagen geprüft und bewertet. Danach kann aus den vorhandenen Daten für den Normalbetrieb keine relevante zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung in Sachsen abgeleitet werden. Von besonderem Interesse für den Freistaat Sachsen sind die im Dokument genannten Festlegungen für Störfälle.

* Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Die Aussagen zu den Auswirkungen eines schweren Unfalls auf die Nachbarländer Österreich und Deutschland beziehen sich allerdings nur auf ausgewählte Ausbreitungsrichtungen in Richtung der kürzesten Entfernungen zu den Grenzen der Nachbarstaaten.

Deshalb bitten wir Sie, die potentielle Strahlenexposition im Fernbereich des Flusssystemes Moldau/Elbe an der Grenze zu Deutschland im weiteren Verfahren zu berücksichtigen.

Obwohl die sächsische Bevölkerung bisher keine Einwende oder Stellungnahmen zu diesem geplanten Vorhaben vorgebracht hat, sind wir sehr daran interessiert, dass auch zukünftig eine hohe Transparenz und Offenlegung realisiert wird. Deshalb bitten wir Sie, dass das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft über den weiteren Verlauf des Verfahrens informiert wird und wir verfügbare Informationen von Ihnen erhalten.

Mit freundlichen Grüßen

Unterschrift

Brigitte Röller
Physikdirektorin

Anlage 2

Auszug aus der RICHTLINIE DES RATES 98/83/EG vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, Amtsblatt der Europäischen Union 15/Band 4, S. 103

RADIOAKTIVITÄT

Kennziffer	Wert der Kennziffer	Einheit	Notizen
Tritium	100	Bq/l	Notizen 8, 9
Gesamte Indikationsdosis	0,10	mSv/Jahr	Notizen 9, 10

Notiz 8: Häufigkeit der Überwachung wird später festgelegt

Notiz 9: Mit Ausnahme von Tritium, Kalium 40, Radon und seinen Zerfallsprodukten werden die Häufigkeit der Überwachung, die Überwachungsmethoden und die am besten geeignete Lage der Überwachungspunkte später in Anlage II festgelegt.

Notiz 10: 1. Vorschläge im Sinne der Notiz 8 zur Festlegung der Überwachungshäufigkeit und im Sinne der Notiz 9 zur Festlegung der Überwachungshäufigkeit, der Überwachungsmethoden und der am besten geeigneten Lage der Überwachungspunkte in Anlage II müssen entsprechend dem im Artikel 12 festgelegten Verfahren angenommen werden. Die Kommission wird bei Erarbeitung dieser Vorschläge unter anderem die zuständigen Festlegungen der vorhandenen Rechtsvorschriften oder geeignete Überwachungsprogramme in Betracht ziehen, einschließlich der aus diesen Programmen abgeleiteten Überwachungsergebnisse. Die Kommission legt diese Vorschläge innerhalb von 18 Monaten ab dem im Artikel 18 dieser Richtlinie angegebenen Tag vor.

2. Es wird nicht verlangt, dass der Mitgliedsstaat die Anwesenheit von Tritium oder die Radioaktivität im Trinkwasser zwecks Festlegung der gesamten Indikationsdosis in den Fällen überwacht, wenn er zum Schluss gelangt, dass aufgrund einer anderen durchgeführten Überwachung bekannt ist, dass die Niveaus von Tritium bzw. die berechnete gesamte Indikationsdosis ausreichend unterhalb dem Wert der Kennziffer liegen. In einem solchen Fall teilt der betreffende Staat die Begründung seines Beschlusses der Kommission mit, und zwar einschließlich der Angabe von Ergebnissen dieser anderen Überwachung.

Anlage 3

VERORDNUNG (EURATOM) Nr. 2218/89 DES RATES

vom 18. Juli 1989

zur Änderung der Verordnung (Euratom) Nr. 3954/87 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation

ANHANG

HÖCHSTWERTE FÜR NAHRUNGSMITTEL UND FUTTERMITTEL (Bq/kg)

	Nahrungsmittel ⁽¹⁾				Futtermittel ⁽²⁾
	Nahrungsmittel für Säuglingen ⁽³⁾	Milcherzeugnisse ⁽⁴⁾	Andere Nahrungsmittel außer Nahrungsmittel von geringer Bedeutung ⁽⁵⁾	Flüssige Nahrungsmittel ⁽⁶⁾	
Strontiumisotope, insbesondere Sr-90	75	125	750	125	
Jodisotope, insbesondere I-131	150	500	2 000	500	
Alphateilchen emittierende Plutoniumisotope und Transplutoniumelemente, insbesondere Pu-239, Am-241	1	20	80	20	
Alle übrigen Nuklide mit einer Halbwertszeit von mehr als 10 Tagen, insbesondere Cs-134, Cs-137	400	1.000	1.250	1.000	

⁽⁶⁾ Flüssige Nahrungsmittel gemäß Code 2009 und Kapitel 22 der Kombinierten Nomenklatur. Die Werte werden unter Berücksichtigung des Verbrauchs von Leitungswasser berechnet; für die Trinkwasserversorgungssysteme sollten nach dem Ermessen der zuständigen Behörden der Mitgliedstaaten identische Werte gelten.